

MASSIMO LAZZARI*, STEFANO NAVA*, FRANCESCO MARIA TANGORRA*,
ERNESTO BERETTA*

Nuove tecnologie elettroniche e informatiche al servizio della zootecnia

I. PREMESSE

Il comparto agroalimentare italiano è una realtà strategica per il nostro Paese. Esso è il secondo in termini di importanza dopo il metalmeccanico e fattura più di 100 miliardi di Euro. Coinvolge:

- circa 67 mila imprese dell'industria alimentare e bevande;
- oltre 2 milioni di aziende agricole, per la maggior parte medie e piccole (solo circa 500.000 sono però vere imprese);
- un totale di più di 1.000.000 di operatori (400.000 nel solo settore dell'industria).

Ma non è sempre stato così. Nel primo dopoguerra il comparto agroalimentare aveva dimensioni economiche molto inferiori in quanto la maggior parte delle produzioni di alimenti erano destinate all'autoconsumo. Basti in proposito osservare come gli addetti impiegati nel medesimo sono scesi da 8 a 1 milione negli ultimi 65 anni.

Questo distacco tra produttori e consumatori ha portato nel tempo a rendere importanti nella realizzazione dei prodotti alimentati non solo gli aspetti legati alla loro componente chimico-fisico-nutrizionale, componenti che erano fondamentalmente gli unici importanti ai tempi dell'autoconsumo, ma anche quelli legati alla sicurezza alimentare e alla qualità percepita dal consumatore finale.

Per concentrare l'attenzione sui prodotti della zootecnia, particolarmente interessante in questo contesto è l'evoluzione del prodotto "carne bovina" che,

* *Dipartimento di Scienze Veterinarie per la Sicurezza Alimentare, Università degli Studi di Milano*

a causa dei ben noti problemi legati alla BSE, è diventato il prototipo di alimento che, a livello legislativo europeo ha funzionato come “banco di prova” per mettere in atto le normative che attualmente riguardano proprio sicurezza alimentare e qualità dei prodotti agroalimentari in generale (fig. 1).

Così, per il primo aspetto della sicurezza alimentare si è arrivati con il Reg. CE 178/2002, art. 18 ad avere un quadro normativo che rende obbligatoria:

- la tracciabilità dei prodotti;
- la rintracciabilità degli alimenti, dei mangimi, degli animali destinati alla produzione alimentare in tutte le fasi della produzione, della trasformazione e della distribuzione.

In questo contesto si intende per:

- *Tracciabilità* la possibilità di segnare il percorso di un processo produttivo attraverso tutte le sue fasi: dalle materie prime al prodotto finito (nel caso della carne bovina dal mangime fino alla porzione in commercio). I produttori sono direttamente responsabili della sua realizzazione;
- *Rintracciabilità* lo strumento che permette di ripercorrere il processo produttivo a ritroso, da valle a monte, dal prodotto finito all’origine della materia prima (dalla carne che arriva in tavola all’allevamento).

Non si può rintracciare il percorso del prodotto, se prima non è stato tracciato.

Sempre per il prodotto carne e per la sicurezza alimentare relativa il Reg. CE 1760/2000 norma il sistema di identificazione e di registrazione dei bovini e l’etichettatura obbligatoria del medesimo. A quest’ultimo proposito, l’etichetta riporta a informazione del consumatore:

- n. identificativo animale;
- n. identificativo macello e laboratorio sezionamento;
- luogo nascita;
- luogo ingrasso;
- luogo macellazione.

Passando a esaminare il secondo aspetto, quello della qualità, il medesimo Reg. CE 1760/2000 norma l’etichettatura facoltativa, apponibile al prodotto

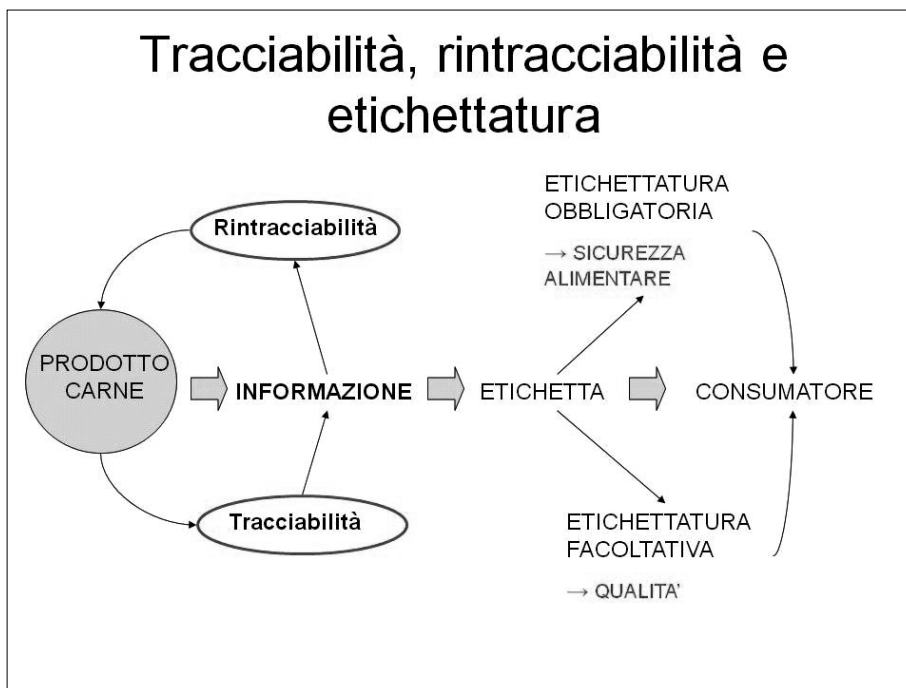


Fig. 1 *Tracciabilità, rintracciabilità ed etichettatura per il prodotto carne*

solo a seguito dell'approvazione di uno specifico disciplinare di produzione, per le informazioni inseribili riguardo a:

- *Allevamento* (denominazione azienda di nascita e/o di allevamento, sistema di allevamento, alimentazione);
- *Animale* (razza o tipo genetico, sesso, periodo d'ingrasso);
- *Macellazione* (categoria, classificazione della carcassa, data macellazione, periodo frollatura, denominazione del macello).

Per gli altri prodotti della zootecnia, seppure con differenze anche non marginali, il quadro di riferimento prevede sempre che:

- in termini di normativa per la sicurezza alimentare, si faccia riferimento a sistemi di tracciabilità e rintracciabilità in cui i dati da tenere in considerazione per progettare il sistema sono determinati in modo cogente;
- per la qualità, i dati di base siano, invece, seppure con alcuni vincoli, determinabili dagli operatori coinvolti nella filiera.

In ogni caso, quest'ultimo concetto di filiera diventa pregnante e la comunicazione tra i diversi attori della medesima non può che essere basata su un processo di produzione di una documentazione coerente e consistente in vista degli scopi del sistema, documentazione che diventa essa stessa fattore integrante del processo produttivo medesimo.

Allargando il quadro di questa disamina, esistono poi altri ambiti, non direttamente legati al processo produttivo, in quanto non ne costituiscono base per la realizzazione concreta del prodotto, che richiedono ulteriori documentazioni in termini di tracciabilità. Si pensi a esempio a quanto necessario, sempre in zootecnia, in termini di documentazione per il rispetto delle normative ambientali. Ci si riferisce a esempio alle recenti normative in termini di rispetto dei vincoli per la difesa delle acque da inquinamento da nitrati che tanti problemi stanno creando agli allevatori. Anche in questo caso i concetti di tracciabilità, documentazione e filiera sono ormai il pane quotidiano degli operatori del settore.

In base a queste premesse, il lavoro svolto dal VSA negli ultimi anni ha cercato di mettere a punto sistemi di registrazione automatica di eventi produttivi che consentano agli operatori di realizzare la raccolta dei dati e la produzione di documentazione relativa sia a singole fasi dei processi produttivi di filiera, sia a filiere produttive considerate nella loro globalità. Ciò al fine di rendere il più possibile semplice per gli operatori stessi il poter rispondere alle incombenze legate a normative o disciplinari, sgravando i medesimi della parte di lavoro più strettamente “operativa” – che in genere viene svolta dagli addetti con poca attenzione, in quanto ritenuta dai medesimi non “essenziale” ai fini della produzione – che, se non eseguita con precisione, porta ad avere sistemi di tracciabilità poco affidabili e quindi “inconsistenti”. In particolare nel seguito verranno discusse le esperienze di ricerca svolte nei settori della:

- Tracciabilità filiera latte in Val d'Aosta per marchiatura Fontina;
- Tracciabilità animali al pascolo;
- Tracciabilità filiera carne bovina;
- Tracciabilità spargimento liquami.

2. TRACCIABILITÀ FILIERA LATTE IN VAL D'AOSTA PER MARCHIATURA FONTINA

Il Dipartimento VSA ha studiato le problematiche relative alla tracciabilità del latte prodotto in aziende agricole ubicate in aree montane e specificamente in Valle d'Aosta, con l'obiettivo generale di proporre e sperimentare

soluzioni tecnologiche innovative che facilitino e migliorino le procedure di tracciabilità all'interno dell'azienda agricola.

Il Disciplinare di Produzione del formaggio a DOP Fontina stabilisce che venga destinato alla trasformazione in Fontina esclusivamente il latte di bovine di razza Valdostana (Pezzata Rossa, Pezzata Nera e Castana) alimentate con foraggi (fieno e erba verde) prodotti in Valle d'Aosta. La somministrazione di foraggi insilati o fermentati è vietata e i mangimi concentrati devono essere formulati tenendo conto dei limiti o dei divieti imposti dal disciplinare stesso.

Il latte deve essere intero di vacca, proveniente da una sola mungitura e non aver subito, prima della coagulazione, riscaldamento superiore a 36 °C.

A partire dal gennaio 2003, il Consorzio Produttori e Tutela della DOP Fontina ha introdotto un sistema di identificazione e marchiatura delle forme per poterne identificare l'origine e la storia. Ogni forma prodotta dai soci è certificata in conformità al disciplinare di produzione e contiene il numero di identificazione del produttore.

Il sistema di identificazione e marchiatura delle forme implementato dal Consorzio non prevede, invece, alcuna procedura per tracciare la produzione del latte a livello di azienda agricola. Questo aspetto, purtroppo, lo rende uno strumento di controllo limitato che soddisfa solo parzialmente la richiesta sempre più marcata di sicurezza alimentare manifestata dal consumatore. Nessun sistema di verifica, infatti, è veramente efficace se alla sua base non è previsto un controllo completo e preciso di tutti i flussi materiali che portano alla formazione di un prodotto.

Implementazione di un sistema di tracciabilità del latte a livello aziendale

Il sistema di tracciabilità è stato sviluppato seguendo il regolamento generale UE n. 178/2002 che stabilisce i principi e i requisiti generali della legislazione alimentare, istituisce l'Autorità europea per la sicurezza alimentare e fissa le procedure nel campo della sicurezza alimentare. Il progetto è stato articolato in tre fasi:

- Sviluppo di un modello Entità-Relazioni (E-R) per identificare i dati aziendali richiesti e utili a tracciare la produzione del latte;
- Implementazione di un database attraverso un'applicazione software user friendly per semplificare la registrazione e la gestione dei dati aziendali;
- Sviluppo di uno speciale carrello di mungitura per registrare i dati di mungitura: produzione individuale di latte e conducibilità elettrica (CE) del

latte per singolo quarto per monitorare lo stato fisiologico-sanitario delle singole bovine.

Sviluppo del modello Entità-Relazioni (E-R)

Attraverso l'analisi del quadro normativo, sono state individuate le informazioni necessarie a identificare in modo univoco le materie prime in ingresso e a definire un lotto omogeneo di prodotto, evidenziando i processi aziendali critici per la sua unitarietà. Considerando la peculiarità del sistema di raccolta del latte destinato alla produzione di Fontina, ovvero a mezzo di bidoni due volte al giorno, è stato identificato come lotto minimo di prodotto in uscita dall'azienda agricola il singolo bidone di latte (fig. 2).

I dati aziendali che devono essere obbligatoriamente identificati e registrati per garantire la rintracciabilità del latte a livello aziendale (capi presenti, operazioni colturali, approvvigionamento e impiego degli alimenti, razionamento animali, zone e periodo di pascolo, vacche in lattazione, animali segregati, ecc.) sono stati organizzati in funzione delle relazioni che intercorrono tra di essi, ottenendo un modello relazionale dell'intera struttura dati necessaria alla realizzazione del sistema di rintracciabilità. Tale modello è stato, quindi, formalizzato attraverso la definizione di uno schema E-R (Entità – Relazione) come rappresentato in figura 3.

Implementazione del database

Il modello E-R è stato successivamente implementato attraverso un Data Base Management System (DBMS) locale (Microsoft Access®), allo scopo di registrare e gestire i dati necessari a identificare in modo univoco le materie prime in ingresso e i lotti di latte, ovvero i singoli bidoni, in uscita dall'azienda agricola.

L'applicativo software per la registrazione e gestione dei dati aziendali presenta un'interfaccia utente decisamente user friendly. Dal menù principale (fig. 4) l'allevatore può accedere, attraverso dei pulsanti dedicati, alle maschere specificamente pensate per l'inserimento dei dati necessari a garantire la tracciabilità. Nel dettaglio le maschere sono relative a:

- *Dati di Campo*. All'interno di questa maschera vanno inseriti per ciascun appezzamento, il numero, la superficie totale, l'anno di riferimento e la



Fig. 2 I singoli bidoni di latte costituiscono il lotto minimo di prodotto in uscita dall'azienda agraria

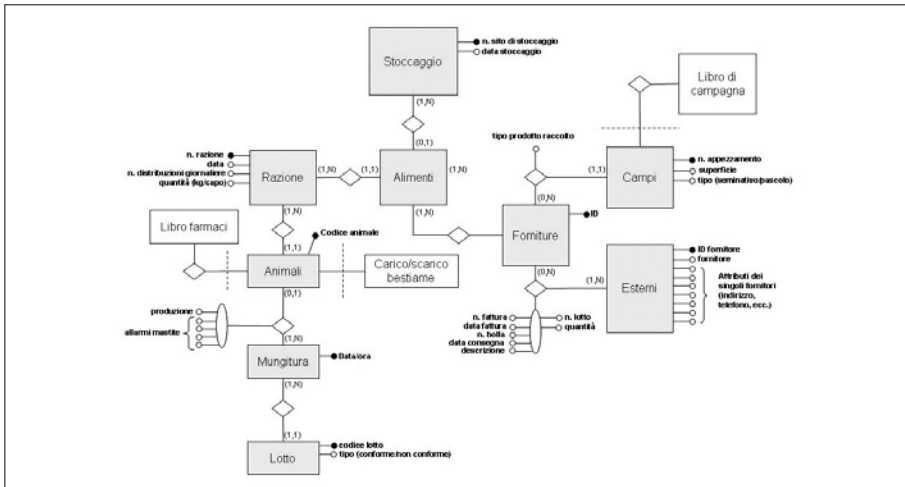


Fig. 3 Modello relazionale della struttura di dati necessaria alla realizzazione di un sistema di tracciabilità del latte a livello aziendale. In bianco sono rappresentate le entità relative ai dati che devono già essere registrati e archiviati in azienda in ottemperanza al quadro normativo vigente, indipendentemente dalla tracciabilità; in grigio sono evidenziate le entità che organizzano i dati necessari a garantire la tracciabilità tra le materie prime in ingresso e i lotti di latte in uscita dall'azienda



Fig. 4 Interfaccia utente per la registrazione e gestione dei dati necessari a garantire la tracciabilità del latte a livello aziendale

tipologia ovvero se trattasi di pascolo o di seminativo. In questo ultimo caso vanno indicati anche le date di semina, fioritura e raccolta, nonché il tipo di prodotto raccolto;

- *Dati Fornitori*, permette di costituire l'anagrafica fornitori con i relativi prodotti forniti;
- *Settori di Stoccaggio*, consente di registrare i luoghi dove vengono conservati i prodotti di provenienza sia aziendale sia extra aziendale;
- *Nuove Forniture*. In questa maschera vengono immesse le nuove forniture siano esse aziendali, ovvero derivanti direttamente dai campi, oppure extra aziendali e quindi acquistate da fornitori esterni;
- *Razione Alimentare*, permette di inserire i dati relativi ad ogni nuova razione, ossia quantità complessiva somministrata per capo, quantità dei singoli alimenti costituenti la razione e il relativo settore di stoccaggio, numero di distribuzioni giornaliere e il gruppo di animali cui la razione viene somministrata;
- *Gestione Mandria*, consente di costituire l'anagrafica animali. Per ogni capo in lattazione vanno inseriti identificativo del bolo ruminale, data di nascita, numero di parti, ecc.;

- *Dati Mungitura.* Questa maschera permette l'inserimento, per ogni vacca in lattazione, di data e ora di mungitura, produzione, numero del bidone in cui è stato raccolto il latte nonché gli allarmi di conducibilità elettrica del latte per singolo quarto.

Nella sezione *Archivio*, infine, è possibile identificare:

- il gruppo di animali che hanno costituito uno specifico lotto di latte;
- la razione di un determinato gruppo di animali;
- le caratteristiche della fornitura di un particolare alimento;
- lo storico dei dati di mungitura di uno specifico animale.

Il carrello di mungitura

Uno speciale carrello di mungitura è stato assemblato per poter registrare i dati di mungitura (produzione individuale e conducibilità elettrica del latte) e associare automaticamente, attraverso l'uso della tecnologia a radiofrequenza (RFID), questi dati a ogni capo in lattazione e, conseguentemente, identificare i diversi lotti di latte prodotti (fig. 5).

In dettaglio, il carrello è stato equipaggiato con:

- *antenna RFID*, per identificare automaticamente le bovine in lattazione dotate di transponders (boli ruminali) e i bidoni di latte provvisti di tag elettronici;
- *collettore*, dotato di cellette conduttimetriche, accoppiato a un microcomputer per misurare la conducibilità elettrica del latte per quarti e monitorare lo stato sanitario delle bovine (individuazione precoce di mastiti sub-cliniche);
- *lattometro proporzionale*, per misurare le produzioni individuali di latte;
- *palm PC* dotato di uno specifico applicativo software per associare i codici dei bidoni di latte a quelli delle bovine in lattazione, entrambi letti mediante l'antenna RFID, nonché registrare la produzione e gli allarmi mastite relativi a ciascun animale.

Il diagramma di flusso delle procedure seguite per identificare, attraverso il carrello di mungitura, i diversi lotti di latte prodotti ad ogni mungitura è rappresentato in figura 6.



Fig. 5 Lo speciale carrello di mungitura assemblato per registrare i dati di produzione individuale e di CE del latte per quarti, e per associare questi dati ad ogni vacca mediante la tecnologia a radiofrequenza (RFID)

Test del sistema di tracciabilità

Il sistema di tracciabilità sviluppato è stato testato in una piccola azienda agricola di fondovalle a conduzione familiare e in alpeggio a circa 1800 m slm coinvolgendo complessivamente 20 animali in lattazione.

I risultati hanno mostrato una buona efficienza del sistema di tracciabilità del latte a livello aziendale, semplificando la registrazione e la gestione dei dati necessari a identificare in modo univoco le materie prime in ingresso e i lotti di latte, ovvero i singoli bidoni, in uscita dall'azienda agricola. I problemi principali hanno riguardato l'operazione di mungitura dove si è registrato un notevole incremento dei tempi di mungitura/capo a causa del lavoro addizionale richiesto al mungitore per seguire le nuove procedure. Mediamente, con il carrello di mungitura sviluppato, eseguendo le operazioni necessarie a identificare i differenti lotti di latte (lotti conformi e non) e registrando i dati di mungitura per singolo capo (produzione e conducibilità elettrica per quarti), si sono osservati incrementi fino al 30% del tempo di mungitura complessivo.

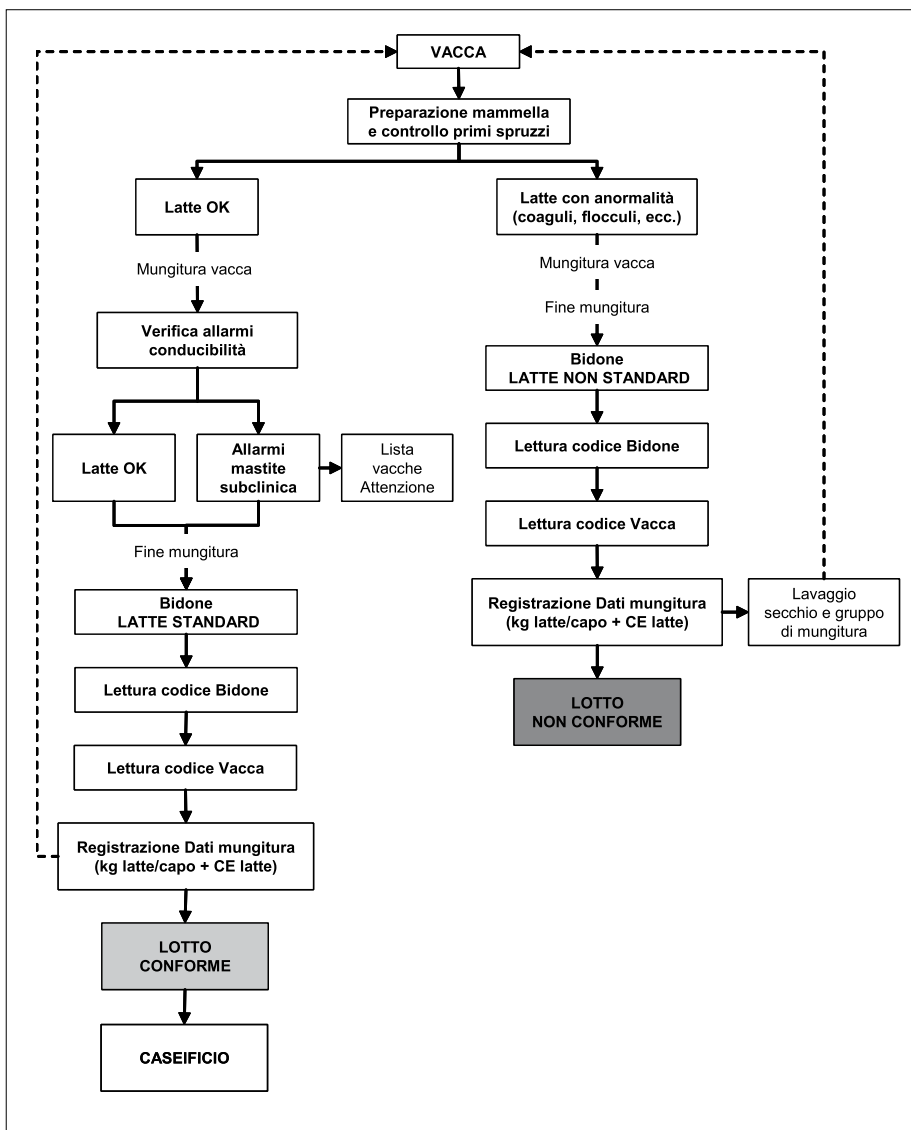


Fig. 6 Diagramma di flusso delle procedure di mungitura necessarie a identificare i diversi lotti di latte

Conclusioni

L'incremento del tempo di mungitura/capo e il lavoro addizionale richiesto al mungitore costituiscono il limite principale del sistema di tracciabilità implementato, sebbene, complessivamente, questo permetta di completare il sistema di identificazione e marchiatura del prodotto sviluppato dal Consorzio Fontina, conferendo maggiori garanzie in termini di sicurezza alimentare al consumatore finale.

I passi successivi dovranno, pertanto, essere orientati a superare i limiti evidenziati dal presente progetto, aumentando il livello di automazione del carrello di mungitura nella misurazione e registrazione dei dati in modo da semplificare il più possibile l'attività del mungitore. Le soluzioni hardware e software sviluppate per il carrello di mungitura potranno, così, essere trasferite agli altri sistemi di mungitura (impianti a secchio e lattodotto) che caratterizzano le piccole aziende a conduzione familiare dei territori montani.

3. TRACCIABILITÀ ANIMALI AL PASCOLO

Nell'allevamento di bovini e ovicaprini al pascolo si verifica sempre più il problema del reperimento di pastori per il controllo di mandrie e greggi e, anche quando questi addetti sono disponibili, la loro remunerazione è relativamente elevata e incide pesantemente sui costi di produzione. Sempre più, quindi, si presentano agli imprenditori del settore problemi legati alla conoscenza della posizione degli animali per un loro recupero a fini gestionali e alla necessità di evitare che gli stessi sconfinino in aree a loro interdette. Specie quest'ultimo fatto porta a inconvenienti di rapporti con gli altri attori presenti nelle aree di pascolo, o adiacenti a esse, comportando spiacevoli discussioni che frequentemente tendono a degenerare. L'adozione del GPS nel settore agricolo sulle attrezzature di campo per attuare tecniche di agricoltura di precisione e di guida automatica delle macchine è ormai da anni al centro dell'attenzione di ricercatori e operatori del settore.

Per conoscere la posizione degli animali e, quindi, sostituire l'attività continua di controllo sul pascolo operata dai pastori uno dei dispositivi attualmente impiegabili è costituito dal GPS (Geographical Position System). Ricevitori GPS inseriti in collari, nelle molteplici versioni che prevedono metodiche differenti di scarico dei dati (direttamente dal collare dopo il suo recupero, con trasmissione via radiomodem o radio-VHF a mezzo di reti locali o satellitari o, più recentemente, via telefono GSM o GPRS) sono impiegati

da tempo per il monitoraggio ex-post o in tempo reale della fauna selvatica. Nel campo zootecnico, il GPS ha trovato applicazioni in studi etologi e relativi al management dei pascoli, mentre è recente la proposta di impiegare il medesimo a supporto della gestione in modo automatico dei pascoli attraverso la tecnica del recinto virtuale (*virtual fencing*), evitando così di dovere realizzare recinti di tipo tradizionale o elettrici.

Negli ambiti relativi al monitoraggio animale, le maggiori difficoltà incontrate nella messa a punto dei dispositivi da impiegare per le diverse necessità sono state quelle di avere a disposizione dispositivi GPS sufficientemente accurati, specie in ambienti boschivi, e di costo contenuto. A quest'ultimo proposito il problema dell'integrazione del ricevitore GPS con i diversi dispositivi ancillari di registrazione, memorizzazione, eventuale elaborazione e trasmissione dei dati si è sempre frapposto alla realizzazione di sistemi semplici, compatti, leggeri e di basso costo. Recentemente, con l'evoluzione della tecnologia GPS sono apparsi sul mercato sistemi per il monitoraggio delle flotte di automezzi commerciali che hanno lo scopo di segnalare a una centrale gli scostamenti dei mezzi da un tragitto predefinito. Questi sistemi sono stati miniaturizzati e, recentemente, sono stati proposti sul mercato anche in configurazioni adatte a soddisfare bisogni relativi alla sicurezza personale e al tracciamento dei movimenti dei piccoli animali domestici.

In essi i sistemi di rilievo, memorizzazione, elaborazione, trasmissione dei dati e ricezione dei settaggi sono stati integrati in un'unica scheda elettronica raggiungendo gli obiettivi sopra delineati di integrazione e miniaturizzazione.

Parallelamente a ciò, si è assistito allo sviluppo di due innovazioni che, come optional, possono essere integrate all'interno di tali dispositivi. Si tratta delle tecnologie *SIRF InstantFix* e *geofencing*.

Per quanto riguarda la prima, come accennato, uno dei limiti dell'impiego del GPS negli ambienti di pascolo è relativo all'effetto schermo che specie le coperture fogliari degli alberi producono sul segnale GPS, con conseguente diminuzione dell'accuratezza di misura.

L'impiego della tecnologia GPS convenzionale prevede che vengano utilizzati degli algoritmi in grado di calcolare la posizione del ricevitore sulla base della conosciuta posizione dei satelliti da cui il ricevitore stesso riceve un segnale in radiofrequenza. L'accuratezza di misura della posizione è correlata alla numerosità dei satelliti che il ricevitore riesce a riconoscere durante il suo funzionamento. Un normale GPS in fase di accensione inizialmente non conosce la posizione dei satelliti. Per prima cosa deve eseguire l'operazione di "aggancio" ai satelliti. In situazioni in cui la parte di cielo visibile è limitata, il ricevitore può impiegare anche alcuni minuti prima di acquisire un numero

di segnali sufficiente per determinare con una accettabile accuratezza la sua posizione. Ogni satellite deve poi rimanere agganciato per almeno 30 secondi per fornire al ricevitore i dati necessari per effettuare i calcoli di posizione (in termine tecnico il “*fix*”). I dati di rotta dei satelliti così acquisiti rimangono poi validi per un periodo di 2-3 ore. Se durante il periodo di acquisizione il segnale dal singolo satellite viene perso (il satellite si “sgancia”) perché reso invisibile dalla presenza di un ostacolo (tipicamente in aree di pascolo una parete rocciosa, una siepe, un albero) possono risultare necessari numerosi minuti per riagganciare il satellite e ripristinare le basi di dati sufficienti per il calcolo della posizione.

Con la tecnologia *SIRF* il ricevitore è dotato di un software e di una memoria che sono in grado di prevedere la posizione dei satelliti con un anticipo di 3 giorni. Per questa ragione questo genere di dispositivo è in grado di funzionare anche in presenza di segnali deboli, come tipicamente accade in ambienti declivi in presenza di boschi, dove i segnali radio provenienti dai satelliti vengono schermati dalla morfologia del territorio e dalla copertura fogliare.

La seconda tecnologia che è stata recentemente implementata nella tecnologia GPS per autoveicoli e protezione personale è quella dei recinti geografici (*geofences*). Nella scheda a supporto del sistema è ormai disponibile una memoria di massa sufficiente e un *chip* con una potenza di calcolo tale da potere implementare dei *firmware* che assumono le caratteristiche funzionali di veri e propri GIS di tipo semplificato. In questi dispositivi possono essere caricati (via computer o direttamente via telefono) dati geografici che delimitano aree di territorio e che definiscono il comportamento che deve tenere il sistema di registrazione e di trasmissione dati quando la misura di posizione del GPS ricade all'interno di queste aree. In particolare, ai fini delle applicazioni che qui interessano, vi è la possibilità che il sistema trasmetta un segnale d'allarme ogni qual volta esso esca da un recinto delimitato avvertendo, con ciò, uno o più responsabili dell'occorrenza di tale evento.

L'obiettivo prioritario della sperimentazione è stato quello di mettere a punto un collare GPS in grado di sostituire l'attività di controllo di mandrie e greggi al pascolo operata dai pastori. Allo scopo sono stati progettati e realizzati 2 dispositivi, uno specifico per bovini e uno per capre, equipaggiato con componenti di basso costo, scelti tra quelli utilizzati per la gestione delle flotte di mezzi commerciali, in grado di restituire in tempo reale la posizione di una mandria o di un gregge e gli eventuali sconfinamenti da un recinto virtuale pre-impostato, attraverso l'invio di messaggi SMS a un telefono cellulare. L'utilizzo di software di localizzazione, inoltre, ha permesso di visualizzare le

posizioni dei dispositivi su carta geografica e, quindi, di verificare e analizzare i percorsi effettuati, compresi gli sconfinamenti dal recinto virtuale.

Comparto oviscaprin

La sperimentazione è stata condotta in due periodi successivi (30 aprile-09 giugno 2008 e 17 giugno-30 luglio 2008) presso un'azienda agrituristica (<http://www.agriturismogulliver>) della Valsassina (LC). Particolare attenzione è stata posta nella scelta di questa azienda in modo da verificare l'impiego del collare GPS in situazioni il più possibile disagiati. L'azienda, infatti, si trova in un fondovalle di origine fluviale, circondata da una catena montuosa che si innalza per un dislivello di oltre 1000 m di altezza, in un'area quasi completamente coperta da un fitto bosco di latifoglie. Per queste caratteristiche le difficoltà di ricezione dei segnali satellitari sono molto elevate, al limite delle capacità tecnologiche prevedibili per i ricevitori GPS, e la copertura GSM dell'area non risulta particolarmente affidabile. Considerando la consistenza del gregge (14 capre e un becco) e il comportamento etologico dei singoli animali – che tendono a seguire il capobranco – si è deciso di utilizzare un unico collare portato dal becco per tracciare il movimento del gruppo (fig. 7). Il collare era costituito da un dispositivo professionale di localizzazione satellitare (GEOPOINT) dotato di ricevitore GPS SIRF Star III ad alta sensibilità, modulo GSM/GPRS quad-band (850/900/1800/1900 MHz) per il collegamento remoto, e alimentato da una batteria agli ioni di litio (1000 mAh). Le principali funzioni e le specifiche tecniche del localizzatore sono riportate in tabella 1.

Per la gestione della cartografia e dei dati memorizzati nel localizzatore e per la sua programmazione è stato utilizzato il software MyTrack fornito in dotazione al dispositivo stesso. In figura 8 sono riportati tutti gli elementi che fanno parte del sistema implementato.

Il collare GPS veniva posizionato sul becco al mattino dopo la mungitura del gregge, immediatamente prima che questo fosse inviato al pascolo. Nel tardo pomeriggio quando il gregge rientrava nel centro aziendale per la mungitura serale, il collare veniva rimosso dal becco e si procedeva allo scarico dei dati su PC. La batteria del dispositivo era sottoposta a ricarica ogni notte.

L'area di pascolo aziendale è stata delimitata con un recinto virtuale (virtual fencing) e sfruttando la funzione Geofence del localizzatore è stato possibile monitorare l'entrata e l'uscita del gregge dall'area prestabilita. Durante le ore di pascolamento, attraverso l'interrogazione periodica del localizzatore a mez-



Fig. 7 Il collare GPS sviluppato per il tracciamento del gregge

FUNZIONE	DESCRIZIONE
Invio posizione	Tramite sms. Dopo aver ricevuto il comando SMS il dispositivo invia un messaggio con i dati di posizione al numero di telefono che ha inviato il comando.
Invio automatico posizione	Tramite la rete GSM/GPRS il dispositivo può, a cadenza programmata, inviare un SMS o collegarsi in GPRS per fornire i dati di posizione a un telefono cellulare o a un PC, permettendo di seguire in tempo reale gli spostamenti del dispositivo.
Registrazione del percorso	Il dispositivo può registrare i dati di posizione per la successiva ricostruzione del percorso effettuato con il software di localizzazione MyTrack.
Geofence e Geofence circolare	Consente di monitorare l'entrata e l'uscita del dispositivo da un'area rettangolare o circolare prestabilita.
Limite di velocità	Visualizza la velocità e consente di impostare un limite al superamento del quale viene emesso un allarme.

Tab. 1 Principali funzioni del dispositivo di localizzazione satellitare utilizzato

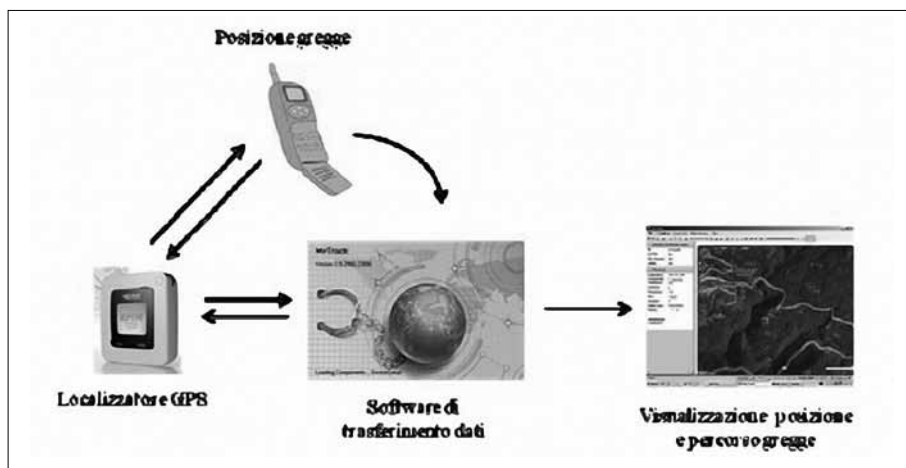


Fig. 8 Elementi componenti il sistema

zo telefono cellulare, veniva controllata la posizione del gregge all'interno del pascolo e, in caso di un allarme di sconfinamento inviato dal dispositivo di localizzazione sul telefono cellulare dell'operatore aziendale, si procedeva a visualizzare con il software MyTrack la posizione del dispositivo su carta geografica e, quindi, a recuperare gli animali che si erano spinti oltre l'area a loro concessa. I dati di posizione memorizzati dal localizzatore e scaricati giornalmente sul PC aziendale, invece, sono stati utilizzati per visualizzare su carta geografica con MyTrack i percorsi e gli sconfinamenti del gregge dall'area di pascolo.

Comparto bovino

In una fase successiva di sperimentazione si è deciso di trasferire l'esperienza positiva sviluppata nel settore ovicaprino come base di partenza per lo sviluppo di un ulteriore collare sensibilizzato con tecnologia GPS (fig. 9) applicabile a bovini al pascolo.

In seguito a contatti con l'APA di Forlì e Cesena, sul cui territorio di competenza, nello specifico l'area appenninica di Bagno di Romagna, si riscontrano frequenti fenomeni di abigeato, si è deciso di instaurare una collaborazione per implementare un software gestionale sulla base delle specifiche esigenze rilevate che richiedevano l'identificazione della posizione in modo continuo dell'animale in modo da prevenire furti.

Il lavoro si è incentrato sullo studio del sistema ottimale di allocazione delle varie componenti da inserire nel collare e sulla ricerca di materiali idonei.



Fig. 9 *Prototipo di collare sensibilizzato con tecnologia GPS*

Riassumendo, il collare è costituito da:

- Dispositivo GPS-GSM-GPRS e batterie: collocati nella porzione inferiore del collare;
- Antenna per segnale GPS: collocata nella porzione superiore del collare e inserita al suo interno;
- Antenna per segnale GSM: collocata nella porzione inferiore del collare e collegata direttamente al dispositivo.

Risultati

Per quanto riguarda il comparto ovicaprino, durante il primo periodo sperimentale (30 aprile-09 giugno 2008) complessivamente sono stati rilevati e registrati dal localizzatore 1965 eventi di cui il 18,9 % (372) relativi alla perdita del segnale GSM (GSM Signal OFF) e il 16,6 % inerenti lo “sgancio” dal satellite (Satellite FIX OFF). A questo proposito, comunque, va sottolineato che il riaggancio del satellite è avvenuto in tempi relativamente brevi, superando solo in alcuni casi i 60 s. Nello stesso periodo, inoltre, sono stati rilevati 13 sconfinamenti (Geofence EXIT) dal recinto virtuale che hanno richiesto l'intervento dell'allevatore per il recupero del gregge.

Nel secondo periodo sperimentale (17 giugno-30 luglio 2008) complessivamente sono stati rilevati e registrati dal localizzatore 3771 eventi di cui il 18,4 % (694) relativi alla perdita del segnale GSM (GSM Signal OFF) e il 18,7 % (705) inerenti lo “sgancio” dal satellite (Satellite FIX OFF). Anche in questo caso, analogamente al precedente, il riaggancio del satellite è avvenuto in tempi brevi, superando solo in alcuni casi i 60 s. Nello stesso periodo, inoltre, sono stati rilevati 29 sconfinamenti (Geofence EXIT) dal recinto virtuale che hanno richiesto l'intervento dell'allevatore.

Per quanto riguarda il comparto bovino, la collocazione delle antenne, illustrata in “Materiali e metodi”, è stata studiata in modo specifico al fine di avere 2 linee di ricezione completamente separate; infatti il dispositivo possiede un ulteriore allarme che viene inviato in caso di perdita del segnale GPS, ma esso deve essere in grado, ad esempio in caso di taglio o manomissione del collare, di poter inviare un messaggio di allarme attraverso la rete GSM. Relativamente alla ricerca dei materiali idonei per l'allestimento del collare, è stata inizialmente testata una particolare tela, dimostratasi non adatta in quanto non sufficientemente resistente e poiché ha presentato notevoli problemi per il fissaggio delle viti. Di conseguenza si è optato per l'utilizzo del cuoio, materiale già ampiamente testato su animali al pascolo abituati all'uso di campanacci; allo stato

attuale si stanno effettuando test su un particolare materiale di rivestimento, il polietilene espanso a cellule chiuse (Plastazote®, ZOTEFOAMS, UK), in grado di diminuire in modo significativo la possibilità di lesioni cutanee all'animale e di migliorare contemporaneamente la resistenza all'acqua, all'usura ecc.

Per quanto riguarda il software gestionale, ARVApastore v.1.0, sono state previste le seguenti sezioni:

CAD (fig. 10)

- Possibilità di importare shape file (vettoriali-confini recinti, quali ad esempio le particelle catastali) ed ECW files (foto aeree) o Raster: i differenti tipi di files importati possono essere visualizzati sulla schermata principale del software sovrapposti;
- Disegnare recinti virtuali: il software consente di impostare fino a 10 recinti come poligoni (fino a 12 vertici) oppure come lacci, indicando il centro e il raggio. Il dispositivo (collare) invia un allarme per ogni entrata/uscita in/da ogni recinto virtuale impostato;
- Selezionando un determinato recinto creato viene visualizzata per poligoni area, perimetro e numero di vertici, mentre per lacci viene indicata area, circonferenza e raggio;
- Disposizione del layer: consente la gestione della visualizzazione dei file cartografici importati e di calcolare la distanza reale tra punti.

TABELLA

- Visualizzazione dei recinti impostati: il software consente di identificare i recinti con alcune informazioni principali. La prima casella identifica con P se si tratta di un poligono e con R se si tratta di un laccio, mentre le successive caselle indicano latitudine e longitudine di ogni vertice per i poligoni oppure latitudine e longitudine del centro e il raggio per i lacci;
- Impostazione nome del dispositivo: al fine di consentire un approccio più amichevole da parte dell'allevatore, in questa sezione è possibile attribuire un nome al dispositivo, che verrà visualizzato in caso di ricezione degli avvisi di allarme attraverso SMS;
- Indicazione destinazione allarmi: il programma consente di impostare fino a 3 numeri di cellulare, ai quali verranno inviati gli allarmi;
- Tolleranza allarmi: si ha la possibilità di impostare una zona definita di pre-allarme, variabile da un valore minimo di 10 metri.

Ulteriori implementazioni in fase di sviluppo:

- Allarme velocità: allo stato attuale si stanno ultimando le implementazioni



Fig. 10 *Interfaccia grafica di impostazione dei riferimenti cartografici del software ARVApastore*

del software legate a un controllo della velocità. Il dispositivo contiene al suo interno un accelerometro, il quale attribuisce un valore alla velocità, trasformato attraverso un apposito algoritmo in metri/secondo e chilometri/ora.

Allo stato attuale inoltre, notevoli sforzi, in particolare grazie all'interesse e alla disponibilità dimostrata da una società di ingegneria meccanica, si stanno indirizzando verso lo studio di un sistema di ricarica delle batterie sfruttando movimenti naturali dell'animale, quali quello longitudinale della testa e del collo; in fase di analisi dei requisiti sembrerebbero sussistere gli ordini di grandezza, ma solo una lunga e accurata fase di test in campo potrà indicare se questa strada possa essere percorribile.

Conclusioni

Il sistema implementato ha consentito, nonostante le difficoltà di ricezione dei segnali satellitari che caratterizzano l'area in cui è avvenuta la sperimentazione, di individuare all'interno del pascolo le posizioni del gregge in tempo reale e di visualizzarne i percorsi, sostituendo di fatto l'attività di controllo operata convenzionalmente dai pastori. La funzione *Geofence* del dispositivo di localizzazione satellitare, inoltre, ha permesso di rilevare con successo gli sconfinamenti degli animali dal recinto virtuale pre-impostato, mettendo l'allevatore nelle condizioni di operare repentini recuperi del gregge (fig. 11). Relativamente alla perdita del segnale GSM, infine, un miglioramento delle prestazioni potrebbe essere conseguito utilizzando un modulo GSM/GPRS



Fig. 11 Visualizzazione del percorso e degli sconfinamenti compiuti dal gregge di capre

con due SIM card a commutazione automatica sull'operatore con il miglior segnale, in modo da assicurare la massima copertura.

4. TRACCIABILITÀ FILIERA CARNE BOVINA

La filiera del settore carni bovine si presenta molto articolata sia sotto il profilo strutturale sia sotto quello organizzativo a causa dell'elevata numerosità e differenziazione produttiva degli operatori coinvolti, conseguenze queste della notevole frammentazione delle fasi agricola e industriale, dell'esistenza di molteplici flussi di importazione di animali e carni nonché della complessità dei canali commerciali che caratterizzano alcune aree del territorio nazionale. In linea generale la filiera risulta costituita da una fase primaria di allevamento dei bovini la cui modalità operativa è notevolmente influenzata da molti fattori, quali il trend di mercato, l'area geografica di riferimento, le capacità manageriali e le condizioni strutturali delle singole aziende. Seguono una fase di lavorazione, presso le strutture di macellazione e sezionamento, e una fase finale di commercializzazione attraverso punti vendita, in cui le informazioni elaborate arrivano al consumatore. La rintracciabilità si può considerare facilmente realizzabile considerando le singole fasi della filiera, ma i principali problemi si riscontrano nell'integrazione tra i diversi sottosistemi del processo produttivo. Allo stato attuale le problematiche e le difficoltà legate all'etichettatura obbligatoria e facoltativa delle carni (Reg. CE 1760/2000), sia in ter-

mini di inserimento sia di gestione dei dati, richiedono lo sviluppo di sistemi alternativi al fine di garantire la sicurezza alimentare del consumatore finale.

Il concetto innovativo di questo progetto è rappresentato appunto dal considerare l'intera filiera come un unico sistema automatizzabile.

Il progetto ha previsto fasi di ricerca, sviluppo e applicazione nella filiera carne di nuovi sistemi basati sull'utilizzo di tecnologie a Radio Frequenza (RF-ID) dall'animale in stalla fino al prodotto finale sul bancone di vendita in negozio, allo scopo di garantire la rintracciabilità al consumatore.

Materiali e Metodi

Il progetto si presenta complesso, a causa del riguardevole flusso di informazioni da gestire e delle differenti fasi di produzione implementate; di conseguenza, anche la strumentazione informatica ed elettronica e le metodiche di collezione, analisi e trasferimento delle informazioni utilizzate sono risultate particolarmente articolate.

A livello di allevamento di bovini, nelle fasi di ricerca e valutazione della strumentazione idonea sono stati testati tag auricolari, boli ruminanti, differenti reader e software gestionali. Al termine di questa fase sono stati selezionati come strumenti di identificazione, registrazione, archiviazione e trasferimento dati i seguenti componenti:

- CATTLE CRUSH ANTENNA – READER CONTROL UNIT (EDiT iD ©): utilizzata per la lettura stazionaria degli identificatori elettronici applicati agli animali presso aziende dotate di postazioni di cattura dei capi bovini;
- EDiT wand (EditID) - Meazura™ Palm, Aceeca™: wand brandeggiabile collegato mediante cavo seriale a palmare dotato di lettore ottico di codici a barre;
- HHR3000PRO (ID&T): wand brandeggiabile dotato di PDA incorporato e programmabile in funzione delle specifiche esigenze gestionali;
- Software gestionale, denominato Titvlvs, sviluppato ad hoc per il circuito di filiera bovina del Consorzio Qualità della Carne Bovina di Milano (Italia) da Apis Software S.r.l. (Milano).

A livello di macellazione e lavorazione delle carni bovine la strumentazione tecnologica in uso prevede:

- CATTLE CRUSH ANTENNA – READER CONTROL UNIT (EDIT

ID ©): posta presso il corridoio di sosta per l'identificazione dei capi in ingresso verso le strutture di macellazione e prima della postazione di eviscerazione per l'abbinamento ai microchip applicati ai ganci;

- Lettori EMS e fotocellule;
- Microchip applicati ai ganci di avanzamento delle carcasse;
- Software di macellazione;
- Software di sezionamento;
- Sistema di scrittura/lettura dei tag alimentari da applicare ai tagli sotto-vuoto.

A livello di gestione del magazzino e del punto vendita, invece, sono state installate le seguenti attrezzature:

- Software gestionale (OpenStore);
- Lettore/scrittore di codici RFID;
- Bilance con sistema di lettura RFID integrato.

Risultati

Ogni animale tracciato nella filiera è stato dotato di tag RFID. Per la registrazione dei dati relativi al singolo animale e il loro successivo trasferimento al software di gestione anagrafica è stato impiegato un lettore brandeggiabile EDiT wand (EditID, New Zealand) collegato mediante cavo seriale a un palmare (Meazura™ Palm, Aceeca™, New Zealand) in grado di abbinare il numero di *tag* elettronico con il numero di matricola visuale del capo bovino, oltre a una serie di informazioni aggiuntive relative al singolo animale quali sesso, razza, data di nascita, ecc. Il palmare utilizzato, inoltre, è dotato di un lettore ottico di codici a barre integrato che permette l'acquisizione dei dati desumibili dal passaporto bovino (fig. 12).

Il sistema di registrazione dati ha permesso di abbinare con successo il numero di *tag* elettronico al numero di matricola visuale degli animali in tutti gli allevamenti in cui è stato impiegato e ha mostrato piena funzionalità nel trasferimento dei dati registrati al software gestionale Titvlvs. Limiti, invece, sono stati evidenziati dal lettore ottico di codici a barre durante l'acquisizione dei dati dal passaporto bovino in condizioni ambientali non ottimali. In particolare le temperature estremamente rigide durante l'inverno o l'eccessiva illuminazione ne hanno compromesso l'utilizzo. Inoltre, il collegamento del



Fig. 12 *Sistema di acquisizione dei dati del singolo animale a livello aziendale*

lettore RFID al palmare attraverso cavo seriale si è dimostrato poco maneggevole nelle normali condizioni operative di campo.

Per queste motivazioni è stato successivamente testato in campo il wand HHR3000Pro, dotato di PDA integrato e, allo stato attuale, è in fase di implementazione una programmazione specifica del reader e un sistema di trasferimento dati dal reader al software gestionale Titvlvs.

Relativamente al software Titvlvs, considerandone l'utilizzo finale da parte di allevatori associati al Consorzio Qualità della Carne Bovina (CQCB), si è optato per una soluzione web oriented che permettesse all'utente-allevatore di accedervi con collegamento internet mediante una propria login, e nel contempo all'amministratore del sistema (CQCB) di consultare in tempo reale la banca dati per eventuali verifiche, per una supervisione tecnica ed eventualmente per scopi commerciali.

Nel complesso il sistema realizzato permette il trasferimento automatizzato delle informazioni registrate con il palmare al PC aziendale, mediante cavo seriale, e l'autocompilazione dei relativi campi di destinazione delle informazioni sul software gestionale Titvlvs.

Il software Titvlvs presenta una maschera di ingresso suddivisa in 2 sezioni: *Allevatore*, che gestisce i dati relativi al legale rappresentante, e *Allevamenti*, in cui vanno inseriti i dati relativi alla/e azienda/e agricola/e di proprietà dell'allevatore.

Dalla maschera di ingresso l'allevatore può gestire una serie di elenchi:

- Macelli e relative sedi;
- Trasportatori;
- Fornitori e clienti: suddivisi in Fornitori/clienti, Mercato/fiera, Ospedale/clinica, Smaltitore, Pascolo e Centro genetico.

Ogni utente ha la possibilità di inserire autonomamente gli operatori appartenenti ai singoli elenchi, che saranno in seguito visibili da tutti gli utenti.

Per i macelli e i fornitori/clienti vi è la possibilità di indicare se sono in possesso di autorizzazione al trasporto. In caso affermativo verranno automaticamente inseriti anche nell'elenco dei trasportatori.

Le principali funzioni gestionali del software prevedono:

a) *Carico animali*

Nella maschera di Gestione Carico vengono visualizzati gli ingressi di animali in azienda e il programma ne permette una ricerca per data e per partita. Dalla stessa maschera si può stampare l'elenco dei carichi di animali registrati con i relativi dati (Provenienza, Foglio rosa-Modello 4, Data ingresso, Motivo ingresso e n° capi) e, al fine di facilitare l'inserimento dei capi, attraverso il pulsante "Trasferim." è possibile importare direttamente i capi provenienti da un allevamento presente a sistema semplicemente richiamando il numero di foglio rosa e l'azienda di provenienza. La creazione di una nuova partita di carico prevede l'inserimento sia dei dati di carico presenti sul Modello 4, sia dei dati generali relativi ai singoli capi da registrare. Tali dati possono essere digitati manualmente oppure inseriti automaticamente mediante un apposito programma, integrato in Titvlvs, per la lettura dei codici a barre del passaporto.

Il software prevede, inoltre, una serie di controlli informatici al fine di agevolare l'inserimento dei dati (ad esempio in caso di selezione "Nascita" come motivo di ingresso viene autocompilato il campo "Azienda provenienza" con la denominazione dell'allevamento in oggetto e vengono disattivati i campi "Trasportatore", "Numero foglio rosa", "Data foglio rosa", mentre nel dettaglio del capo viene autocompilato il codice/sottocodice "Azienda origine" e la dicitura "Vitello" nel campo "Categoria di Ingresso", e diventano obbli-

gatori i campi “Data applicazione marca auricolare” e “Data compilazione cedola”) e di limitare errori di inserimento (ad esempio il controllo della lunghezza dei caratteri che compongono la matricola dell’animale e della madre, in base al riconoscimento dello stato di provenienza).

b) *Scarico animali*

Nella maschera Gestione Scarico vengono visualizzate le uscite di animali dall’azienda e il programma ne permette una ricerca per data e per numero di foglio rosa. Come per l’evento di carico, dalla maschera Riepilogo Scarico è possibile stampare un elenco dettagliato degli scarichi registrati e, selezionando lo scarico desiderato attraverso il pulsante “Stampa documento di scarico”, è possibile stampare i relativi fogli rosa, autocompilati. La creazione di una nuova partita di scarico di animali prevede l’inserimento dei dati di scarico presenti sul Modello 4 e, mediante il pulsante “Aggiungi capi”, si effettua un collegamento all’elenco dei capi caricati attraverso cui si possono selezionare i capi da scaricare, ricercabili attraverso il numero o parte del numero identificativo, la data di ingresso oppure, ove utilizzato, mediante la gestione dei box.

Anche per gli eventi di scarico sono previsti una serie di controlli, quali l’abilitazione o la disattivazione di campi in base alla destinazione dello scarico (macello, allevamento ecc.).

c) *Libro stalla*

Permette la compilazione automatica del registro di carico/scarico, ricavata dai dati inseriti a sistema, su formato ufficiale riconosciuto dai sistemi di gestione anagrafica.

d) *Elenco capi*

Selezionando il pulsante “Elenco capi” si accede alla maschera “Gestione elenco capi”, in cui compare un elenco degli animali inseriti a sistema, con la possibilità di ricerca dei capi per matricola, di includere i capi scaricati, di ordinare l’elenco in base alla data di ingresso oppure per box. In questa sezione si ha la possibilità di visualizzare i dati di ogni singolo capo e delle relative partite di carico ed eventualmente di scarico.

Selezionando il bottone “Stampa” si accede a una serie di filtri per la redazione di rapporti di stampa personalizzati con diverse selezioni multiple (fig. 13).

e) *Elenco stalle*

Il programma consente la gestione e l’assegnazione dei singoli capi a una



Rapporto personalizzato

Genera rapporto capi aventi le seguenti caratteristiche:

Presenti (in carico) ☒ Solo scaricati ☐ Tutti ☐ Libro stalla ☐

Periodo da data: a data:

Detenzione da mesi: a mesi:

Età da mesi: a mesi:

Ordina per: ☒ Data d'ingresso ☐ Sesso ☐ Razza
☐ Data di nascita ☐ Box

Lasciando i campi vuoti, saranno ignorati.

Indietro **Conferma**

Fig. 13 *Interfaccia software per la redazione di report personalizzati (Apis Software S.r.l.)*

specifica stalla e box. Da questa maschera è possibile selezionare uno o più capi da spostare in un'altra stalla o box, visualizzare il dettaglio del capo selezionato e stampare dei rapporti personalizzati.

f) *Esporta dati*

Selezionando il pulsante “Esporta dati” si ha la possibilità di creare file di esportazione (file batch) nel formato ufficiale riconosciuto dalla Banca Dati Regionale (BDR); i file che il programma è in grado di produrre e salvare, selezionando data iniziale e data finale, comprendono l'anagrafica dei capi (CANA), i movimenti di ingresso (MCEN) e di uscita (MCUS). Allo stato attuale questa funzione è in fase di test in 7 allevamenti che fanno riferimento a 2 differenti uffici locali di Centri di Assistenza Agricola (CAA).

g) *Consultazione database*

Il software prevede, infine, la possibilità per l'amministratore (CQCB) di consultare per fini gestionali interni, anagrafici e commerciali l'intero archivio oppure aziende selezionate attraverso una serie di filtri.

All'arrivo al macello i capi vengono scaricati in un corridoio di sosta all'ingresso del macello, dove attendono la visita ante-mortem e l'identificazio-

ne visiva da parte del veterinario. In questo stesso punto è stata installata un'antenna a varco in grado di effettuare la lettura dinamica dei microchip eventualmente presenti sugli animali. I capi dotati di identificativi elettronici, attualmente, provengono esclusivamente da allevamenti del Consorzio Qualità della Carne Bovina e sono registrati nella banca dati consortile. Il software gestionale del macello riceve quindi in modo automatico gli animali in ingresso appartenenti al circuito del Consorzio con tutte le informazioni relative all'etichettatura obbligatoria e, attraverso un controllo automatico, l'indicazione della possibilità di effettuare l'etichettatura con informazioni facoltative previste dal Disciplinare del Consorzio con autorizzazione ministeriale IT054ET.

Effettuate le operazioni di stordimento, dissanguamento e scuoiatura le carcasse giungono alla postazione di eviscerazione: qui sono presenti una seconda antenna a varco e un sistema composto di fotocellula e di lettore EMS di codici RFID (13,56 Mhz) installato sulla guidovia (fig. 14).

L'antenna a varco effettua la lettura del tag (auricolare o bolo ruminale), mentre la fotocellula posizionata sulla guidovia rileva il passaggio dei ganci numerati (ai quali resteranno appesi i garretti delle carcasse da qui sino alla fase di sezionamento); sulla superficie di tali ganci sono stati applicati dei microchip (uno per ciascun gancio) in modo tale da automatizzare le operazioni di identificazione del macellato e poi del sezionato, col solo ausilio dei ganci elettronici. Il passaggio dei ganci davanti alla fotocellula attiva il lettore che identifica gli stessi mediante lettura dei microchip in essi contenuti, e in questa fase avviene l'abbinamento tra marca auricolare e 2 ganci (uno per ogni mezzana). Presso la postazione di pesatura viene assegnato il numero progressivo di macellazione e i dati vengono visualizzati sullo schermo in modo automatico (fig. 15), in modo tale che l'operatore debba solo autorizzare la stampa delle etichette; se il capo non è dotato di microchip, o questo non viene letto, sullo schermo sono visualizzate tutte le matricole caricate sul programma di macellazione e l'operatore dovrà verificare visivamente la marca auricolare appositamente lasciata sulla carcassa e selezionare dall'elenco delle matricole quella corretta.

Da questo punto in poi ad ogni numero di matricola corrispondono un numero progressivo di macellazione e due ganci identificati da microchip.

Sulla guidovia di macellazione, in prossimità della bilancia, sono presenti due fotocellule abbinate ad altrettanti lettori EMS di codici RFID. La presenza del doppio sistema fotocellula-lettore consente non soltanto di identificare i ganci e, quindi, le mezzene, ma anche di rilevare la direzione di avanzamento delle stesse lungo la catena di macellazione; infatti, durante la macellazione

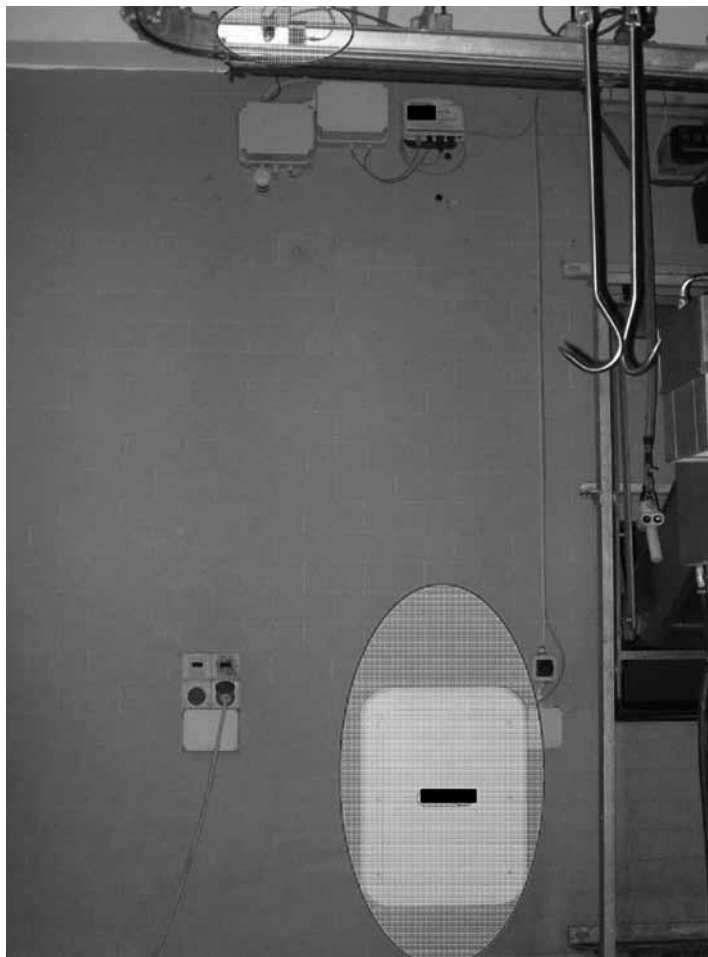


Fig. 14 *Sistema di abbinamento del microchip di identificazione dell'animale e dei microchip applicati ai ganci*

la direzione seguita dalle mezzene verso la cella di refrigerazione (posta a valle della pesa aerea) attiverà la prima fotocellula e quindi il lettore, in modo che il sistema, rilevando la direzione, consenta di determinare quale sarà l'operazione che si andrà a svolgere (carico o scarico).

Quando le mezzene vengono prelevate dalla cella di raffreddamento o stoccaggio per essere avviate al sezionamento transitano davanti alla fotocellula destra sulla pesa aerea attivando l'antenna che rileva il microchip presente nel gancio e riconoscendo la direzione di avanzamento lungo la catena; i dati relativi alla mezzena sono richiamati dal programma di macel-

Operatività		Classificazione capo		Cambia reparto		Reparto associato	
C S		S E U R O P		MACELLO			
Assegna cella				Ordine in lavorazione			
1 2 3 4 5 6 7 8 <<							
PLU		Identificativo		Gancio		Imposta peso manuale	
1 0 2 E 001		FR1416851273		LORDO		210,5 kg	
BOVINO ADULTO				TARA		3,2 kg	
				NETTO		207,3 kg	
Abilita stampa automatica etichette				Lotto			
simula pesata				37			
anteprima etichetta				Cambia			
Nato in :Francia Allevato in :Francia-Italia Macellato in :ITALIA 767M Sesso :Femmina Tipo genetico :CHAROLAIS Mesi ultimo allevamento :10 Allevatore :Cascina Sonzogni di Sonzogni Età mesi :17 Località :BUSTO GAROLFO Categoria :Manzetta							
Avvia	Termina	Stampa	TAG	Imposta	Storno etichetta	Lavorazione cliente	Leggi PDF
						Report	Esci

Fig. 15 Software di macellazione (Apis Software S.r.l.)

lazione e inviati alla postazione di pesatura in modo tale da rilevare il nuovo peso dopo il calo di raffreddamento e inserire lo stesso nel programma di sezionamento.

Nell'area di sezionamento sono presenti altre tre postazioni dotate di fotocellula, a una delle quali è abbinato un lettore RFID deputato all'identificazione dei ganci (e quindi delle mezzene/quarti). Il rilevatore di tag è applicato sulla guidovia alta, proveniente dalle celle di stoccaggio, poiché in questa fase si determina la destinazione delle carni, che possono entrare in fase di lavorazione nel sezionamento oppure abbandonare lo stabilimento per la distribuzione a clienti esterni.

In entrambi i casi, i dati richiamati dalla precedente postazione di pesatura all'uscita dalle celle e inviati al programma di sezionamento vengono utilizzati per la stampa di documenti di consegna oppure per il proseguimento della lavorazione.

Da questo momento in poi la rintracciabilità delle carni è affidata al solo transito dei ganci davanti alle fotocellule: l'ultima identificazione dei chip applicati ai ganci determina la creazione di numeri progressivi (numero progressivo etichetta univoco) abbinati ai ganci nelle fasi successive. In questo modo il primo gancio rilevato dall'antenna del sezionamento durante una



Fig. 16 *Apparecchio per lettura/scrittura dei tag alimentari da inserire nelle confezioni sottovuoto*

seduta di lavorazione sarà il primo a transitare davanti alla fotocellula della postazione sottovuoto o taglio.

Entrambe le postazioni sono dotate di bilancia aerea in modo tale da abbinare ai dati di rintracciabilità, richiamati dal programma di sezionamento, il peso dei singoli tagli lavorati. Questi dati sono visualizzati su due display, denominati ST, posti sotto la postazione di identificazione elettronica del sezionamento.

La postazione per la messa sottovuoto delle carni è dotata di bilancia alla quale sono abbinate una stampante per la creazione delle etichette adesive con codice PDF (contenente tutti i dati di rintracciabilità) e un apparecchio per la lettura/scrittura di tag alimentari da inserire all'interno del sottovuoto (fig. 16).

Lotti per reparto

Codice reparto:

Codice bilancia:

Codice lotto:

Puntatore a testi tracciabilità:

Limite in grammi lotto peso:

Anno lotto:

Progressivo pesato:

Codice	Limite (grammi)	Progressivo pesato (grammi)
458	54000	8376
704	18120	8336
790	1380	134
791	460	136
831	7880	200
859	7320	6

Fig. 17 Software gestionale del punto vendita (OpenStore) – Apis Software S.r.l.

Entrambi i sistemi sono utilizzabili nel punto vendita della Cooperativa Agricola San Rocco di Pontevecchio di Magenta (MI): qui, un lettore ottico, in grado di rilevare i dati contenuti nel PDF dell'etichetta, e una antenna, che legge quelli abbinati al microchip, acquisiscono i dati sul software gestionale delle giacenze di magazzino del punto vendita (OpenStore). Inoltre, è stato installato uno scrittore di codici RFID utilizzato per la creazione di "bandierine" da esposizione da banco in cui è viene registrato il codice del lotto di provenienza.

Le bilance da banco sono anch'esse dotate di un lettore, che ha la funzione di leggere le bandierine da banco, e richiamare, quindi, il numero di lotto in esso contenuto e di stampare le relative informazioni obbligatorie ed eventualmente facoltative sullo scontrino rilasciato al cliente.

La bilancia da banco è collegata al software gestionale del punto vendita, in modo da inviare in modo automatico, attraverso uno script temporizzato, i dati di ritorno delle quantità vendute e avere un sistema di controllo a scalare (fig. 17).

Conclusioni

Il sistema è stato sviluppato presso le strutture di macellazione, sezionamento e il punto vendita della Cooperativa Agricola San Rocco, situata a Pontevicchio di Magenta in provincia di Milano, in quanto convenzionate con il Consorzio Qualità della Carne Bovina, in possesso di un Disciplinare di Etichettatura con approvazione ministeriale che permette di etichettare le carni bovine provenienti da allevatori associati con informazioni supplementari a quelle obbligatorie, al fine di garantire una maggiore trasparenza circa le caratteristiche di prodotto fornite al consumatore finale.

Il sistema è stato testato operativamente nel corso del 2008, con particolare attenzione all'integrazione tra le diverse fasi e ai dati "di ritorno"; i risultati hanno evidenziato una completa funzionalità del sistema e una ottimale gestione dell'intero processo produttivo, dall'ingresso degli animali in fase di macellazione all'emissione dello scontrino al consumatore finale, con particolare riferimento al mantenimento dei dati di rintracciabilità.

5. TRACCIABILITÀ SPARGIMENTO LIQUAMI

Negli ultimi decenni l'intensificazione degli allevamenti ha accresciuto notevolmente la quantità di liquami prodotti e, quindi, distribuiti portando a un eccesso di fertilizzazione a livello locale e al rilascio di nutrienti nell'ambiente. Come diretta conseguenza la gestione dei liquami è diventata una questione cruciale nella conduzione delle aziende zootecniche.

Seguendo le direttive europee per il controllo della distribuzione dei liquami in funzione della richiesta delle colture e delle condizioni ambientali, sono state sviluppate tecnologie a supporto delle operazioni di campo per minimizzare le inefficienze e ridurre l'inquinamento durante lo spandimento. Recentemente sistemi GPS (Global Positioning System) sono stati installati sui carri spandiliquame e spandiletame. I sistemi GPS permettono di individuare con precisione la posizione da cui iniziare le operazioni di distribuzione dei liquami sul campo e, se accoppiati con dispositivi per il controllo delle quantità distribuite, consentono di ottimizzare l'utilizzo dei nutrienti da parte delle colture evitandone la dispersione nelle acque superficiali e profonde.

Il progetto realizzato dal Dipartimento VSA in stretta collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Agraria, all'interno del progetto Metamorfosi finanziato da Regione Lombardia, ha previsto l'implementazione di un sistema integrato per il monitoraggio della gestione dei liquami e la redazione di

rapporti elettronici in allevamenti di bovini da carne al fine di ottimizzare la fertilizzazione dei campi e ridurre l'impatto ambientale.

Implementazione del sistema

Il sistema integrato per il monitoraggio della gestione dei liquami è stato implementato presso l'azienda agricola sperimentale della Scuola di Agricoltura Ferrazzi e Cova di Villa Cortese (Milano). L'azienda occupa una superficie di circa 150 ha e in essa sono allevati circa 200 bovini da carne.

La prima fase del progetto ha previsto la realizzazione di una cartografia completa dell'azienda con inserimento delle singole particelle catastali sovrapposte a una foto aerea in formato file Shape (.shp) e la suddivisione o raggruppamento dei terreni in base alla lavorazione (fig. 18), mediante l'uso di uno specifico software di mappatura (Farm Site, Farm Works Software, Hamilton, IN, USA).

Il sistema di monitoraggio è stato implementato a due diversi livelli.

A un primo livello il sistema era basato sull'uso di un palmare con uno specifico software (Farm Trac Mate, Farm Works Software, Hamilton, IN, USA) per la registrazione delle operazioni di campo, il trasferimento dei dati al PC aziendale e la stampa di rapporti dettagliati di spandimento (figg. 19 e 20). Il diagramma di flusso delle procedure seguite per monitorare la gestione dei liquami a livello aziendale è riportato in figura 21.

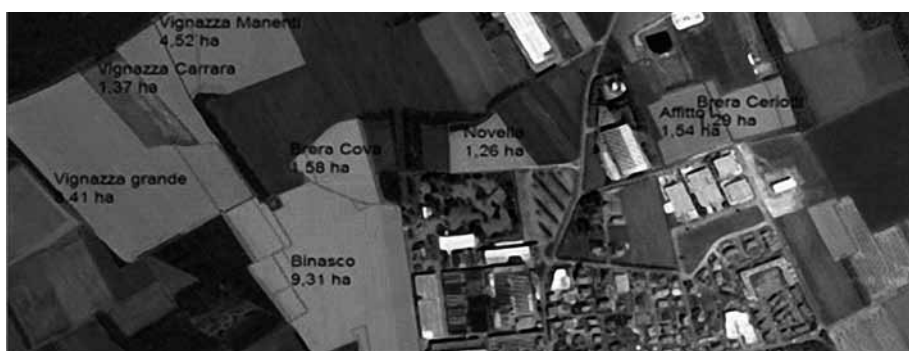


Fig. 18 *Mappatura dell'azienda con la suddivisione degli appezzamenti in funzione del loro uso*



Fig. 22 A sinistra: sensore di pressione installato sulla valvola di scarico dello spandiliquame; a destra: sensore a ultrasuoni applicato sopra la fossa dei liquami

Un secondo livello ha previsto lo sviluppo di un sistema di monitoraggio automatico basato sull'integrazione dei seguenti componenti:

- GPS datalogger, installato sul trattore aziendale per registrare a intervalli di 10 s i percorsi seguiti dal trattore durante l'attività di spandimento dei liquami sui campi selezionati. L'acquisizione dei dati di posizione era attivata mediante il rilevamento del moto a opera di un accelerometro posizionato all'interno del datalogger. L'azionamento della presa di potenza del trattore era registrata attraverso un segnale digitale inviato al datalogger. Una scheda GSM/GPRS assicurava il trasferimento dei dati di posizione del trattore e dell'azionamento della presa di potenza a un server aziendale a intervalli di 10 s;
- trasmettitore a radiofrequenza (RF), installato sul carro botte per inviare il codice identificativo di quest'ultimo al datalogger al momento dell'accoppiamento con il trattore. Una volta realizzato l'accoppiamento trattore-macchina operatrice, il codice identificativo del carro botte era trasmesso al server aziendale via GPRS;
- sensore di pressione (fig. 22), installato sulla valvola di scarico del carro botte. L'apertura e la chiusura della valvola erano registrati attraverso l'in-

vio di un segnale digitale al datalogger e da questo al server aziendale via GPRS;

- sensore a ultrasuoni (fig. 22), applicato alla fossa dei liquami e collegato a uno specifico datalogger in grado di generare una tensione compresa tra 0 e 10 V proporzionale alla distanza esistente tra la superficie del liquame e il sensore stesso;
- sistema modulare per guida parallela di mezzi agricoli (Arvanav2, ARVAtec srl, Italy), composto da un ricevitore GPS integrato e specifico software (ARVAnavPC software, ARVAtec srl, Italy). Questo sistema consente di disegnare una strada virtuale sui campi, indicando in continuo il percorso da seguire e le superfici già lavorate;
- software per la registrazione delle attività di campo svolte (Farm Trac, Farm Works Software, Hamilton, IN, USA) e la gestione della cartografia aziendale (Farm Site, Farm Works Software, Hamilton, IN, USA). L'integrazione di questi due software permette l'elaborazione dei dati di campo, la stampa di rapporti dettagliati relativi alle attività di spandimento, la conversione dei dati di campo in mappe di distribuzione dei liquami con le relative quote distribuite e i periodi di spandimento.

Durante il periodo sperimentale è stata implementata un'ulteriore versione del sistema per il monitoraggio automatico della gestione dei liquami, installando il *GPS datalogger* direttamente sul carro botte invece che sul trattore aziendale secondo una "implement-oriented architecture".

Il diagramma di flusso delle procedure seguite per monitorare in modo automatico la gestione dei liquami a livello aziendale è riportato in figura 23.

Test del sistema

Il sistema sviluppato per il monitoraggio della gestione dei liquami è stato testato presso l'azienda agricola sperimentale della Scuola di Agricoltura Ferrazzi e Cova di Villa Cortese (Milano) durante l'anno 2008 e prove di campo sono ancora in corso.

I risultati conseguiti fino a ora mostrano una buona efficacia del sistema nel monitorare la gestione dei liquami a livello aziendale sia nella versione base, incentrata sull'uso di un palmare con uno specifico software per la registrazione delle attività di campo connesse con lo spandimento dei liquami, sia nella versione tecnologicamente avanzata che prevede la registrazione di tali attività in modo completamente automatico.

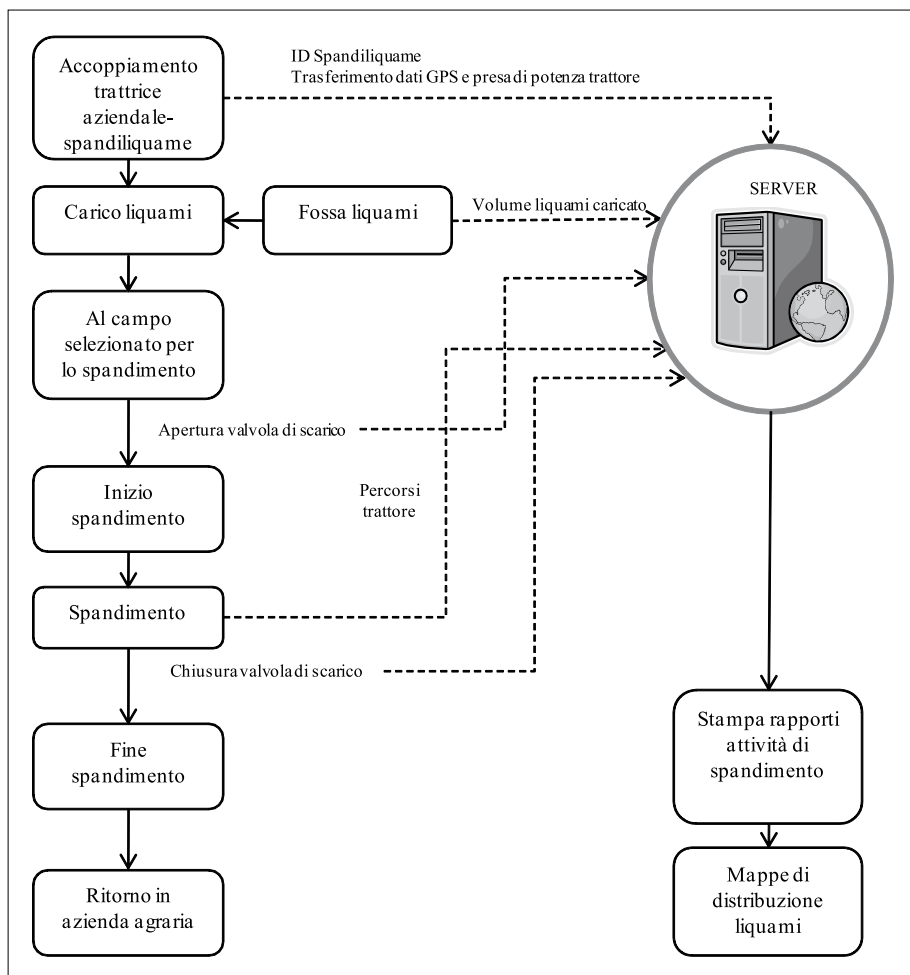


Fig. 23 Diagramma di flusso delle procedure seguite per monitorare in modo automatico la gestione dei liquami a livello aziendale

I sensori a ultrasuoni montati sopra la fossa dei liquami hanno manifestato qualche limite nel misurare con precisione il volume dei reflui stoccati perché non sempre è stato possibile mantenere la distanza minima di 60 cm tra la superficie libera del liquame e il sensore, necessaria per una corretta misurazione. Inoltre, in presenza di schiuma sulla superficie del liquame è stata osservata una sovrastima dei volumi stoccati.

Il sistema di guida assistita, invece, ha mostrato piena funzionalità permettendo di memorizzare i punti di interruzione nello spandimento dei liquami e di riprendere l'attività di distribuzione esattamente dal punto di interru-

zione quando, ad esempio, era necessario tornare in azienda per riempire nuovamente il carro botte. In questo modo è stato possibile raggiungere una migliore omogeneità di copertura del suolo con i liquami.

Infine, la gestione informatizzata della cartografia aziendale ha permesso di evidenziare e delimitare tutte le aree interdette allo spandimento dei liquami (pozzi artesiani, canali, fiumi, ecc.) in accordo con la Direttiva Nitrati (91/676/ECC).

Conclusioni

La spinta che gli altri settori della società stanno dando al settore agricolo perché questo renda trasparenti i propri processi produttivi ai fini di garantire sicurezza alimentare e qualità dei prodotti rappresenta, per lo stesso, un fattore esogeno dal quale è impossibile derogare pena l'esclusione dal mercato. Il come affrontare il problema di mettere a punto soluzioni che siano al contempo di costo accettabile e di livello tecnologico comparabile con quello degli altri settore agricoli rappresenta il collante che sottostà alle iniziative di ricerca che sono state presentate in queste note. Ciò che deve essere tuttavia chiaro è che debbono essere i tecnici del settore addetti alla divulgazione tecnica e gli operatori stessi a cogliere le opportunità che il mondo tecnologico e della ricerca mette loro a disposizione. Ciò non tanto nella logica di chi vuole essere innovativo costi quello che costi, ma nella logica che prevede di prendere in considerazione non solo i benefici diretti dell'adozione di tecnologie (risolvere il problema della tracciabilità e della trasparenza della filiera), ma pure quelli indiretti che non sono peraltro secondari per importanza. Infatti l'adozione delle tecnologie informatiche sopra descritte permette a tecnici e operatori di avere a disposizione dati e informazioni che possono diventare estremamente utili nella gestione a tutti i livelli decisionali dei processi produttivi. Questi dati e informazioni, se correttamente inseriti in sistemi di supporto decisionali e utilizzati per fare incrementare l'efficienza delle imprese, possono portare a chi li impiega benefici economici non trascurabili.

RIASSUNTO

La sicurezza e la qualità alimentare, la tutela dell'ambiente sono obiettivi che interessano tutti gli operatori del settore alimentare in tutte le fasi della catena agro-industriale.

Questi aspetti richiedono di essere attentamente documentati. L'attività di ricerca svolta dalla Sezione di Bioingegneria del Dipartimento VSA dell'Università degli Studi

di Milano negli ultimi anni si è concentrata sulla registrazione automatica, la memorizzazione e la gestione di tale documentazione. Ciò è stato realizzato utilizzando un mix di tecnologie innovative basate su tecnologia RFID, GPS, sensori, PC e reti locali o geografiche.

In questo contesto, il lavoro presenta quattro casi di studio:

- Sistema di tracciabilità del latte all'interno del sistema di produzione del formaggio Fontina;
- Monitoraggio di capre e bovini al pascolo aperto con GPS;
- Sistema di tracciabilità nella catena di approvvigionamento delle carni bovine, dagli allevamenti fino ai negozi al dettaglio;
- Sistema per il monitoraggio dei reflui zootecnici dei bovini da riproduzione.

ABSTRACT

Food security, food quality and environmental protection are goals that are interesting all the food operators in every steps of the food industrial chain.

All these aspects require to be carefully documented. The research activity carried out by the Bioengineering Section of the VSA Department of University of Milan in the last years was focused on the automatic recording, storing and managing of such documentation. This work has been carried out using a mix of innovative technologies based on RFID, GPS, sensors, PCs and local or wide area networks.

In such a frame, the paper presents four case studies:

- Milk traceability system within the Fontina cheese production system;
- Tracking of goats and cattle in open pasture by using GPS;
- Traceability in the beef supply chain from feedlots to retail shops.
- Integrated system for slurry management monitoring in cattle breeding

BIBLIOGRAFIA

- ARTMANN R. (1999): *Electronic identification systems: state of the art and their further development*, «Computers and Electronics in Agriculture», 24, pp. 5-26.
- BAILEY D.W. (2001): *Evaluating new approaches to improve livestock grazing distribution using GPS and GIS technology*, in *Proceedings of the First National Conference on Grazing Lands*, Las Vegas, NV, pp. 91-99.
- BAILONI L., BATTAGLINI L.M., GASPERI F., MANTOVANI R., BIASOLI F., MIMOSI A. (2005): *Qualità del latte e del formaggio d'alpe, caratteristiche sensoriali, tracciabilità e attese del consumatore*, «Quaderno SOZOOALP», 2, pp. 59-88.
- BARBARI M., CONTI L., SIMONINI S. (2007). *Stato dell'arte e ambiti applicativi potenziali delle tecniche di monitoraggio animale: simulazioni in ambienti reali*, in *Atti del Convegno Nazionale di Medio Termine AIIA, L'e- nell'ingegneria agraria, forestale e dell'industria agro-alimentare*, Firenze, 25-26 ottobre 2007.
- BISHOP-HURLEYA G.J., SWAINA D.L., ANDERSONB D.M., SIKKAC P., CROSSMANC C., CORK P. (2007): *Virtual fencing applications: implementing and testing of an automated cattle control system*, «Computers and Electronics in Agriculture», 56, pp. 14-22.

- BLEKEN, A.M., STEINSHAMN H., HANSEN S. (2005). *High nitrogen costs of dairy production in Europe: worsened by intensification*, «Ambio» 34, pp. 598-606.
- BONERA R., LAZZARI M., MAZZETTO F. (2001): *ARCHIMEDE: un software per la scelta delle macchine agricole di campo*, in *Atti del VII Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria (AIIA) "Ingegneria agraria per lo sviluppo dei paesi del Mediterraneo"*, Vieste (Fg), 11-14 settembre 2001.
- BONERA R., MAZZETTO F., LAZZARI M., SACCO P. (2005): *MaccAgri.Soft: database di macchine agricole con software per il calcolo dei costi di esercizio*, in *Atti del VIII Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria (AIIA) "Ingegneria Agraria per lo sviluppo sostenibile dell'area mediterranea"*, Catania, 27-30 giugno 2005.
- CAJA G., CONILL C. (2000): *Progress on EU research projects on electronic identification and traceability of animals and meat*, in *Latest Developments in Livestock Identification and Traceability*, CD-ROM, Meat Livestock Commission (MLC), Milton Keynes, U.K.
- CAJA G., NEHRING R., CONILL C. (2001): *Identifying livestock with passive transponders*, «Meat Automation», 1, pp. 18-21.
- CHIESA F., LUZI F.M.G., RUGOLA M. (2004): *L'Identificazione Elettronica Degli Animali: Aspetti Normativi E Applicativi*, in *Convegno Nazionale "Parliamo di ... nuove normative in campo zootecnico"*, Cuneo, 23-24 settembre 2004.
- CONILL C., CAJA G., NEHRING R., RIBO' O. (1998): *Evaluation of main factors affecting the efficiency of passive injectable transponders as a method of electronic identification in cattle*, «J. Anim. Sci.», 76 (Suppl. 1), 271 (Abstr.).
- CONILL C., CAJA G., NEHRING R., RIBO' O. (2002): *The use of passive injectable transponders in fattening lambs from birth to slaughter: Effects of injection position, age and breed*, «J. Anim. Sci.», 80, pp. 919-925.
- HOODA, P.S., EDWARDS A.C., ANDERSON H.A., MILLER A. (2000): *A review of water quality concerns in livestock farming*. «Sci. Total Environ.», 250, pp. 143-167.
- GANSKOPP D. (2001): *Manipulating cattle distribution with salt and water in large arid-land pastures: a GPS/GIS assessment*, «Appl. Anim. Behav. Sci.», 73, pp. 251-262.
- KAMPERS F.W.H., ROSSING W., ERADUS W.J. (1999): *The ISO standard for radiofrequency identification of animals*, «Computers and Electronics in Agriculture», 24, pp. 27-43.
- LAZZARI M., MAZZETTO F., VACCARONI M. (1998): *Evaluation methods to assess the benefits of precision agriculture techniques in the Italian situation*, in *Proceedings XIII CIGR Int. Conference on Agricultural Engineering*, Rabat (Morocco), 2-6 February, 3, pp. 39-50.
- LAZZARI M., MAZZETTO F., SACCO P. (1998): *A procedure to assess the impacts of EU agroenvironmental measures on farms*, Euro AgEng, Congress '96, Oslo, report N98.
- LAZZARI M. (2006): *Il controllo della macchine agricole mediante GPS*, «I Georgofili. Quaderni», X, 2005, pp. 69-147.
- LUINI M., RUGOLA D., RUGOLA F., CAMISASCA S., BELLOLI A. RUGOLA L. (1996): *Localizzazione e recupero al macello di transponders impiantati in vitelli a carne bianca*, in *La selezione veterinaria*, Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia Romagna, I, pp. 1-8.
- MATHIOU F. (2003): *La Fontina. Dove e come nasce*, a cura di A Barman, Cooperativa Produttori Latte e Fontina, Saint Cristophe (Aosta).
- MAZZETTO F., LAZZARI M., VACCARONI M. (1997): *Agricoltura di precisione: realtà e prospettive*, in *Atti VI Convegno Nazionale AIIA di Ingegneria Agraria*, Ancona 11-12 settembre, III, pp. 271-280.
- MAZZETTO F., BONERA R., CALCANTE A., LAZZARI M. (2003): *An algorithm for the trace-*

- ability of farm field activities, in *XXX CIOSTA-CIGR V Management and technology applications to empower agriculture and agro-food systems*, 22-24 September 2003, University of Turin, Turin, Italy, pp. 270-278.
- MAZZETTO F., CALCANTE A., LANDONIO S., LAZZARI M. (2003): *A new on-board swath guidance tool for farm machinery*, in *XXX CIOSTA-CIGR V Management and technology applications to empower agriculture and agro-food systems*, 22-24 September 2003 University of Turin, Turin, Italy, pp. 722-729.
- MAZZETTO F., CALCANTE A., SALOMONI F. (2007): *A low cost system for an automatic monitoring of slurry distribution activities: the MOSAICO project*, in *Proc. "Precision Agriculture '07"*, Skiathos (GR), 3-6 june.
- MOEN R., PASTOR J., COEHN Y. (1997): *Accuracy of GPS telemetry collar locations with differential correction*, «J. Wildl. Manage», 61, pp. 530-539.
- NÄÄS, I. (2002): *Applications of Mechatronics to Animal Production*, in *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*, Invited overview paper, IV, presented at the Club of Bologna meeting, July 27, 2002.
- PELLIZZI G., MAZZETTO F., PICCAROLO P., BALSARI P., BONFANTI P.L., LAZZARI M. (1998): *The AP project: precision farming systems for environmental protection and the reduction of production costs*, ICCTA '98 Congress, Firenze.
- REMPEL R.S., RODGERS A.R. (1997): *Effects of differential correction on accuracy of a GPS in animal location system*, «J. Wildl. Manage», 61, pp. 525-530.
- RUTTER S.M., BERESFORD N.A., ROBERTS C. (1997): *Use of GPS to identify the grazing areas of hill sheep*, «Comput. Electron. Agric.», 17, pp. 177-188.
- SANGIORGI F. (2003): *I reflui zootecnici: risorsa e problema*, in *La Gestione dei reflui zootecnici fra problemi aziendali e territoriali*, «I Georgofili. Quaderni», III, 2002, pp. 9-25.
- SARIG Y. (2003): *Traceability of Food Products*, «Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development», V, pp. 1-17.
- SCHELLBERG J., LOCK R. (2008): *A site-specific slurry application technique on grassland and on arable crops*, «Bioresource Technology», 100, pp. 280-289.
- TANGORRA F.M., ZANINELLI M., DE SANTIS C. (2006): *Development of HW and SW solutions for milk traceability*, in *Computers in Agriculture and Natural Resources. Proceedings of the 4th World Congress*, Orlando, Florida USA, pp. 475-480.
- TURNER L.W., UDAL M.C., LARSON B.T., SHEARER S.A. (2000): *Monitoring cattle behaviour and pasture use with GPS and GIS*, «Can. J. Anim. Sci.», 80, pp. 405-413.
- VAN KESSEL J.S., REEVES J.B. (2000): *On-farm quick test for estimating nitrogen in dairy manure*, «J. Dairy Sci.», 83, pp. 1837-1844.
- VITIELLO D. J., THALER A. M. (2001): *Animal identification: links to food safety*, «Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz», 20 (2), pp. 598-604.