COMBINAZIONE DELLA MAPPATURA DELL'APPEZZAMENTO E DEI SENSORI A BORDO

# Vendemmiatrici di precisione per produrre vino di qualità

Per valutare la possibilità di differenziare la raccolta in base alla qualità delle uve, sono state condotte rilevazioni in tempo reale di peso, grado zuccherino e acidità dell'uva raccolta, simulando la presenza di sensori integrati alla vendemmiatrice dotata anche di un sistema avanzato di controllo GPS

#### di Alberto Miglioli, Marco Vieri

e produzioni vitivinicole italiane necessitano di un'attenzione sempre maggiore alla qualità e alla tipologia del prodotto raccolto. Gli strumenti tecnologici che in questi anni si sono sviluppati e che oggi sono effettivamente applicabili alle macchine agricole rappresentano una risorsa che può permettere alle imprese vitivinicole di valorizzare al meglio le proprie potenzialità.

Tali tecnologie appartengono al settore dell'«agricoltura di precisione» (precision farming), branca della ingegneria agraria

nata nella seconda metà degli anni 90, che si avvale dell'impiego di dati georeferenziati per mezzo della ormai ampiamente diffusa tecnologia GPS e di modelli analitici con i quali è possibile ottenere informazioni gestionali o decisionali direttamente sul cantiere di lavoro.

Il dato, oltre al sistema GPS deriva da sistemi di acquisizione sia remoti (immagini satellitari o da aereo) sia prossimali (sensori). Le immagini dall'alto vengono filtrate con analisi multispettrale, dividendo i colori che hanno diverse lunghezze d'onda e misurandone l'intensità in ogni punto del reticolo. La viticoltura

di precisione può quindi essere considerata come una forma di viticoltura evoluta, nella quale l'impiego di tecniche e tecnologie è mirato alla realizzazione di mappe georeferenziate degli appezzamenti sulle quali sono sovrapponibili mappe tematiche elaborabili con vari sistemi, ad esempio con il telerilevamento, per evidenziare lo stato vegetativo del vigneto. Queste mappe saranno la guida all'esecuzione di interventi agronomici differenti all'interno delle zone omogenee del vigneto mediante la tecnologia VRT (Variable Rate Technology).

Ma l'agricoltura di precisione europea, pur utilizzando gli stessi principi e le stesse tecnologie di base, si è differenziata molto dalla precision farming americana delle origini, sviluppando molto di più la parte sensoristica per attuare un controllo diretto delle macchine operatrici. Tutto ciò è applicabile anche alle vendemmiatrici, nelle quali è possibile monitorare con una precisione anche al di sotto del metro la quantità del prodotto raccolto e altri parametri caratteristici.

L'insieme di queste due tecnologie – la mappatura dell'appezzamento e i sensori a bordo – nel momento in cui fosse disponibile sulle vendemmiatrici produrrebbe dati puntuali e georeferenziati (sempre preventivamente validati nel territorio), che correlati per mezzo di modelli a un preciso parametro fornirebbero informazioni sulla variabilità all'interno del singolo appezzamento. Ciò consentirebbe di operare scelte gestionali in fase di coltivazione (ad esempio nella concimazione) come in fase di raccolta (ad esempio nella selezione delle uve da raccogliere sulla base delle diverse varietà, o del diverso vigore vegetativo o di altri parametri importanti per la qualità e la tipicità del vino da produrre).

Una gestione delle coltivazioni in questo senso permetterebbe di ottenere vantaggi di varia natura:

- economici, grazie alla riduzione di costi colturali, al migliore utilizzo delle informazioni, e alla valorizzazione del prodotto migliore;
- ambientali, grazie all'uso razionale di con-



cimazioni e trattamenti antiparassitari;

• agronomici, mediante l'accrescimento delle potenzialità della coltura al fine di migliorarne la qualità.

#### Un'esperienza Toscana

Nel 2007 il gruppo di ricerca Ingegneria delle produzioni viticole del Diaf (Dipartimento di ingegneria agraria e forestale) dell'Università di Firenze, in collaborazione con Giancarlo Spezia dell'Istituto di viticoltura dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza, ha svolto una ricerca mirata a verificare l'applicabilità di un sistema avanzato di controllo GPS della macchina e a valutare i vantaggi conseguibili con l'installazione a bordo di vendemmiatrici di sensori di lettura in continuo dei parametri interessanti per la valutazione della qualità del vendemmiato, per differenziare la raccolta in base alla qualità delle uve. È stata quindi condotta una simulazione di controllo delle uve in continuo.

Una valutazione d'obbligo, considerando che integrare dei sensori alla vendemmiatrice ha costi ingegneristici

impegnativi anche perché attualmente non sono disponibili apparecchi miniaturizzati adeguati.

A conferma dei vantaggi ottenibili con questo sistema, la sperimentazione qui descritta ha evidenziato la presenza nello stesso appezzamento di uve con grado zuccherino differente mediamente anche di 4 gradi Babo.

Una differenza che si traduce in 2,5-3 gradi alcol in più, in grado di determinare una qualità del vino superiore, quindi un apprezzabile incremento di prezzo (tabella 1).

La ricerca si è concretizzata grazie alla disponibilità di molti soggetti con ruoli complementari: l'azienda Poggio Bonelli Tenimenti MPS di Castelnuovo Berardenga (Siena) (www.mpstenimenti.it), Braud Italia, il Consorzio agrario di Siena e Leica Geosystem machine automation division di Calenzano (Firenze) (www.leica-geosystem.it), avvalendo-

TABELLA 1 - Variabilità compositive delle uve nei vigneti oggetto della prova

	Vigneto 1 filare 1		Vigneto 2 filare 2			Vigneto 3 filare 3			
Cam- pata	рН	Ac. tot. (g/L ac. tartarico	°Babo	рН	Ac. tot. (g/L ac. tartarico	°Babo	рН	Ac. tot. (g/L ac. tartarico	°Babo
1	3,42	7,30	17,00	3,21	7,90	19,50	3,23	8,00	19,50
2	3,37	7,40	17,75	3,23	7,80	18,00	3,23	8,00	21,00
3	3,47	6,60	16,50	3,27	7,30	20,00	3,24	7,90	19,00
4	3,41	6,80	17,00	3,22	8,00	19,00	3,27	7,70	18,50
5	3,56	5,70	16,75	3,31	7,30	17,25	3,21	8,00	19,25
6	3,47	6,60	16,50	3,24	7,50	16,75	3,26	7,80	18,50
7	3,53	5,50	16,00	3,27	7,80	17,00	3,25	7,70	18,00
8	3,48	6,30	18,50	3,22	8,10	17,25	3,37	6,80	18,75
9	3,56	5,80	18,50	3,32	7,30	17,50	3,33	7,00	19,25
10	3,59	5,00	21,50	3,25	7,80	17,75	3,32	7,10	19,75
11	(*)	(*)	(*)	3,38	7,00	20,75	3,38	6,60	19,00
12	3,43	5,80	19,50	3,24	7,70	20,25	3,25	7,70	18,50
13	3,31	6,90	19,50	3,28	7,00	17,50	3,32	6,90	21,25
14	3,44	5,80	17,75	3,32	6,80	21,00	3,31	6,80	20,50
15	3,43	5,90	16,50	3,36	6,80	20,75	3,24	7,10	18,75
16	3,43	6,40	17,25	3,32	7,20	20,25	3,28	7,00	17,50
17	3,42	5,80	15,00	3,20	7,80	18,75	3,22	7,30	16,50
18	3,34	7,20	17,00	3,29	7,00	18,00	3,26	7,10	20,75
19	3,42	6,50	15,50	3,21	7,90	17,00	3,30	7,20	17,50
20	3,47	6,60	16,50	3,27	7,30	17,25	3,24	7,00	17,00
21	3,55	5,90	16,50	3,32	6,50	17,50	3,38	6,80	18,75
22	3,41	6,60	15,50	3,27	7,40	16,50	3,32	7,20	17,00
23	3,43	6,60	17,25	3,19	8,10	16,00	3,29	7,30	16,25
24	3,48	5,50	17,00	3,28	7,10	15,50	3,26	7,30	17,25
25	3,39	6,50	19,00	3,25	7,80	19,00	3,29	6,90	18,75
26	3,28	7,30	19,25	3,33	7,30	18,00	3,23	7,20	18,50
27	3,37	7,00	17,50	3,27	7,70	17,00	3,29	7,10	18,50

(\*) Produzione non presente. In neretto sono evidenziati i valori massimi e minimi degli zuccheri.

La variabilità qualitativa dell'uva tra le campate (5 viti tra palo e palo) è notevole. Nei filari più disomogènei dei 3 vigneti qui riportati, il grado zuccherino varia di 6°B nel vigneto 1, di 5,5 nel 2 e di 5 nel 3.

> si, inoltre, della collaborazione di Paolo Dosso, di Terradat srl (www.precisionfarming.com).

#### Il controllo della produzione viticola

La necessità della viticoltura moderna di affidarsi sempre più alla meccanizzazione della maggior parte delle operazioni ha fatto sì che molte ricerche si sviluppassero in merito. Negli ultimi anni la ricerca si è spinta maggiormente sulla raccolta meccanica, attraverso lo studio delle caratteristiche e del lavoro delle macchine vendemmiatrici. Alcuni vantaggi fondamentali offerti da queste macchine sono senza dubbio la velocità e la tempestività con cui è possibile eseguire la raccolta delle uve, assicurando allo stesso tempo, con una gestione ragionata di tali macchine e dei vigneti

meccanizzati, un'ottimale qualità del raccolto.

Rispetto ad altri mezzi di raccolta – quali quelli utilizzati per i cereali e il pomodoro – le vendemmiatrici ancora oggi non sono dotate di sistemi che permettano un monitoraggio in continuo del prodotto raccolto riguardo a parametri fondamentali.

Le ricerche attualmente si stanno applicando sulla integrazione del sistema vendemmiatrice con quello di analisi georeferenziata del raccolto per rilevazioni in tempo reale di peso, grado zuccherino, acidità, ecc, con la possibilità di differenziare il raccolto fra le due «benne» e di trasmettere i dati direttamente ai computer della cantina al fine di indirizzare il materiale a diverse linee di processo.

#### Controllo della quantità

La prima applicazione è stata quella relativa alla determinazione della massa di prodotto che viene raccolto (Spezia, 2006). Sulle macchine vendemmiatrici dotate di ricevitore satellitare sono installati dei sensori per la determinazione del peso dell'uva oppure del suo volume:in questo caso

però il prodotto deve essere perfettamente pulito, perché le foglie potrebbero falsare la misura.

In commercio sono già disponibili alcuni di questi dispositivi, che possono essere montati sulla maggior parte delle vendemmiatrici. Questi sono nati per valutare le rese medie per appezzamento e per percorso, ma per ottenere mappe molto più accurate occorre isolare il prodotto raccolto per unità di misura prescelta sui nastri trasportatori, così da poterlo pesare singolarmente (Dosso e Špezia, 2006). Sono stati realizzati prototipi sperimentali come distributori rotativi denominati «passo-passo». Commercialmente è disponibile il sistema Canlink 3500 GRM della Scanfarm, applicabile alle macchine vendemmiatrici, in grado di pesare in continuo l'uva raccolta e di collezionare i dati georeferenziata in una memory card per gli usi futuri (*figura 1 e figura 2*).

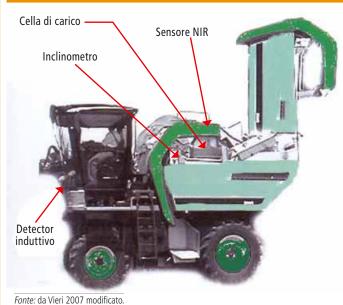


FIGURA 1 - Vendemmiatrice con sistema NIR in grado di acquisire specifiche informazioni su qualità

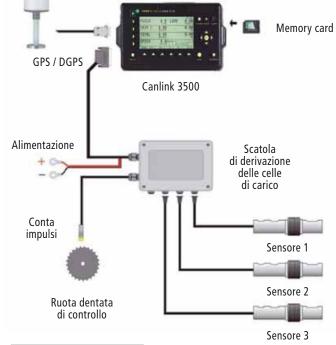
Questo sistema consente di dividere il vendemmiato nei due cassoni laterali in funzione di parametri specifici e di differenziarne la destinazione.

#### Controllo della qualità

Per il più difficile controllo della qualità potrebbero essere installati direttamente sulla vendemmiatrice sensori in continuo che analizzano il grado zuccherino, l'acidità e il pH. Esistono a oggi dispositivi di misura già impiegati nelle industrie alimentari come il rifrattometro in continuo Maselli UR20 (www.masellimisure.com) (figura 3) e misuratori di pH e acidità in continuo che però necessitano di determinate quantità di mosto (minimo 50-100 mL) e tempi di qualche decina di secondi e ciò vuol dire che a una velocità di 3,6 km/ora (pari a 1 m/s) ha una precisione non inferiore a 15-20 m fra una misura e quella successiva. Interessante potrebbe

essere anche l'adozione di sensori come il nuovo analizzatore Maselli MT 01 in grado di definire contenuto di antociani, tonalità e clorofilla nelle uve ma con un processo discontinuo che prevede la frullatura degli acini per 2 minuti. D'altronde la miniaturizzazione è possibile in quanto vi sono già sensori delle dimensioni di un centesimo di euro come il MOS FET pH-meter (Metal oxide field effective transistor).

A questi si aggiunge la tecnologia NIR che analizza il fascio di luce riflessa dal prodotto (grappoli ancora da raccogliere o flusso raccolto) nella gamma dello spettro infrarosso: recenti studi hanno dimostrato come l'intensità su specifiche lunghezze d'onda sia correlabile ad esempio ai polifenoli, alla maturazione dei frutti, allo stato fitosanitario delle uve, alle loro proprietà nutraceutiche.



(\*) Canlink 3.500 Grm della Scanfarm Fonte: Spezia, 2006.

FIGURA 2 - Schema del sistema di determinazione della massa di raccolta (\*), applicabile alle macchine vendemmiatrici

Il sistema di controllo centralizzato permette di analizzare contemporaneamente la posizione con GPS, i dati di archivio con memory card, il movimento dei dispositivi meccanici e una notevole serie di parametri legati agli specifici sensori.

Ciò consentirebbe di avere una mappatura quali-quantitativa della produzione raccolta, con la conseguente possibilità di acquisire un dettagliato archivio storico della variabilità spaziale (con reticolo fino a 1 metro, praticamente di ogni vite) per poter ad esempio meglio programmare gli interventi colturali necessari per la omogeneità del vigneto e per il massimo rendimento in qualità del prodotto in funzione

dell'obiettivo enologico ultimo. Inoltre le mappe elaborate potrebbero portare a future scelte vendemmiali sito-specifiche dell'appezzamento.

Ma la vendemmia dell'appezzamento può anche avvalersi di dati vettoriali georeferenziati ottenuti da acquisizioni degli anni precedenti o da immagini remote (in genere da volo aereo) opportunamente filtrate e interpretate.

Studi effettuati in Franciacorta negli ultimi anni hanno dimostrato che esiste una buona correlazione tra i dati ottenuti ed elaborati attraverso il telerilevamento e i campioni presi in esame e analizzati. Il satellite quindi non «vede» i grappoli, il loro peso, il tenore zuccherino o l'acidità, ma solo la chioma e mediante un opportuno pretrattamento dei dati, può essere calcolato un indice di vegetazione. Questo, a seguito di specifiche verifiche di



FIGURA 3 - Rifrattometro (a) e termometro (b) in continuo

Tra i sensori che possono essere installati su una vendemmiatrice ci sono quelli per la determinazione del peso dell'uva (Spezia, 2006), il rifrattometro (a), il pH-metro, il termometro (b) e lo spettrofotometro di continuo, oppure il titolatore automatico di processo (per il calcolo dell'acidità totale).

1,9

 $2 \times 54$ 

2

optional

1.800 / 2.360

optional

94/128

4 / turbo con intercooler

Tier III 90

32

25

## **SPECIALE**

TABELLA 2 - Dati caratteristici dei vigneti esaminati				
Nome vigneto	S. Caterina (V1)	Casalino (V2)	Casanova del Madonnino (V3)	
Sesto d'impianto	3 m × 2,5 m	$3 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$	2,70 m × 0,9 m	
Cultivar	Sangiovese	Sangiovese	Sangiovese	
Esposizione	N-W /S-E	E-W	N-S	
Pendenza	Variabile	8°	6°	
Indice LAI (Media LAI Filari)	0,811	0,819	0,77	
Peso medio grappolo (g)	284,92	278,94	285	
Forza di ritenzione del frutto- indice di distacco (N)	Lato casa 2,37 Lato olivi 2,28	2,42	2,10	
Temperatura alla raccolta (°C)	26	29	28	
UR alla raccolta (%) (ore 10)	65	58	56	
Press. atm. (hPa)	1.002	1.002	998	
Campate totali	153	80	81	
Peso vendemmiato (kg) (*)	1.362,96	649,76	672,98	
(*) 314 campioni analizzati.				

Per ogni vigneto il monitoraggio ha riguardato tre filari.

taratura, può essere correlato alla quacolta dell'uva dalla pianta e l'arrivo alla lità del prodotto o alle varietà di vite e tramoggia della vendemmiatrice. Sono conseguentemente di uva. state quindi determinate le ottimali regolazioni della vendemmiatrice (distanza Impostazione tra i battitori e frequenza) per ogni varietà da raccogliere.

Per la vendemmia si è impiegata la Braud serie VL5070 (tabella 3) (foto 1). Negli ultimi anni le vendemmiatrici stanno dimostrando una sempre più elevata capacità di rendere la raccolta meccanizzata precisa e veloce. Le evoluzioni della meccanizzazione sono state importanti e molteplici.

TABELLA 3 - Caratteristiche della vendemmiatrice

utilizzata nelle prove (\*) Testata di raccolta oscillante

Serbatoio di raccolta in acciaio inox

Diraspatore-separatore (brevetto Socma)

Potenza (ECE R120/ISO 14396) (kW/CV)

(\*) Braud serie VL 5070, attacco rapido non disponibile.

Pendenza max longitudinale (%)

Pendenza max trasversale (%)

Lunghezza totale dei panieri di raccolta chiusi (m)

Scuotitori (std) (n.)

Panieri di raccolta (n.)

Aspiratori superiori (n.)

Aspiratori inferiori (n.)

Cilindri / aspirazione

Livello di emissioni

Angolo di sterzata

Operazioni che fino a 15 anni fa erano svolte solo ed esclusivamente da manodopera specializzata e che richiedevano preparazione ed esperienza notevoli, sono oggi effettuate da organi meccanici sempre più evoluti.

Lo scopo che si cerca di raggiungere con gli studi sulla meccanizzazione è

# della simulazione in campo

Nella vendemmia 2007 è stata attuata una simulazione in campo di un controllo delle uve in continuo, tramite raccolta manuale di campioni dalla vendemmiatrice sui quali sono state fatte analisi standard di laboratorio. Con i dati risultanti sono state costruite mappe tematiche georeferenziate relative al monitoraggio effettuato e alle possibilità di impiego.

Le prove sono state effettuate nell'azienda Poggio Bonelli dei Tenimenti MPS su 3 vigneti di Sangiovese posti in 3 differenti zone situate nel comune di Castelnuovo Berardenga (Siena) (Carta tecnica regionale n. 297020). Il monitoraggio effettuato ha riguardato 3 filari per ognuno dei vigneti, per complessivi 9 filari analizzati. Come unità campione si è adottata la campata, cioè la distanza fra i tutori in cui si trovano 5 ceppi (tabella 2).

Il giorno precedente alla vendemmia sono stati rilevati il peso medio dei grappoli, il numero dei grappoli per campata, la produzione a filare stimata, la forza di ritenzione del frutto (FRF) ovvero l'indice di distacco degli acini, misurato con dinamometro a forcella.

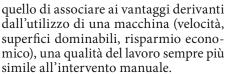
È stata quindi creata la mappatura georeferenziata dei vigneti relativamente ai parametri misurati e sulla vendemmiatrice sono stati misurati il tempo di ritardo e la distanza percorsa tra la rac-

Foto 1 - La complessità della macchina di raccolta non è motivo di preoccupazione né per le competenze di gestione né per gli ingombri o il costo, se tutto ciò serve a separare il prodotto di elevata qualità. I gruppi di pulizia, ormai comuni sulle vasche (benne) delle vendemmiatrici, ne sono la prova evidente





Il prelievo dei campioni sulla vendemmiatrice per simulare le misurazioni in continuo



Nel caso della macchina in prova, l'intercettazione e il sollevamento con il sistema «a panieri» riduce l'impatto tra la pianta e gli organi di raccolta e trattiene con delicatezza gli acini.

I panieri, in poliuretano alimentare, hanno una direzione di avanzamento inversa alla vendemmiatrice e, al pari dei cingoli di un trattore, tengono fermo il punto di avvolgimento dei ceppi di vite nella parte inferiore del tronco, evitando sfregamenti e ammaccature dannosi alla pianta.

L'uva viene scaricata su un sistema di tappeti, che trasportano l'uva nel sistema di pulizia costituito da nastri caratterizzati da forature rettangolari su tutta la superficie, che permettono di vagliare gli acini già distaccati dai raspi lasciandoli cadere all'interno delle benne di raccolta.

La prima «sgrossatura» avviene all'inizio dei nastri grazie a due aspiratori (uno per nastro di raccolta) con l'allontanamento di foglie e altri residui che vengono scaricati direttamente a terra dalla macchina.

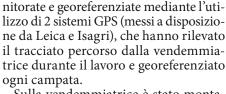
Questa operazione sfrutta il diverso peso specifico tra uva e materiale vegetale, permettendo la sola eliminazione del materiale non idoneo alla raccolta.

Dopo l'aspirazione, il sistema di panieri porta l'uva verso i due meccanismi denominati «separatore diraspatore» presenti su entrambi i lati della vendemmiatrice. Questo sistema è costituito da 3 rulli in sequenza, dotati di denti in gomma allungati e sottili, che durante la rotazione si incastrano tra loro, permettendo esclusivamente agli acini di attraversare questa fase. In questo modo gli acini diraspati e ripuliti dai residui vegetali vengono raccolti nei due appositi cassoni, mentre i raspi e l'altro materiale di scarto vengono eliminati posteriormente alla macchina, direttamente a terra, attraverso la fine del sistema di nastri trasportatori.

Al momento della raccolta sulla vendemmiatrice, con le opportune dotazioni di sicurezza, sono stati prelevati manualmente i campioni di uva per ogni campata dei filari prescelti all'uscita degli elevatori a panieri. Si è tenuto conto del ritardo fra il punto di raccolta e quello di scarico che è pari a 3 metri (lunghezza della catenaria «a panieri»). I dati operativi sono riportati nella tabella 4.

I campioni sono stati immediatamente analizzati nel laboratorio aziendale con ammostamento e successive analisi di pH, acidità totale e grado zuccherino.

Tutte le fasi di raccolta sono state mo-



Sulla vendemmiatrice è stato montato il sistema Leica Geosystem machine automation DGPS 1200 cui è applicabile e già ampiamente sperimentato il sistema di controllo Georog e MicroDozer MicroFin.

Quest'ultimo dispositivo può caricare mappe vettoriali georeferenziate analizzando diversi parametri e permettendo di controllare dispositivi attuatori con uscita sia seriale sia ISOBus (sistema di comunicazione dei dati secondo standard ISO trasmessi per via seriale su un

TABELLA 4 - I dati operativi				
Velocità di avanzamento (km/ora) (*)	1,2			
Frequenza (oscillazioni/min.)	395			
Velocità di rotazione degli aspiratori (giri/min.)	1.700-1.800			
Velocità di rotazione dei diraspatori (giri/min.)	260			
Velocità dei tappeti fenestrati dei dirasparatori (giri/min.)	65			

(\*) Normalmente la vendemmiatrice opera a velocità superiori a 3 km/ora ma è stata tenuta al minimo per permettere agli operatori a bordo di prelevare i campioni di uva raccolta da ogni campata (5 viti tra palo e palo).

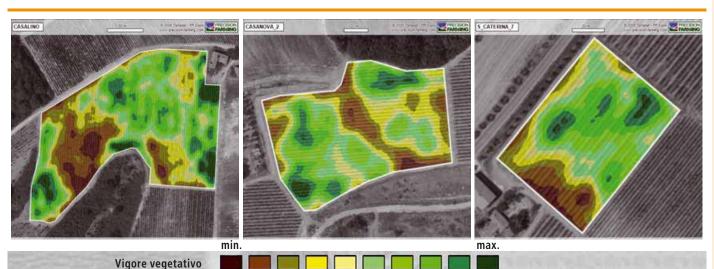


FIGURA 4 - I tre vigneti della sperimentazione visti nelle map georeferenziate di vigore vegetativo

Le mappe dell'indice di vegetazione evidenziano le aree omogenee per vigore. Molte ricerche, e fra queste quelle condotte su vigneti del Franciacorta, evidenziano, pur nelle differenti tarature necessarie in ogni singolo comprensorio e per tipologie di vigneto, come alla vigoria sia associato in misura inversamente proporzionale il grado zuccherino.

sistema binario Binary unit system). In tal modo è possibile con facilità controllare il sistema di trasporto delle uve per separarle nei due o più cassoni, ad esempio inserendo un tappeto trasversale che prende il prodotto dalle uscite dei trasportatori verticali e che può essere fatto ruotare nei due sensi così da dirigere il prodotto o nella benna di destra o in quella di sinistra, cui saranno assegnate due tipologie di prodotto differente.

I punti GPS sono stati scaricati in AutoCAD e per ogni vigneto è stato possibile tracciare i 3 filari presi in esame (est-nord) ed evidenziare i sensi di marcia della vendemmiatrice.

Si è quindi cercato di correlare i dati raccolti in campo durante la vendemmia con le mappe di vigoria, così come già sperimentato nell'esperienza condotta di Franciacorta. Le mappe dei 3 vigneti presi in esame con la differenziazione in zone omogenee o eterogenee del vigore vegetativo sono state realizzate in collaborazione con Terradat a partire da ortofoto da satellite analizzate nello spettro infrarosso. Sono state create mappe più semplici a cinque classi e mappe più dettagliate a dieci classi (figura 4). Naturalmente le seconde, avendo un alto grado di precisione, consentono interventi più mirati, ma già con le mappe a cinque classi si ha una prima e chiara visualizzazione dell'andamento della vigoria del vigneto. Per una raccolta differenziata sono addirittura sufficienti mappe a due soli livelli.

Per inciso, le mappe dell'indice di vegetazione visualizzano i valori di un indice derivato dall'elaborazione spettrale delle immagini trasmesse a terra dai satelliti americani (NOAA 12,14,15,16,17). Questi satelliti percorrono un'orbita polare intorno alla terra a circa 850 km di quota e osservano un'area pari a 2.400 km di larghezza.

Gli indici di vegetazione sfruttano la differenza di riflettanza della vegetazione nello spettro del visibile (in particolare nel blu e nel rosso) e nel vicino infrarosso e forniscono informazioni sullo stato fenologico della vegetazione e sulla sua densità.

L'indice più diffuso è l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e mette in relazione l'assorbimento spettrale della clorofilla nel rosso con la tipica riflessione nel vicino infrarosso dove è fortemente influenzata dal tipo di struttura fogliare. Il valore è adimensionale e assume valori dell'intervallo (-1 + 1), in genere sono compresi tra (-0.1 e + 0.6). Valori bassi di NDVI si verificano in aree a bassa o assente copertura vegetale o dove la vegetazione è senescente o sofferente, mentre alti valori dell'indice rispecchiano una situazione di forte attività fotosintetica e quindi elevata presenza di biomassa. L'indice NDVI è stato moltiplicato per cento in modo da renderlo confrontabile con il grado zuccherino.

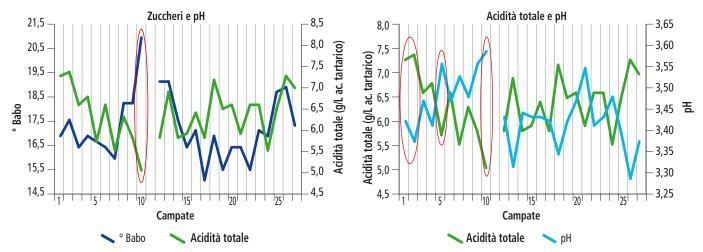
#### Risultati

I dati rilevati e la loro comparazione evidenziano quale potrebbe essere

TABELLA 5 - Esempio di risultati delle analisi sulla campata (5 viti tra palo e palo) (vigneto 2, filare 3)

	Vigneto 2 filare 3						
Campata	pH Ac. tot. (g/L)		°Babo	Quan- tità (kg)			
1	3,58	5,00	17,75	8,90			
2	3,48	6,00	19,75	6,97			
3	3,42	6,20	19,75	3,68			
4	3,46	6,10	20,50	3,48			
5	3,48	5,80	21,50	4,96			
6	3,42	6,30	20,00	6,42			
7	3,19	8,70	19,50	8,20			
8	_	_	_	2,40			
9	3,34	6,80	18,50	7,28			
10	3,45	6,10	19,75	6,45			
11	3,47	6,10	18,25	18,67			
12	3,44	5,80	19,75	6,48			
13	3,38	6,70	18,50	7,40			
14	3,34	6,90	18,25	9,27			
15	3,36	7,20	17,75	10,22			
16	3,44	6,10	18,50	6,43			
17	3,41	6,70	17,75	8,90			
18	3,32	6,90	18,25	9,24			
19	3,37	6,70	19,25	5,52			
20	3,44	6,00	19,50	9,02			
21	3,44	6,10	19,50	6,99			
22	3,51	5,60	21,50	6,05			
23	3,44	5,90	19,25	2,82			
24	3,43	6,20	20,00	6,34			
25	3,50	5,60	18,50	12,52			
26	-	-	-	9,08			

Esiste una grande variabilità, anche lungo lo stesso filare, dei valori rilevati, che evidenzia quanto importante sarebbe raccogliere tenendone conto.



#### GRAFICO 1 - Effetti di una pioggia sui dati rilevati sul vigneto 3 filare 1

Gli strumenti nella viticoltura

di precisione possono costituire

un'opportunità per elevare

il livello dei vini

La pioggia, se pur breve e inferiore a 0,5 mm, ha causato una diluizione degli zuccheri, determinando una riduzione della qualità delle uve e un innalzamento del pH fino a 3,44, valore che espone al rischio di contaminazione di batteri acetici.

il valore di un monitoraggio in continuo sulle vendemmiatrici (tabella 5). La grande variabilità di valori di pH, acidità totale e zuccheri presente all'interno dello stesso filare, addirittura

tra campate successive rende ragionevolmente raccomandabile un suo controllo futuro in termini di raccolta differenziata, anche se i dati rilevati, derivanti da

analisi di laboratorio, hanno una precisione superiore rispetto a quelli ottenibili con sensori a bordo della vendemmiatrice.

Tale sistema di analisi georeferenziato in tempo reale permette d'altronde la creazione immediata di mappe tematiche del vigneto e questo, come già detto, è impiegabile direttamente per il controllo della destinazione del prodotto (nelle due benne) o, anche con invio in tempo reale via GPRS o UMTS alla cantina, per prevedere la gestione delle uve raccolte

prima del loro conferimento.

Infatti normalmente il prodotto viene monitorato solo dopo il conferimento con campionamenti a punto fisso con son-

da immersa nel rimorchio e analisi visiva. L'integrazione di questi sistemi di monitoraggio in continuo permetterà di diversificare i raccolti, non più solo in base al vigneto di provenienza, ma in base a una suddivisione dello stesso in zone con caratteristiche vegeto-produttive omogenee.

Le mappe così realizzate consentirebbero, inoltre, di ottenere vantaggi nella gestione delle pratiche agronomiche, ad esempio dosando differentemente la concimazione nei diversi punti dell'appezzamento.

Un caso particolarmente significativo rilevato durante le prove si è avuto in concomitanza di un brevissimo evento di pioggia della durata di pochi minuti e intensità inferiore a 0,5 mm, verificatosi durante il campionamento del vigneto V3 filare 1 (grafico 1).

Questo evento, anche se lieve e di breve durata, ha influito sulle caratteristiche qualitative delle uve, causando:

• una diluizione degli zuccheri. Su 20 campioni 7 si trovano sotto 18,5° Babo, con una media per il filare di 17,4° Babo (rispettivamente 11,10% vol. e 10,44% vol. medio). Tale grado alcolico non si

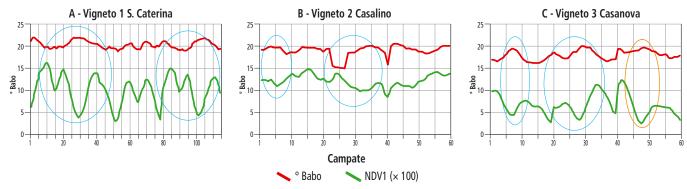
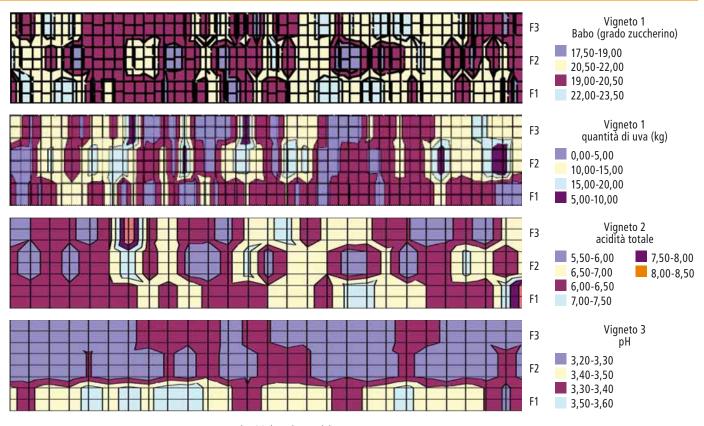


GRAFICO 2 A, B e C - Correlazioni fra indice di vigore vegetativo e grado zuccherino

Si nota una correlazione inversa tra il vigore vegetativo, espresso dall'indice NDVI, e il grado zuccherino, quindi tra il vigore e la qualità dell'uva.





Campate (5 viti da palo a palo)

#### FIGURA 5 - Mappe georeferenziate relative a grado zuccherino, pH e acidità totale

Il monitoraggio in continuo sulla vendemmiatrice potrebbe risolvere, con una raccolta differenziata, il problema della disomogeneità visibile in queste mappe.

presta a una vinificazione «top di gamma» a meno di una correzione del grado zuccherino;

• valori di pH abbastanza elevati. La media dei valori di pH che caratterizzano il raccolto del filare F1 si attesta su 3,44. Tale valore in letteratura viene considerato un «confine» oltre il quale si passa da una ottimale stabilità dei vini a una zona di rischio da contaminazioni. Ribereau-Gayon afferma in merito ai rischi di contaminazione di batteri acetici: «L'acidità svolge egualmente (in riferimento alla temperatura) un ruolo giacché lo spunto è praticamente impossibile a pH 3,0 e diviene agevole a pH 3,4».

Si può presumere che con queste caratteristiche le uve raccolte meccanicamente, pur provenendo da un vigneto solitamente destinato a produzioni di alta qualità, non dovrebbero essere inserite in una vinificazione per vini di alta gamma.

Le mappe georeferenziate illustrano i valori di peso, grado zuccherino, pH e acidità totale (figura 5) nei diversi vigneti. Le correlazioni fra l'indice di vigore vegetativo, derivante dalle analisi NDVI delle immagini da satellite, e il grado zuccherino (*grafico 2a*, *b* e *c*) evidenziano come in alcuni punti si abbia una chiara correlazione inversa fra i due parametri.

Ciò conferma nel territorio del Chianti senese quanto già verificato nel comprensorio del Franciacorta.

#### Conclusioni

L'esperienza riportata mostra quale importanza potrebbe assumere il monitoraggio puntuale delle caratteristiche delle uve che vengono raccolte installando a bordo della vendemmiatrice, unitamente al sistema avanzato di controllo GPS. sensori di misura in continuo.

Questo è tanto più importante quanto più il settore vitivinicolo italiano deve distinguersi per qualità e certificabilità dei suoi vini.

Gli strumenti della viticoltura di precisione, così come illustrato in questo nostro lavoro, possono costituire una op-

portunità non trascurabile nel superare importanti problemi legati al mantenimento del valore della produzione italiana di vino.

Ulteriori sviluppi sono d'altronde già disponibili e prevedibili: la ricerca sta mettendo a punto molti apparati dotati di sensori capaci di leggere e interpretare caratteristiche sempre più particolari.

#### Alberto Miglioli Marco Vieri

Dipartimento di ingegneria agraria e forestale Università degli studi di Firenze marco.vieri@unifi.it

Un ringraziamento è rivolto a Carlo Viviani per le preziose osservazioni, a tutte le imprese già citate che hanno reso possibile questa ricerca propedeutica e ai nostri collaboratori: Pierpaolo Pagni, Simone Nencioni, Lorenzo Mengoni, Luca Iozzi.



Per consultare la bibliografia e gli approfondimenti: www.informatoreagrario.it/rdLia/ 08ia27\_3575\_web

# L'INFORMATORE AGRARIO

# Vendemmiatrici di precisione per produrre vino di qualità

#### **BIBLIOGRAFIA**

Bastida R., Barriero P., Valero C. (2005) - On - Board Sensors For Vine Harvesters. VI CIGR World congress. Bonn 2005.

Best S., Leon K., Claret M. (2005) - Use of precision viticulture tools to optimize the harvest of high quality grapes. In «Proceedings of the Fruits and Nuts and Vegetable Production Engineering» TIC (Frutic05) Conference, Montpellier: 249-258.

Brancadoro L., Dosso P., Faccincani M., Scienza A., Serina F. (2006) - Viticoltura di precisione assistita da satellite in franciacorta. VQ. marzo: 22-33.

Castagnoli A., Dosso P. (2002) - Servizi ad alta tecnologia per la viticoltura di precisione. L'Informatore Agrario, Supplemento al n. 13: 57-62.

Colelli G., Guidetti R. (2007) - Innovazione tecnologica nella gestione della fase postraccolta dei prodotti ortofrutticoli. Convegno Nazionale III, V e VI Sezione AIIA, Pisa e Volterra 5-7 settembre «Tecnologie innovative nelle filiere: orticola, vitivinicola e olivicola-olearia».

Dosso P., Spezia G., (2006) - Viticoltura

di precisione grande risorsa per il futuro. L'Informatore Agrario, 24: 58-63.

Guidetti R. (2007) - Tecnologia VIS-NIR per la determinazione delle sostanze nutraceutiche della frutta. Convegno «L'enell'ingegneria agraria, forestale e dell'industria agroalimentare». AIIA: Firenze, 25-26 ottobre.

Mazzetto F. (2006) - La centralità dei sistemi informativi aziendali tra management informatizzato e agricoltura di precisione. Atti Accademia dei Georgofili.

**Sartori L., Rota M. (2006)** - *Utilizzo della tecnologia GPS nell'impianto del vigneto*. L'Informatore Agrario, 7: 60-62.

Tisseyre B., Ojeda H., Taylor J. (2007) - New technologies and methodologies for site-specific viticulture. J. Int. Sci. Vigne Vin: 41 (2): 63-76.

Spezia G. (2000) - L'elettronica dà una mano nella vendemmia meccanizzata. Agricoltura, 11: 46.

**Spezia G. (2006)** - *Viticoltura di precisione: ritorno al passato?* VQ 2: 15-18.

Vieri M. (2003) - L'evoluzione tecnica e

tecnologica nella moderna viticoltura imprenditoriale. Accademia dei georgofili, Firenze 21 ottobre.

Vieri M., Parenti A. (2006) - Vendemmia meccanica sempre più precisa e pulita. L'Informatore Agrario, 19: 36-43.

Vieri M., Pergher G. (2007) - Progressi della ricerca nella ingegneria delle produzioni viticole. Convegno Nazionale III, V e VI Sezione AIIA, Pisa e Volterra 5-7 settembre «Tecnologie innovative nelle filiere: orticola, vitivinicola e olivicolaolearia».

Vieri M. (2007) - Dispositivi e procedure nella «viticoltura di precisione» ai fini della tracciabilità di prodotto e della ecocompatibilità di processo. Convegno «L'e- nell'ingegneria agraria, forestale e dell'industria agroalimentare». AIIA 2007: Firenze, 25-26 ottobre.

Vercesi A., Spezia G., Fregoni M. (2002) - Viticoltura di precisione per le zone viticole e il vigneto. L'Informatore Agrario, Supplemento al n. 13: 31-34.

F. Zerbinati, G. Armentano (2005) - L'agricoltura di precisione da vedere a da capire. L'Informatore Agrario, Supplemento al n. 27: 5.

# Analisi di immagine per la valutazione qualitativa delle uve

Le mutate esigenze dei consumatori richiedono prodotti non solo impeccabili esteriormente, ma anche con requisiti superiori in termini di qualità organolettiche e nutrizionali.

Per rispondere adeguatamente a un mercato in forte evoluzione l'interesse si è spostato verso strumenti in grado di aiutare gli operatori sia nella valutazione oggettiva durante il processo di maturazione in campo sia nella definizione dei singoli frutti al fine di selezionare partite con proprietà qualitative differenti.

Prima specifica richiesta di tali dispositivi è, ovviamente, la possibilità di stimare le caratteristiche dei singoli frutti.

I sistemi, oggetto sia di ricerche sia di applicazioni già commerciali, sono basati su tecniche ottiche, eseguendo sia analisi di intere immagini sia misure puntuali (Guidetti et al., 2007).

#### Analisi delle immagini

L'analisi dell'immagine impiega come strumentazione di base telecamere che permettono di individuare caratteristiche presenti a livello superficiale del frutto; inoltre, con l'impiego di particolari filtri posti davanti all'obiettivo, consentono di spingere l'analisi anche in zone del non visibile arrivando a cogliere caratteristi-

che dei prodotti non sempre individuabili dagli operatori in una fase di selezione manuale.

Numerosi studi hanno evidenziato la possibilità di classificare i frutti in base al colore con sistemi computerizzati di analisi ed elaborazione dati.

Particolare sviluppo negli ultimi anni hanno avuto le ricerche sulla riflettanza nel campo del visibile e del vicino infrarosso (Nir) di diversi tipi di frutto.

Utilizzando telecamere dotate di dispositivi multispettrali numerosi lavori hanno mostrato l'interesse di tale tecnica per l'individuazione di frutti con difetti superficiali o con danni meccanici e patologici.

Una tecnica che sembra promettere interessanti risultati è quella basata sulle immagini provenienti dalla risonanza magnetica nucleare (Nmr) identificando cambiamenti strutturali in relazione allo stato di maturazione dei frutti.

Il principio su cui si basa questa tecnologia è l'assorbimento dell'energia radiante da parte della materia.

#### TABELLA A - Suddivisione delle onde elettromagnetiche che costituiscono la luce

Regione spettrale	Lunghezza d'onda
Raggi gamma	< 1 pm (picometri)
Raggi X	1-100 nm
Ultravioletto	100-400 nm
Visibile	400-700 nm
Infrarosso	700 nm-1.000 μm
Microonde	0,1 mm-30 cm
Radioonde	> 30 cm



Lettore di infrarossi portatile

Lo stesso principio sta alla base anche del funzionamento degli spettroscopi di laboratorio che valutano la misura degli spettri a seguito dell'interazione della luce con il campione.

Le onde elettromagnetiche che costituiscono la luce sono suddivise in base alle grandezze riportate nella tabella A.

Il Nir (Near infra red) è la prima zona dell'infrarosso (700-1.000 µm circa).

A livello commerciale sono presenti diversi sistemi di lettori degli infrarossi che si caratterizzano per ambiti di impiego specifici: portatili per l'impiego in campo (foto), fissi per delle fasi di lavorazione e trasportabili nella fase di conferimento. Attualmente tali tecnologie valutano il contenuto di solidi solubili, durezza, acidità, livello di maturazione attraverso il contenuto di clorofilla (analisi di fluorescenza) e prossimamente anche il contenuto di sostanze nutraceutiche.

Questa tecnologia se opportunatamente tarata e ottimizzata è in grado di eseguire misure corrette.

In futuro è previsto un miglioramento della precisione dello strumento quindi il dato sarà misurato e non più stimato.

Le analisi puntuali permettono di caratterizzare il prodotto in maniera locale fornendo dei dati più precisi e spesso non

limitati ai primi strati dell'epidermide, ma in grado anche di coinvolgere la polpa del frutto con le informazioni che fornisce.

L'informazione spettrale costituisce senza ombra di dubbio una delle fonti principali per la caratterizzazione organolettica e nutraceutica dei prodotti. La spettrometria nel vicino infrarosso, infatti, sfrutta le rifessioni della luce incidente da parte anche degli strati di polpa sottostanti la superficie.

Poiché le molecole degli strati superficiali della polpa, in funzione della loro natura, condizionano l'assorbimento e la riflessione dell'energia luminosa in maniera variabile alle diverse lunghezze d'onda, tramite l'analisi spettrometrica della luce riflessa ad intervalli di lunghezza d'onda di 2-3 nm è possibile determinare la composizione interna del frutto e quindi classificare il prodotto in base alle caratteristiche organolettiche.

Alcuni studi in Italia hanno dimostrato, nel caso dell'uva, che questa tecnica è adeguata per seguire le prime fasi della maturazione tecnologica e nella maggior parte dei casi è stato individuato il picco di maturità fenolica (Guidetti et al., 2007).