



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI
E AMBIENTE

DIPARTIMENTO TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI

Corso di laurea magistrale in Scienze e tecnologie agrarie

Considerazioni tecniche ed economiche sulla possibilità di segregazione in raccolta del frumento duro in base al contenuto proteico

Relatore

Prof. Luigi Sartori

Correlatore

Dott. Franco Gasparini

Laureando

Donato Cillis

Matricola n.

1057636

ANNO ACCADEMICO 2013/2014

Sommario

1. RIASSUNTO	1
2. ABSTRACT	3
3. INTRODUZIONE	5
3.1 La variabilità	6
3.2 La variabilità nel contenuto di proteine	8
3.3 La raccolta selettiva	9
3.4 La raccolta selettiva e gli indici di vegetazione	16
4. OBIETTIVI	19
5. MATERIALI E METODI	21
5.1 Descrizione e organizzazione della prova.	21
5.2 Operazioni colturali	23
5.3 Rilievi alla raccolta	25
5.4 Elaborazione statistica e geostatistica dei risultati	26
5.5 Metodologia per il calcolo economico	27
5.5.1 Le spese fondamentali annue	28
5.5.2 Le spese orarie di utilizzazione	30
5.6 Modalità di raccolta selettiva	33
5.6.1 Raccolta selettiva in base alle zone omogenee.	34
5.6.2 Raccolta selettiva longitudinale.	36
5.6.3 Raccolta selettiva trasversale	37
5.6.4 Raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale	38
5.6.5 Raccolta selettiva automatica con cassone separato trasversale	40
5.6.6 Raccolta selettiva automatica con cassone separato mediante l'ausilio del test strip ..	41
5.6.7 Raccolta selettiva con cassone separato ottimizzata	42
6. RISULTATI	45
6.1 Annata 2010/2011	45
6.1.1 Raccolta selettiva basata su zone omogenee	46
6.1.2 Raccolta selettiva longitudinale	47
6.1.3 Raccolta selettiva trasversale	49
6.1.4 Raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale	50
6.1.5 Raccolta selettiva automatica con cassone separato trasversale	52
6.1.6 Raccolta selettiva automatica con cassone separato mediante l'ausilio del test strip ..	53

6.1.7 Raccolta selettiva con cassone separato ottimizzata.....	54
6.2 Annata 2011/2012	55
6.2.1 Raccolta selettiva basata su zone omogenee	55
6.2.2 Raccolta selettiva longitudinale.....	57
6.2.3 Raccolta selettiva trasversale.....	58
6.2.4 Raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale.....	59
6.2.5 Raccolta selettiva automatica con cassone separato trasversale.....	60
6.2.6 Raccolta selettiva automatica con cassone separato mediante l'ausilio del test strip ..	61
6.2.7 Raccolta selettiva con cassone separato ottimizzata.....	61
7. CONCLUSIONI.....	63
8. PROPOSTA DI PROTOTIPO PER LA RACCOLTA SELETTIVA AUTOMATIZZATA E OTTIMIZZATA	67
9. BIBLIOGRAFIA.....	73

1. RIASSUNTO

Negli ultimi anni si è assistito ad un cambiamento del concetto di agricoltura, sia per quanto riguarda l'assegnazione degli incentivi e degli aiuti comunitari sia per quello che riguarda gli aspetti produttivi. Infatti con l'entrata in vigore di alcune misure che prevedono il disaccoppiamento del pagamento unico della PAC si è verificato un distacco totale tra contributi e terreno visto che questi vengono elargiti sulla base dei titoli di possesso. Oggi l'unico modo per integrare il reddito di una azienda è quello di attenersi a determinati protocolli o tecniche di produzione, le quali estendono i loro obiettivi non più solo alla quantità ma anche alla qualità attraverso una produzione sostenibile e nel rispetto dell'ambiente. Per poter gestire al meglio queste esigenze si è riscontrata la necessità di sviluppare nuove tecnologie e soprattutto nell'ambito agricolo è proprio l'*agricoltura di precisione* che riveste un ruolo importante. Essa si basa su molte applicazioni differenti ma tutte mirate a controllare la variabilità spaziale e temporale di un campo. Una delle possibilità che essa offre, che rappresenta un fattore importante per ottenere alte prestazioni quantitative e qualitative sempre nel rispetto dell'ambiente, è la distribuzione variabile del concime. La concimazione a dose variabile è una pratica di agricoltura di precisione che si fonda sulla gestione della variabilità spaziale e assicura alle diverse zone la giusta dose di concime, decisa sulla base di mappe di prescrizione, costruite a priori a partire da mappe di fertilità del suolo, mappe di resa e di contenuto proteico della granella, oppure si affida ai sensori montati *on the go* sulla macchina o sulla trattrice, in grado di leggere in tempo reale lo status nutrizionale della coltura. E' questo il caso dei sensori NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) che lavorano misurando la riflessione della luce visibile ed infrarossa da parte della coltura. Di grande interesse risulta l'applicazione di questa tecnologia nella produzione dei cereali, in particolar modo del frumento duro, le cui prestazioni quantitative e qualitative dipendono molto dalla gestione dell'apporto di azoto. Le richieste del mercato richiedono un prodotto sempre più di qualità, pertanto l'industria pastaria garantisce un premio sul prezzo al frumento che presenta un contenuto in proteine superiore alla soglia stabilita. Questo rappresenta una grossa opportunità di incremento del reddito delle aziende che producono frumento duro, ma affinché l'incremento di reddito sia attribuito agli agricoltori il prodotto di qualità deve essere selezionato in azienda. Il modo migliore e più remunerativo per differenziare il prodotto di qualità è la raccolta selettiva del frumento direttamente in campo, dove si può gestire al meglio la variabilità spaziale presente. La caratteristica qualitativa più importante per il

frumento duro è il contenuto in proteine, pertanto sono state messe appunto tecnologie in grado di misurare la % di proteina di un quantitativo di frumento direttamente alla raccolta. Come per l'agricoltura di precisione anche la raccolta selettiva del frumento può essere eseguita attraverso l'analisi delle mappe di prescrizione o con l'utilizzo di sensori. La prova è stata sviluppata per due anni a Mira (Ve), su un appezzamento di 13,46 ha, di cui erano note le principali caratteristiche chimico-fisiche del suolo. Il grano duro, varietà Biensur, ha subito le normali pratiche colturali, con eccezione delle concimazioni: in questo caso l'appezzamento è stato suddiviso in tre aree omogenee, in base alla fertilità del suolo. Esse hanno subito trattamenti differenziali per quanto riguarda l'applicazione di concime azotato: le dosi distribuite sono state inversamente proporzionali alla fertilità dell'area: 200 kg/ha di N per la zona omogenea a bassa fertilità, 160 kg/ha di N per quella intermedia, e 130 kg/ha di N per quella ad alta. In aggiunta, in fioritura, ogni zona omogenea è stata ulteriormente suddivisa in altre due sotto zone, di cui una ha ricevuto 15 kg/ha di N per via fogliare mentre l'altra è servita come paragone dato che la coltura non è stata concimata. Alla raccolta sono stati rilevati la resa e il contenuto proteico delle cariossidi tramite i sensori installati sulla mietitrebbia. Le informazioni spaziali sono state estese a tutta la superficie dell'appezzamento grazie alla tecnica del Kriging al fine di ottenere le relative mappature. Sulla base di questi dati è stata fatta un'analisi tecnica ed economica, per entrambi gli anni di sperimentazione con lo scopo di dimostrare che la raccolta selettiva del frumento sia più conveniente di quella convenzionale e stabilire quale modalità di raccolta selettiva sia la più efficiente. I sei scenari incontrati in letteratura sono stati applicati nell'area di studio e relazionati alla raccolta tradizionale in modo da individuare la tecnica con i più alti ricavi lordi. L'analisi procede con il calcolo dei costi di raccolta per ogni scenario in modo da poter calcolare il reddito operativo che è nuovamente relazionato alla raccolta classica. Una volta individuati i punti di forza e di debolezza per ogni tipologia di raccolta è stato proposto un metodo di raccolta selettiva ottimizzato in grado di avere il maggior quantitativo di frumento ad alto contenuto proteico e quindi con la possibilità di recepire il premio qualità. I risultati delle analisi dimostrano che le tipologie di raccolta che prevedono l'utilizzo delle mappe di prescrizione sono più remunerative rispetto alla raccolta tradizionale, al contrario gli scenari di raccolta selettiva basata su sensori risultano meno efficienti. Inoltre l'ottimizzazione apportata al metodo di raccolta presentato in questo lavoro si dimostra il più immediato dal punto di vista logistico ed applicativo nonché economicamente più conveniente rispetto al metodo di raccolta convenzionale e agli altri scenari analizzati.

2. ABSTRACT

A change in the concept of agriculture occurred in the last few years, both as regards the allocation of EU aid and incentives and for what concerns the aspects of production. In fact, with the entry into force of certain measures providing for the decoupling of the CAP single payment, there is a total separation between contributions and soil, as these are bestowed on the basis of evidence of possession. Nowadays, the only way to complete the income of a company is to follow certain protocols or production techniques, which extend their aims not only to the quantity but also to the quality through a sustainable production. In order to better manage these demands, it was necessary to develop new technologies and especially in agriculture, the precision agriculture plays an important role. It is based on many different application but all of them aimed at controlling the spatial and temporal variability of a field. One of the possibilities that it offers, which represent an important factor to achieve high quantitative and qualitative performance always in regard to environment, is the variable distribution of the fertilizer. The variable fertilization is a practice of precision agriculture that is based on the management of spatial variability and ensures the right amount of fertilizer in different areas, settled on prescription maps which are made a priori from maps of soil fertility, maps of yield and protein content of the grains or relies on sensors assembled on the go on the machine or on the tractor, which is able to interpret in real-time the nutritional status of the crop. This is the case of the sensors NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) that work by measuring the reflection of visible light and infrared from the culture. Very interesting is the application of this technology in the production of cereals, particularly durum wheat, whose quantitative and qualitative performance are highly dependent on the management of nitrogen. Market demands require a more quality product, therefore the pasta industry guarantees a reward for quality to the wheat which has a protein content higher than the stability threshold. This represents a great opportunity to increase the income of the companies that produce durum wheat, but in order that the increased income is attributed to farmers, the product should be selected in the company. The best and more profitable way to diversify the quality product is the selective harvesting of wheat directly in the field, where it is easier to manage the current spatial variability. The most important qualitative feature for durum wheat is the protein content, therefore new technologies have been developed that are able to measure the percentage of protein in an amount of wheat directly to the harvest.

As for precision agriculture also selective harvest of wheat can be done through the analysis of prescription maps or with the use of sensors. The test was developed for two years in Mira

(Ve), on a plot of 13,46 ha, of which the main features physical- chemical of the soil were known. The durum wheat, Biensur type, has undergone the normal cultivation practices, with the exception of fertilization: in this case the plot was divided in three homogeneous areas, according to the fertility of the soil. They have undergone different processes with regard to the application of nitrogen fertilizer: the doses have been distributed inversely proportional to the fertility of the area: 200kg/ha of N for the homogeneous area with low fertility; 160 kg/ha of N for the intermediate area and 130 kg/ha of N for the area with high fertility. In addition, during the bloom, each homogeneous area was further divided in other two sub-areas, one of them received 15 kg/ha of N by leaf while the other one served as comparison because the soil was not fertilized. At the harvest, the yield and the protein content of the caryopses was recorded through the sensor assembled on the combine harvester. Spatial information have been extended to the entire surface of the plot thanks to the Kriging technique in order to obtain the related mappings. On these data, a technical and economic analysis has done, for both years of experimentation, with the aim to demonstrate that the selective harvest of the wheat is more convenient than the conventional one and determine which way of selective harvest is the most efficient.

The six scenarios found in the literature have been employed in the study area and related to the traditional collection in order to determine the technique with highest gross incomes. The analysis continues with the evaluation of the costs of collection for each scenario in order to calculate the operating income which is related with the classical harvest. When we have identified the strengths and weaknesses for each type of collection, a new method of selective harvest optimized has been proposed; it is able to have the largest quantity of wheat with high protein content and thus with the possibility to obtain the premium quality.

The results of analysis illustrate that the types of collection involving the use of prescription maps are more profitable than the traditional harvest, on the contrary the scenarios of selective harvest based on the sensors are less efficient. Besides, the optimization on the method of collection shown in this paper, proves to be the most immediate in terms of logistics and application as well as economically more convenient than the conventional method of collection and the other considered scenarios.

3. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni il concetto di agricoltura è cambiato sempre di più, oltre ad occuparsi degli aspetti produttivi, infatti, si è occupata anche di capire le caratteristiche qualitative dei prodotti, rispettando l'ambiente e la salvaguardia del territorio. Affinché questa nuova visione di agricoltura venga recepita è necessario che vengano considerati gli stimoli adatti e che ci sia una collaborazione a tutti i livelli della filiera (dal produttore al consumatore). L'idea di questa nuova versione dell'agricoltura è uno degli obiettivi della nuova PAC, la quale con una serie di direttive e regolamenti stimola i soggetti del settore a considerare i nuovi obiettivi. Questo lavoro di tesi si propone di analizzare maggiormente gli aspetti qualitativi delle produzioni cerealicole, in particolare del frumento duro, tenendo sempre presente il rispetto dell'ambiente. Tra gli aspetti qualitativi più significativi che caratterizzano il frumento troviamo: peso specifico, umidità, impurità e contenuto in proteine. Queste caratteristiche si traducono in un bonus sul prezzo del prodotto che rispetta determinati standard, e che quindi diventa uno stimolo per gli agricoltori i quali considerano questo come un aumento del proprio reddito.

Il *contenuto proteico* è il carattere qualitativo più importante al quale viene associato un premio in base agli standard richiesti. Ad esempio negli Stati Uniti i birrifici pagano un bonus per l'orzo con un contenuto proteico $<12\%$, per il frumento tenero i mugnai offrono un bonus per un prodotto che ha un valore in proteine inferiore al $9,5\%$, mentre per il frumento duro la soglia da superare per ricevere il bonus è maggiore del 14% (Long et al. 2013). Questo accade anche in altri paesi produttori ed esportatori come l'Australia (Tozer et al. 2007). In Italia, data la tradizionale cultura della pasta, associata alla produzione di grano duro colloca la filiera cerealicola - pastaria tra le più importanti del settore agroalimentare. A causa del considerevole consumo nazionale e delle esportazioni, la produzione interna di frumento riesce a garantire solo il 50% della produzione di pasta, inoltre anche la qualità del frumento intesa come contenuto proteico (circa 12%) non è sufficiente per la produzione di pasta che possiede gli standard qualitativi richiesti dal mercato. Per rimediare a tale carenza in termini di quantità e qualità e preparare miscele conformi alle richieste del mercato pastario, le partite importate devono essere necessariamente caratterizzate da livelli proteici molto elevati, come quelli raggiunti dal frumento duro del Canada (circa il 15%) e quello degli Stati Uniti e Australia (circa il 16%) (Nardone et al. 2009). Data l'importanza di questa filiera e per ovviare ai problemi inerenti al reperimento di un prodotto di qualità, negli ultimi anni si sono sviluppate diverse iniziative in merito ai contratti di filiera.

Con questi contratti l'intera filiera potrà usufruire di benefici, infatti al produttore viene garantito un prezzo minimo che potrà ampliare con i premi di qualità e quindi di diminuire i rischi di prezzo, per le strutture di stoccaggio i benefici si esprimono in chiave logistica, mentre per l'industria i vantaggi derivano dall'abbattimento dei costi di trasporto ed il regolare reperimento di materia prima nazionale di qualità.

Alla luce di queste considerazioni produrre un bene con determinati standard qualitativi vuol dire avere una maggiore richiesta dal mercato e quindi un incremento del reddito per gli agricoltori. Infatti la produzione di un bene di qualità e il rispetto di alcuni protocolli sono gli unici modi per aumentare il reddito di un'azienda, dati gli interventi di revisione della PAC e del disaccoppiamento degli aiuti comunitari. Dunque gli agricoltori sono interessati a produrre frumento con un alto contenuto in proteine in modo da integrare il loro reddito attraverso i bonus. Per raggiungere i massimi livelli produttivi e qualitativi, e quindi aumentare l'efficienza delle proprie aziende, gli agricoltori possono affidarsi al contributo che viene fornito grazie ai nuovi principi forniti da nuove tecniche di agricoltura di precisione. Infatti le tradizionali tecniche di applicazione degli input e i convenzionali sistemi di raccolta non garantiscono la massima efficienza produttiva e qualitativa di un campo.

3.1 La variabilità

Questa carenza è dovuta al fatto che i vecchi sistemi non considerano la variabilità spaziale e temporale presente in un campo trattandolo uniformemente. La variabilità spaziale dipende dalle diverse caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo presenti in un campo, invece la variabilità temporale è influenzata dall'andamento climatico di ogni singolo ciclo colturale (Diacono et al. 2012). Questa variabilità può influenzare lo sviluppo della coltura e di conseguenza la resa e la qualità. Lo studio delle dimensioni e della variabilità può portare alla decisione di una gestione sito-specifica del campo, che oltre ad aumentarne l'efficienza contribuisca a proteggere l'ambiente riducendo il rischio di inquinamento da input chimici applicati in dose maggiore da quella ottimale (Basso et al. 2009, 2011). Ricerche condotte negli ultimi anni dimostrano che l'analisi combinata tra caratteristiche del suolo e i parametri colturali di crescita può essere efficace per delineare zone a diverso potenziale produttivo (Fleming et al. 2004). L'individuazione delle zone a diverso potenziale produttivo è resa possibile grazie alla modellizzazione della variabilità, che è uno dei capisaldi dell'agricoltura di precisione. Le diverse zone individuate in un campo sono dette *zone omogenee* perché

presentano lo stesso potenziale produttivo e quindi punti appartenenti alla stessa zona possono essere gestiti allo stesso modo ad esempio per quanto riguarda l'applicazione di concimi. L'apporto di concime al terreno, soprattutto quello azotato, è un aspetto fondamentale per ottenere un'alta resa e una buona qualità. Diversi studi affermano che esiste una relazione diretta tra l'apporto di azoto e la resa in frumento, che però va a discapito del contenuto in proteine (Noaman et al. 1990). In aggiunta è constatato che la gestione dei campi da parte degli agricoltori si concentrava sulla massimizzazione della resa a discapito del contenuto in proteine (Verrel and O'Brien 1996). Questa concezione inizia a perdere di consenso e di convenienza nel momento in cui vengono introdotti i premi sul frumento ad alto contenuto proteico. La tecnologia dell'agricoltura di precisione, è in grado di gestire la variabilità spaziale di un campo e di applicare la giusta dose di concimi azotati per garantire alte rese con elevati contenuti proteici.

La variabilità spaziale può essere gestita in due modi:

1) **Mappe di prescrizione:** una volta individuate le zone omogenee nel campo, queste vengono trattate in modo diverso in base alle loro caratteristiche e potenziale produttivo (Andreas Mayer-Aurich et al. 2010). Questo tipo di gestione è applicabile quando le aree omogenee sono abbastanza grandi, quando queste siano distribuite in modo più regolare possibile e che l'effetto della variabilità temporale non sia molto accentuato.

2) **Gestione in tempo reale:** con questo approccio la variabilità viene gestita utilizzando dei sensori capaci di leggere la firma spettrale della coltura (NDVI) ed in base ad essa viene applicata la giusta dose di fertilizzante. Questa tecnologia regola la dose di concime in base allo stato nutrizionale della coltura, quindi la distribuzione è ancora più precisa rispetto alla gestione con mappe di prescrizione, in questo modo si possono dividere le zone omogenee in sub particelle che presentano le stesse caratteristiche.

In questo caso la dose applicata può non essere completamente utilizzata dalla pianta, in quanto si possono presentare dei fattori limitanti che influiscono sul processo di accrescimento. Essi possono presentarsi con entità diverse ogni anno (variabilità temporale), come ad esempio le condizioni climatiche che non sono costanti per tutti gli anni (Bosnyat et al. 2005). Per ovviare a ciò sono stati sviluppati dei modelli previsionali in grado di interpolare sia i fattori che incidono sulla variabilità spaziale e sia i fattori che condizionano la variabilità temporale al fine di ottenere un valore di input ottimale da applicare e anche una eventuale resa. Essi risultano affidabili nelle aree dove sono stati testati e quindi tarati,

pertanto nel momento in cui questi vengono utilizzati in areali con caratteristiche diverse devono essere prontamente tarati per ottenere un risultato attendibile. La difficoltà dell'utilizzo dei modelli previsionali è dovuta proprio al fatto che l'operazione di taratura non è facile da attuare. Grazie al contributo offerto dalla tecnologia dell'agricoltura di precisione gli agricoltori sono in grado di migliorare l'efficienza delle loro aziende attraverso l'applicazione della giusta dose di input senza sprechi o carenze, tutto nel rispetto dell'ambiente. Questa è solo un aspetto dell'aumento del reddito che può eventualmente fornire questa tecnologia.

3.2 La variabilità nel contenuto di proteine

Diversi studi dimostrano che esiste una variabilità spaziale e temporale in termini di contenuto in proteine in un campo (Delin et al. 2005). La concentrazione di proteine nel frumento dipende principalmente dalla disponibilità di azoto e acqua da parte della pianta (Selles et al. 1998). Circa il 17% delle proteine del grano sono composte di azoto, pertanto le proteine diventano un indicatore dell'assorbimento e dell'efficienza di utilizzo di questo nutriente (Grant et al. 1998). L'azoto viene fornito alle piante attraverso l'applicazione di fertilizzanti e la mineralizzazione della sostanza organica del suolo. Il contenuto in proteine di una coltura aumenta dopo che è stata soddisfatta la richiesta di azoto per la resa, pertanto questo comportamento della pianta può essere penalizzante in ambienti carenti di azoto (Grant et al. 1998). Per attenuare questa problematica è stato proposto di svolgere la distribuzione variabile dell'azoto in base alla variabilità presente nel campo in termini di fertilità del terreno e acqua a disposizione della coltura (Algerbo et al. 1999). In ambienti azoto-carenti esiste una correlazione negativa tra resa e contenuto in proteine (Selles et al. 1998). Infatti incrementi di resa in granella comportano una forte riduzione del contenuto in proteine nelle cariossidi a causa di un maggiore contenuto di carboidrati. Con l'aumento della disponibilità di acqua per la coltura è necessaria una maggiore quantità di azoto per aumentare le proteine nel grano (Grant et al. 1998). Studi dimostrano che in ambienti limitati dall'acqua come quelli nell'entroterra del nord-ovest degli Stati Uniti e Montana orientale si osservano cali di resa ma contenuti proteici più elevati a causa della relazione inversa tra rendimento e proteine (Selles et al. 1998). Molto importante è il momento in cui si manifesta lo stress idrico e come questo influisce sul contenuto in proteine, infatti il 60-100 % dell'azoto viene accumulato dalla pianta all'antesi mentre solo il 10-60 % della sostanza secca è accumulato in questo momento.

Invece uno stress idrico a fine stagione aumenta il contenuto in proteine con un conseguente calo della resa (Selles et al. 1998). Anche la temperatura influisce sul contenuto di proteine del grano, infatti condizioni di caldo e secco riducono le riserve idriche, diminuendo in tal modo il rendimento e aumentando le proteine (Selles et al. 1998). La differenza di suoli e le variazioni del paesaggio comportano differenze nella disponibilità di acqua e azoto all'interno del campo e tra i campi separati (Fiez et al. 1994). In Belgio, Reyns et al. (2000) hanno trovato che la proteina nel frumento variava in modo significativo in un campo in due anni consecutivi, fatto dovuto alla variabilità temporale.

3.3 La raccolta selettiva

L'esistenza e l'entità della variabilità del contenuto proteico viene misurata con il NIRs, uno spettrofotometro montato sulla mietitrebbia in grado di misurare in tempo reale e con buona accuratezza peso specifico, umidità e proteine del frumento (Taylor et al. 2006). Pertanto negli ultimi anni si è iniziato ad abbracciare l'idea di raccogliere il frumento in modo selettivo allo scopo di avere una parte del raccolto, sempre se presente, con un contenuto in proteine tanto elevato da poter recepire il bonus qualità, e di conseguenza integrare il reddito. Ovviamente con i metodi di raccolta convenzionali non è possibile differenziare il frumento, e di conseguenza non si può integrare il reddito. In letteratura sono state riscontrate diverse soluzioni riguardo lo stoccaggio differenziato del frumento. Secondo Schlecht et al. (2004) l'azienda agricola rappresenta la soluzione ideale per differenziare il grano in quanto è il primo gradino della filiera. Ingles et al. (2003) ritengono che la separazione deve avvenire negli impianti di stoccaggio dei commercianti. Thylen et al. (2004) hanno utilizzato la tecnologia NIRs per separare il frumento negli impianti di essiccazione, mentre secondo Rosenquist (2002) la selezione sarebbe più efficace sulla mietitrebbia, ma anche quando viene scaricato nei rimorchi, oppure la selezione è possibile negli impianti di stoccaggio dell'azienda stessa.

Questo lavoro di tesi considera la possibilità della raccolta selettiva in campo, in quanto è l'unico modo per integrare il reddito dell'agricoltore. Pertanto, entrando in questa concezione, la tecnologia utilizzata per la gestione della variabilità del campo e l'applicazione ottimale degli input vengono concepiti in funzione della raccolta selettiva. La raccolta selettiva del frumento può essere effettuata in tre modi:

1) Raccolta selettiva basata su sensori: in questo caso non sono necessarie le mappe di produzione, ma basta utilizzare la tecnologia NIRs durante la raccolta per selezionare direttamente nel cassone della mietitrebbia. Secondo Sivaraman et al. (2002) il miglior rendimento (74%) si ottiene differenziando il grano in due frazioni, bassa qualità ed alta qualità, pertanto il cassone della mietitrebbia verrà diviso in due. Il sistema di separazione del grano sulla mietitrebbia è costituito da uno spettrofotometro, un deviatore idraulico-meccanico e un sistema di controllo elettrico. Lo spettrofotometro misura la riflettanza spettrale del flusso di grano e utilizza queste informazioni per determinare il contenuto in proteine. La valvola deviatrice è montata sul cassone della mietitrebbia dove una coclea trasporta il grano in un cassone posteriore o in un cassone anteriore a seconda che il contenuto in proteine del frumento è superiore o inferiore a un certo valore di soglia (Fig. 1).



Figura 1: Modifica del cassone per la raccolta selettiva automatizzata (Long D. S., McCallum J. D., Scharf P. A. 2013. Optical-Mechanical System for On-Combine Segregation of Wheat by Grain Protein Concentration, Agronomy Journal • Volume 105, Issue 6 • 2013)

Il sistema di controllo è costituito di un notebook personal computer (PC), interfaccia di input / output (I/O) e ripetitore. Il PC notebook acquisisce dati dallo spettrofotometro, determina se il contenuto di proteine del grano è superiore o inferiore alla soglia e invia istruzioni alla valvola meccanica tramite l'interfaccia I/O. Il prodotto viene separato nell'elevatore dov'è stato installato il NIRs che legge il contenuto in proteine, e in base al punto di taglio che si è deciso, scarica il frumento in una parte del cassone o nell'altra (D. S. Long et al. 2013). Un vantaggio di questo approccio è che non servono informazioni a priori sulle aree di raccolta.

2) Raccolta selettiva basata su mappe: con questo si raccoglie il prodotto in base alle zone omogenee gestite precedentemente con differenti input in base alle caratteristiche delle diverse zone e al loro potenziale. La prerogativa di questo tipo di raccolta selettiva è che le aree omogenee siano abbastanza grandi e che siano distribuite in modo regolare nel campo. Pertanto questo approccio non sempre risulta economicamente conveniente, e questo è dovuto a quanto sono grandi le zone omogenee, dalla loro distribuzione in campo, dai tempi e i costi da affrontare per raccogliere separatamente ogni zona omogenea, dalla variabilità temporale e dai prezzi di listino del frumento (Tozer, Isbister, 2007).

3) Raccolta selettiva basata su mappe per strisciate: questa alternativa prevede la normale raccolta per strisciate differenziando il prodotto in base al contenuto medio in proteine individuato dal NIRs sulla singola strisciata. In questo modo vengono risolti alcuni problemi logistici legati alla raccolta selettiva per zone omogenee, ma rimane comunque la complicazione di avere due rimorchi in campo dove poter scaricare il prodotto differenziato. Con questo metodo sono indispensabili informazioni a priori in merito alla distribuzione della variabilità delle proteine nel campo in modo da decidere da dove iniziare a raccogliere e in che verso raccogliere al fine di ottenere il maggior quantitativo possibile di frumento differenziato con un alto contenuto in proteine. L'obiettivo della raccolta selettiva del frumento è quello di massimizzare il valore medio di ciascun quintale prodotto. Sivaraman et al (2002) hanno sviluppato un modello di miscelazione e per la differenziazione del grano per studiare l'effetto che i bonus/sconto hanno in diverse situazioni in base al contenuto proteico del frumento. In particolare, se i prezzi del grano sono strettamente convessi ai valori proteici, la raccolta selettiva può essere attuata. Quando i prezzi sono strettamente concavi rispetto ai valori di proteine del grano la differenziazione può non essere conveniente. Una funzione lineare del prezzo viene intesa come una funzione concava. Quando i prezzi sono discontinui, o a gradini come accade nella realtà (Fig. 2), la soluzione è individuata calcolando il risultato di ogni possibile segregazione e quindi identificare il punto in cui le entrate sono massime.

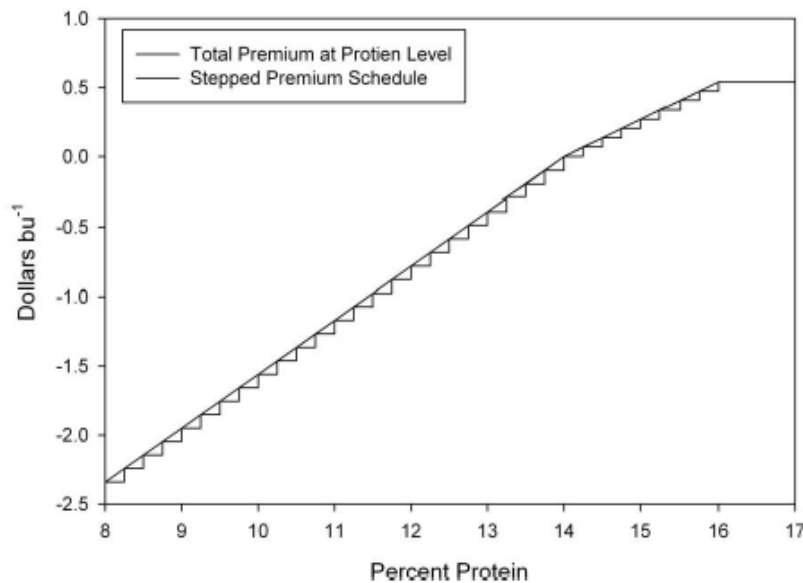


Figura 2: Funzione continua e a gradini del prezzo del frumento in funzione della percentuale proteica

A causa della natura a gradini della funzione del prezzo del grano, la segregazione permette di massimizzare il valore medio di ciascun quintale prodotto indipendentemente dalla concavità o convessità della funzione. La raccolta selettiva del frumento è potenzialmente redditizia grazie al prezzo a gradini, derivante dal diverso contenuto proteico, a cui viene pagato il grano sul mercato. Il possibile ricavo economico è influenzato sia dal valore medio che dalla deviazione standard del contenuto proteico. In questo studio, il ricavo marginale è il ricavo aggiunto derivante dalla quantità di proteina del grano. Massimizzare il ricavo marginale aumenterà il valore totale del frumento commercializzato, e successivamente migliorare il potenziale di crescita della redditività. Conformemente a quanto espresso da Sivaraman et al. (2002) bisognerà individuare uno specifico punto di taglio il quale permette profitti maggiori.

Le figure 3, 4 e 5 illustrano l'effetto del valore proteico medio sui rendimenti teorici della raccolta selettiva. Ciascun grafico contiene un listino prezzi a gradini in cui il valore marginale è relazionato alla concentrazione di proteine. Inoltre, la curva a campana rappresenta il volume relativo di grano ad ogni livello proteico. In questi esempi, il frumento con un contenuto in proteine inferiore al 14% non riceverà nessun bonus o sconto, mentre il grano superiore al 14% di proteine riceve un premio di 7,3 dollari per tonnellata. Il valore della proteina è arrotondato per difetto alla percentuale intera più vicina per determinare quale prezzo riceverà il lotto. Nei casi presi in considerazione, cambierà solo la media della distribuzione della proteina, mentre la deviazione standard rimarrà costante. La Figura 3

mostra un esempio di distribuzione centrata nel mezzo di un gradino del prezzo, che è anche una regione con ricavo marginale costante. Senza segregazione del grano, ogni spedizione per l'acquirente con un contenuto proteico dal 13%, ma che non include il 14%, riceverà un premio di \$ 0,00. Si noti che l'intera distribuzione della proteina ricade in un range in cui il ricavo marginale è costante, poiché nessun volume è inferiore al 13% o superiore al 14% di proteine. In questo caso, non importa come è divisa la distribuzione, è impossibile ottenere una parte di frumento sopra il 14% di proteine, quindi è impossibile massimizzare i ricavi marginali e non esiste nessuna possibilità e convenienza di attuare la raccolta selettiva.

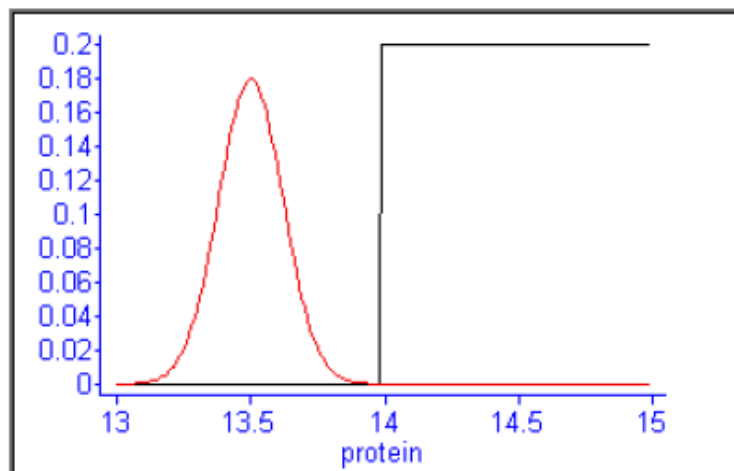


Figura 3: Valore medio di proteina pari al 13.5%

La Figura 4 mostra la stessa funzione di prezzo come in figura 3, ma ora con il volume del grano centrato a poco più del 14% di proteine.

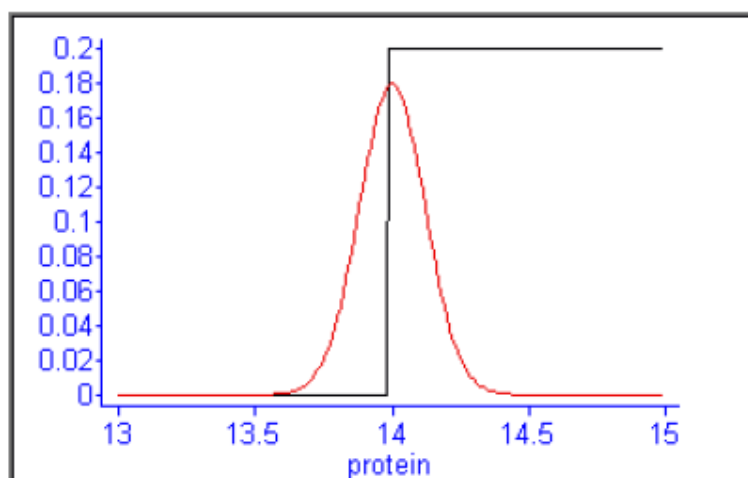


Figura 4: Valore medio di proteina pari al 14%

In questo caso, l'intero raccolto non differenziato riceverà il premio attribuito al 14% di proteine di 0,20 dollari per unità del 14%. Si noti che circa la metà della distribuzione possiede un contenuto proteico inferiore al 14%. Qualsiasi tipo di segregazione avrà come risultato un lotto di grano avente un contenuto proteico medio inferiore al 14%, che ridurrebbe il premio ricevuto di \$ 0,20 per unità a \$ 0.00 per unità, comportando una perdita di 0,20 dollari per unità. Si noti inoltre che non c'è assolutamente alcuna possibilità di separare il frumento in modo da avere una concentrazione di proteina superiore al 15%, la quale comporterebbe maggiori ricavi marginali. In questo caso, differenziare qualsiasi parte di questo raccolto si traduce in una diminuzione dei ricavi marginali del frumento. La figura 5 mostra ancora la stessa funzione dei prezzi di prima, ma ora con una distribuzione della proteina centrata a 13,75%. In questo caso il raccolto non differenziato riceverà un premio di prezzo di 0,00 dollari per unità. Tuttavia una parte del raccolto è superiore a 14%. Pertanto, la parte del raccolto avente un contenuto in proteine superiore al 14% potrebbe essere differenziato rispetto a quello avente minori proteine. In questo caso non c'è il rischio di penalizzare il lotto avente un basso contenuto in proteine con la conseguenza di recepire uno sconto, perché in questa distribuzione nessuna parte del raccolto ha un contenuto di proteine inferiore al 13%, dove si sarebbe verificato il cambio di prezzo. Questo dimostra che il valore proteico medio di un campo rispetto al punto di proteina che permette di recepire un bonus influenza l'idoneità del campo alla raccolta selettiva.

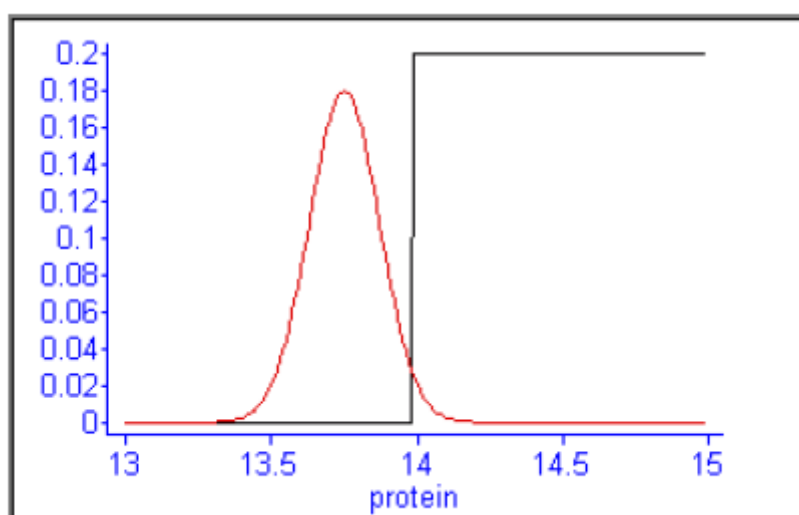


Figura 5: Valore medio di proteina pari al 13.75%

In figura 6 è mostrata una distribuzione utilizzando un valore di taglio al 14 % in modo che il grano avente un contenuto proteico pari o superiore al 14% va differenziato in un lotto, mentre quello avente un contenuto sotto questa percentuale viene tenuto da parte. La forma triangolare blu rappresenta la porzione di grano che sarebbe vantaggioso differenziare in questo caso. Chiaramente, la segregazione a questo punto produce guadagni di ricavo marginale, mentre non vi è alcun rischio di uno sconto sul prezzo sull'altro lotto. In questo caso il valore medio di proteina per il lotto è superiore al 14 %. Pertanto il punto di taglio potrebbe essere spostato a sinistra, verso il 13%, con un conseguente aumento del volume di grano sopra il 14%, aumentando così i ricavi totali. Il risultato ottimale consiste nell'ottenere il più alto volume di frumento con un contenuto proteico maggiore del 14 %.

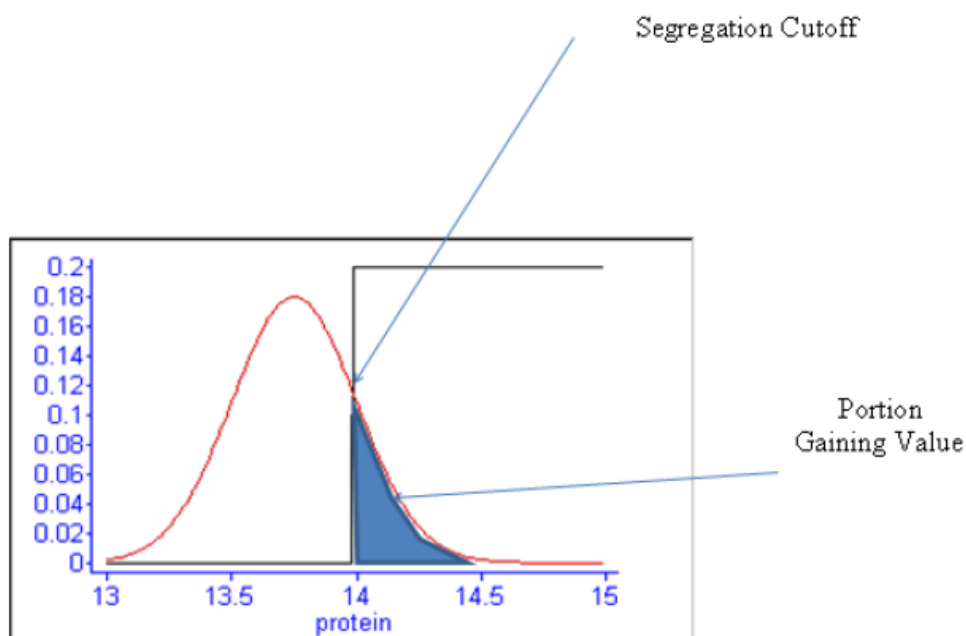


Figura 6: Distribuzione delle proteine con media pari al 13.75%

In sintesi, non vi è alcuna possibilità di differenziare il grano se la distribuzione della proteina è compresa in un range al quale è attribuito un unico prezzo. Quando la media della distribuzione della proteina si avvicina al punto in cui si verifica un salto nel prezzo c'è più possibilità di ricevere un aumento relativo alla parte con un valore di proteina superiore, ma bisogna considerare il rischio di ricevere un prezzo ridotto sulla porzione di raccolto che ha un contenuto in proteine inferiore. Se la media proteica di un raccolto indica un livello di prezzo definito è impossibile compensare la perdita di reddito dovuta al lotto avente un basso

contenuto in proteine con i guadagni percepiti dal lotto con un alto contenuto in proteine. Questi risultati sono per una parte della curva dei prezzi con premi/sconti costanti. Se si verifica una flessione nei prezzi di listino, i risultati cambieranno in base alla forma della flessione, se concava o convessa.

Per trovare il giusto punto di taglio per ricavare i maggiori profitti bisogna prendere in considerazione il contenuto medio di proteine che abbiamo nel campo e a quale percentuale di proteine si percepisce il bonus. A questo proposito un supporto agli agricoltori viene dato da modelli che sulla base di algoritmi riescono a calcolare la media e la deviazione standard del contenuto di proteine presente nel campo e determinare il punto di taglio, interpolandoli con i prezzi di listino del frumento (Martin 2013). Affinché questi modelli possano espletare la loro funzione è necessario raccogliere parte del campo per ottenere media e deviazione standard delle proteine. Ci sono vari metodi per raccogliere questo tipo di dati, il più efficiente si è dimostrato quello di raccogliere delle strisciate nel campo. Diversi studi dimostrano che raccogliendo il 15,9% del campo i risultati di media e deviazione standard non risultano significativamente più precisi rispetto a quelli calcolati su una percentuale di raccolto del 4,4%; pertanto basta raccogliere una piccola percentuale di campo per avere un risultato attendibile (Capalbo 2012).

3.4 La raccolta selettiva e gli indici di vegetazione

Alcuni studi dimostrano che possono essere risolti i problemi legati alla raccolta selettiva del frumento applicando gli input con l'ausilio della tecnologia NDVI, la quale analizzando la riflettanza della coltura è in grado di stabilire lo stato nutrizionale e, attraverso dei sensori, è in grado di calcolare e distribuire la dose ottimale di concime su tutto il campo in tempo reale. Questo si basa sulle proprietà della vegetazione verde in termini del comportamento che questa assume rispetto alle diverse bande delle radiazioni elettromagnetiche. La vegetazione che cresce assorbe la radiazione solare in arrivo nella regione del rosso (da 0,6 a 0,7 μm lunghezze d'onda) per mezzo di pigmenti che assorbono la luce (principalmente clorofilla per la vegetazione verde) (Jacquemoud e Baret, 1990; Buschman e Nagel, 1993). L'elevata riflettanza della vegetazione nella regione del vicino infrarosso (NIR) (0,7-1,3 micron di lunghezza d'onda) è principalmente conseguente a riflettanza interna con poco assorbimento della radiazione da parte delle pareti cellulari idratate presenti nel mesofillo delle foglie (Rees, 2001). Piante con meno clorofilla, a causa della carenza di azoto e/o senescenza, riflettono più

energia nella regione del rosso rispetto alla vegetazione sana e assorbono più nel NIR a causa del danneggiamento o di una struttura cellulare debole. Gran parte della ricerca sul monitoraggio agricolo con il telerilevamento si è concentrata sulla produzione di stime accurate sulla biomassa della pianta (Bedford et al., 1993), indice di area fogliare (Bouman et al., 1992), carenza di nutrienti e di stress idrico (Penuelas et al., 1994) e malattie (Nilsson, 1995). Sebbene la stima della resa in granella attraverso il telerilevamento non è ancora ben sviluppata (Blackmer and White 1998, Zhang et al 1998), questo modello di rendimento è potenzialmente utile per la gestione di campi nell'ambito dell'agricoltura di precisione. Sono stati sviluppati diversi indici di vegetazione utilizzando le informazioni della riflettanza spettrale che forniscono una valutazione quantitativa sulla biomassa verde della vegetazione (Eastman 1999). Questi indici sono stati definiti per diminuire la contaminazione atmosferica, mitigare l'influenza delle firme spettrali o sottolineare alcune caratteristiche della vegetazione (Trishchenko et al. 2002). Numerosi studi hanno esaminato la relazione tra indici di vegetazione e diverse misure della struttura e composizione vegetale della chioma come indice di area fogliare, la concentrazione di clorofilla, la concentrazione di azoto nelle foglie, indice di area verde, sostanza secca totale e la resa in granella (Tucker 1979, Wiegand et al., 1991; Bellairs et al., 1996; Aparicio et al., 2000, 2002; Ma et al., 2001). Tra gli indici di vegetazione basati sulla riflettanza spettrale, l'indice di differenza di vegetazione normalizzato (NDVI) è l'indice più utilizzato per monitorare lo stato della vegetazione nel settore agricolo (Jensen 2000). Data la standardizzazione dell'indice NDVI i valori sono compresi tra -1 e 1, esso ha una buona sensibilità e linearità con i parametri biofisici (Chen e Cihlar 1995; Chen 1996).

I valori negativi generalmente rappresentano nuvole, acqua, e altre superfici non vegetate, mentre valori positivi rappresentano superfici vegetate (Lillesand e Kiefer 1994; Mather 2001). La vegetazione rigogliosa generalmente presenta alti valori NDVI dovuti all'alta riflettanza nel vicino infrarosso e bassa riflettanza nel visibile. Una perdita di crescita e vigore nella coltura può essere rilevato da una diminuzione NDVI. Quindi l'NDVI misura il grado del vigore vegetativo, può essere utilizzato per investigare le condizioni del terreno che influenzano la crescita (Sellers and Schimel 1993). L'applicazione di questa tecnica è in grado di risolvere i problemi legati alla variabilità spaziale di un campo, ma non quella temporale.

Lo sviluppo di nuove tecnologie in grado di gestire la variabilità spaziale e temporale e l'orientamento dei mercati verso l'acquisto di prodotti di qualità hanno portato, negli ultimi anni, ad abbracciare l'idea di immettere sul mercato beni che rispettino determinati standard

qualitativi. Questo comporta, se possibile e necessario, la raccolta selettiva o diverse alternative con lo scopo di aumentare l'efficienza e il reddito delle aziende; questi studi risultano in evoluzione e sono mirati ad individuare la strategia migliore (Meyer-Aurich A. et al. 2008).

4. OBIETTIVI

In Italia la coltivazione del frumento duro (*Triticum durum*) ha una grande importanza in termini economici, sociali ed ambientali; coltivato su una superficie complessiva costituita da più di un milione e duecentomila ettari, interessa il 35% della superficie coltivata a cereali (ISTAT, 2012). Il Canada, nel panorama globale, riveste il ruolo di maggiore produttore, seguito da U.S.A. e Turchia (North Dakota Wheat Commission). A livello Europeo, sia per superficie che per produzione complessiva, il primo posto spetta all'Italia (Eurostat, 2012), ma non per quanto riguarda le rese (Tab.1). Le rese italiane pari a 2,99 t/ha nel 2007 risultano essere quasi la metà di quelle ottenute in Francia (Sgroi e Fazio, 2007), ma il dato più importante è che l'Italia risulta essere il primo produttore e consumatore di pasta al mondo.

Tabella 1: Produzione mondiale di frumento duro (milioni di tonnellate). (www.epp.eurostat.ec.europa.eu)

FRUMENTO DURO (DURUM WHEAT)							Stima EU-27	
milioni di tonnellate	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	Variazione b/a	proiezione 13/14	Variazione b/a
				a	b		a	
EU-27	10,0	8,7	9,1	8,2	7,9	-3,7%	8,2	3,8%
France	2,1	2,1	2,5	2,1	2,4	14,3%	2,1	-12,5%
Greece	1,1	1,3	1,3	0,9	0,7	-22,2%	0,9	28,6%
Italy	5,2	3,6	4,1	3,9	4,2	7,7%	3,9	-7,1%
Spain	1,1	1,4	0,9	0,9	0,4	-55,6%	0,9	125,0%
Kazakhstan	2,5	2,6	1,7	3,0	1,4	-53,3%		
Canada	5,5	5,4	3,0	4,2	4,6	9,5%		
Mexico	2,0	2,2	2,2	2,2	2,1	-4,5%		
USA	2,3	3,0	2,9	1,4	2,2	57,1%		
Argentina	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0%		
Syria	1,2	1,8	1,6	1,7	1,5	-11,8%		
Turkey	3,0	3,1	2,9	3,0	3,0	0,0%		
India	1,1	1,0	1,0	1,1	1,2	9,1%		
Algeria	0,9	2,9	2,2	2,5	3,0	20,0%		
Libya	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0%		
Morocco	1,0	1,9	1,6	1,7	1,3	-23,5%		
Tunisia	1,4	1,4	0,6	1,2	1,3	8,3%		
Australia	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	-16,7%		
Others	7,2	6,2	5,3	5,7	5,1	-10,5%		
WORLD TOTAL	38,9	40,9	34,9	36,7	35,1	-4,4%		

Fonte: IGC

Fonte: COCERAL

Pertanto il settore pastario rappresenta una colonna portante del settore agroindustriale. La produzione del nostro paese non copre però il totale dei fabbisogni, ma solamente circa la metà. E' quindi necessario ricorrere a importazioni, per lo più da Canada, Stati Uniti, U.S.A. e Australia (Sgroi e Fazio, 2007). Inoltre il mercato richiede un elevato standard qualitativo della pasta, raggiungibile con l'utilizzo di frumenti ad alto contenuto proteico. Recentemente la politica comunitaria si è indirizzata verso altri interessi in tema di aiuti comunitari e

pagamento unico. Tutte queste considerazioni hanno portato gli agricoltori ad orientarsi verso altri obiettivi per aumentare il reddito e l'efficienza delle proprie aziende. Infatti, se negli anni passati la prerogativa era quella di aumentare il più possibile la resa della coltura, oggi un fattore da non sottovalutare è la qualità del prodotto, e nel caso specifico del frumento duro il contenuto proteico. Pertanto è nell'interesse degli agricoltori produrre un frumento ad alto contenuto proteico in modo da recepire i premi stabiliti ed aumentare il proprio reddito. Affinché venga raggiunto questo scopo un supporto molto importante è fornito dalle nuove tecnologie dell'agricoltura di precisione come la conoscenza della variabilità dei campi, le mappe di produzione e la distribuzione variabile dei fertilizzanti, i quali possono essere modellizzati per costituire dei sistemi previsionali. Tuttavia queste tecnologie volte ad aumentare la qualità delle produzioni potrebbero essere vanificate da una raccolta uniforme che di fatto rende omogeneo il prodotto raccolto impedendo possibili premi. D'altra parte però l'adozione indiscriminata della raccolta selettiva può comportare un aumento di costi non giustificati dalla scarse entità della variabilità nel contenuto di proteina.

L'obiettivo di questo lavoro di tesi consiste nel capire se esiste una strategia di raccolta selettiva del frumento, economicamente più conveniente rispetto a quella convenzionale, in modo da aumentare il reddito e l'efficienza di un'azienda.

5. MATERIALI E METODI

5.1 Descrizione e organizzazione della prova.

La prova, svoltasi nelle stagioni 2010-2011 e 2011-2012, ha interessato 13,46 ha di proprietà dell'Azienda Agricola S. Ilario di Mira (Ve) (Fig. 7). L'appezzamento, derivante da bonifica dei territori della Laguna di Venezia, si trova a 500 metri dalla sua barena e presenta una forte eterogeneità oltre ad una significativa infiltrazione del cuneo salino dal lato est.



Figura 7: Localizzazione della prova (A); fotografia aerea dell'appezzamento (B) (*Database Bing Maps - Microsoft*)

Da studi precedenti (Giardini et al, 2010), ne erano già note le principali proprietà chimico-fisiche del suolo, in particolare: tessitura, contenuto di sostanza organica, pH, conducibilità elettrica e densità apparente (Fig. 8). Sulla base di tali parametri l'appezzamento è stato diviso in tre aree omogenee: alta (3,18 ha), media (5,38 ha), e bassa fertilità (4,9 ha). Ognuna di queste Z.O. è stata a sua volta suddivisa in due ulteriori zone, con l'obiettivo di diversificare ulteriormente gli apporti della concimazione azotata adottando o meno apporti fogliari tardivi (Fig.9).

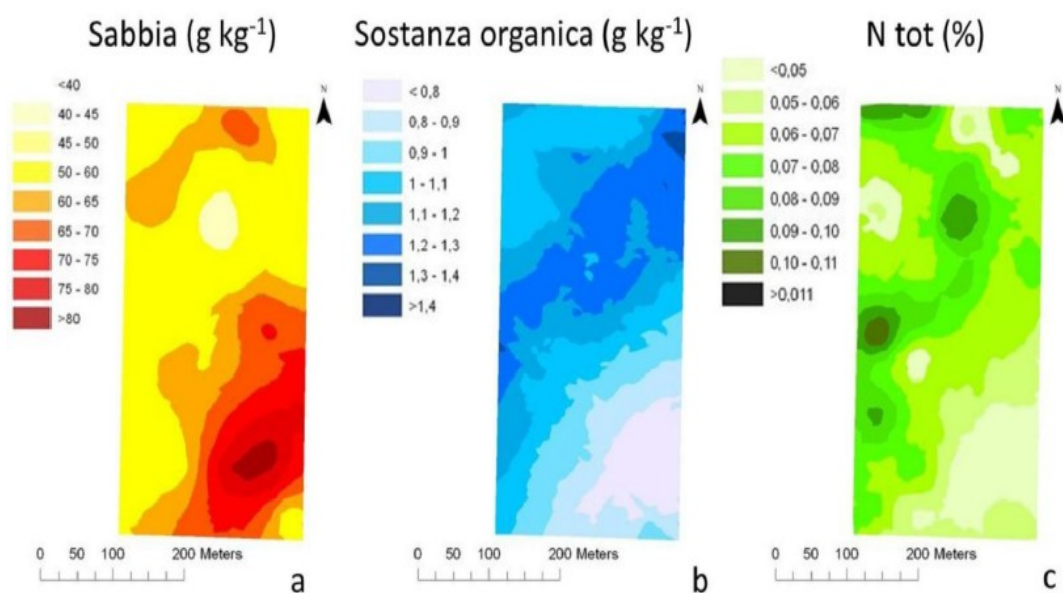


Figura 8: Distribuzione delle principali proprietà del suolo: tessitura, contenuto in sostanza organica e azoto.

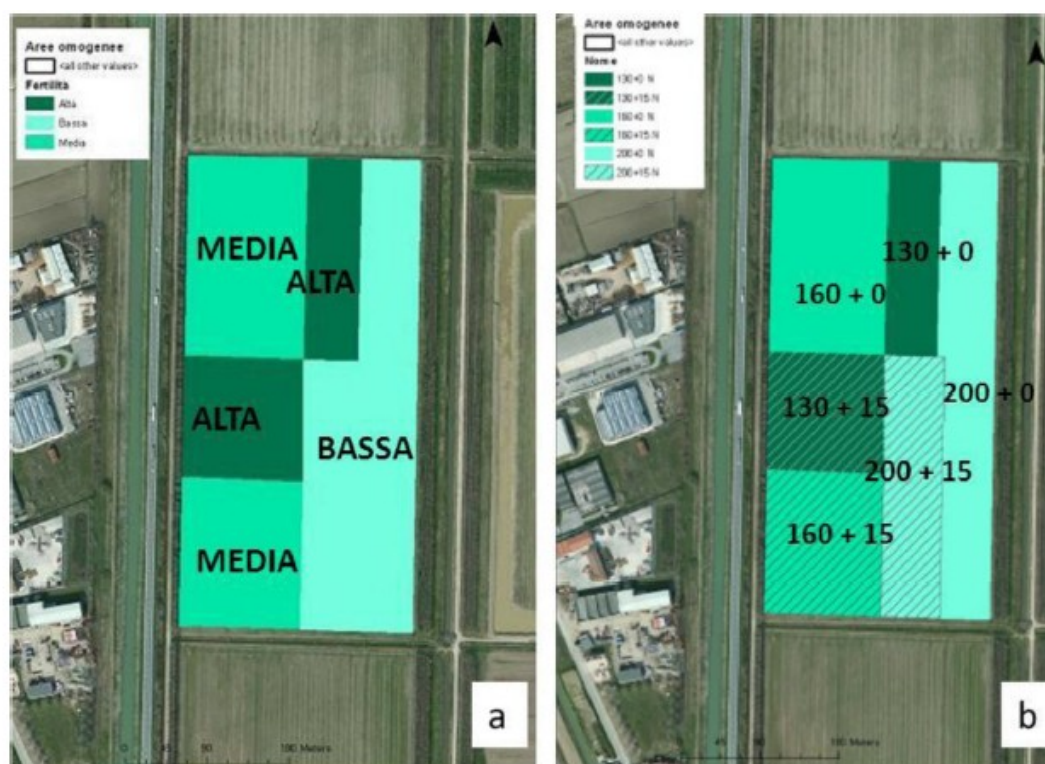


Figura 9: Ripartizione dell'appezzamento in Z.O. (a): la maggiore fertilità è rappresentata dal colore verde progressivamente più scuro. Suddivisione in aree a differente gestione per la concimazione (b): la zona tratteggiata ha subito concimazioni fogliari tardive. I numeri indicano il livello di concimazione in copertura + l'eventuale dose fogliare (fotografie aeree da database Bing Maps-Microsoft)

5.2 Operazioni culturali

L'area di studio è stata interessata da colture intercalari per entrambi gli anni di sperimentazione, nel primo anno la precessione è stata fatta con sorgo da granella mentre nel secondo è stato seminato mais da granella. Il grano duro è stato seminato su sodo in date simili per entrambi gli anni (23 ottobre 2010 e 24 ottobre 2011), previo diserbo totale con Glifosate. Questa tecnica ha portato a maggiorare la dose di seme a 200 kg/ha corrispondenti a circa 460 cariossidi m² della varietà Biensur, (Apsovsementi, Voghera Italia), già dimostratasi resistente all'allettamento e alla fusariosi della spiga, oltre che ben adattabile alle condizioni pedo-climatiche della Pianura Padana. Il diserbo è stato effettuato in entrambi gli anni utilizzando gli stessi principi attivi ma con dosaggi diversi. Il controllo di graminacee e dicotiledoni infestanti è avvenuto con un'applicazione a inizio levata di Mefenpir-Dietile, Iodosulfuron-metil-sodio e Mesosulfuron-Metile (0,3 kg/ha nel 2011; 0,5 kg/ha e Sale sodico di achiletere solfato 1 l/ha nel 2012). Per quanto riguarda il controllo crittogamico sono stati utilizzati principi attivi differenti per gli anni interessati; nel primo anno si è intervenuto nelle fasi di inizio levata (azoxystrobin + ciproconazolo 0,75 l/ha) e spigatura (protioconazolo + tebuconazolo 1 l/ha), mentre nel secondo anno il controllo crittogamico è stato affidato a Ciproconazolo + Trifloxistrobina (0,5 l/ha) e Protioconazolo (0,8 l/ha) in levata. Un trattamento insetticida è invece stato effettuato con Deltamentrina e Imidacloprid (1 l/ha) solo nel 2012 (Tab. 2 e 3).

Tabella 2: Sintesi degli interventi di difesa 2010/2011

Data	Tipologia d'intervento	Principio attivo	Nome commerciale	Quantitativo
21/10/2010	Diserbo totale	Glifosate (27,9%)	Touchdown (Syngenta Crop Protection)	4 l/ha
01/04/2011	Diserbo post-emergenza	Mefenpir-Dietile (9%)	Atlantis WG (Bayer CropScience)	0,3 kg/ha
		Iodosulfuron-metilsodio (0,6%)		
		Mesosulfuron-Metile (3%)		
01/04/2011	Anticrittogamico	Azoxystrobin (18,2%) + ciproconazolo (7,3%)	Amistar Xtra (Syngenta Crop Protection)	0,75 l/ha
09/05/2011	Anticrittogamico	Protioconazolo (12,7%) + tebuconazolo (12,7%)	Proline Star (Bayer CropScience)	1 l/ha

Tabella 3: Sintesi degli interventi di difesa 2011/2012

Data	Tipologia d'intervento	Principio attivo	Nome commerciale	Quantitativo
23/10/2011	Diserbo totale	Glifosate (27,9%)	Touchdown (Syngenta Crop Protection)	4 l/ha
17/03/2012	Diserbo post-emergenza	Mefenpir-Dietile (9%)	Atlantis WG (Bayer CropScience)	0,5 kg/ha
		Iodosulfuron-metilsodio (0,6%)		
		Mesosulfuron-Metile (3%)		1 l/ha
		Sale sodico di achiletere solfato		
20/04/2012	Anticrittogamico	Ciproconazolo (13,8%) + Trifloxistrobina (32,3%)	Sphere (Bayer CropScience)	0,5 l/ha
		Protiocconazolo (25%)	Proline (Bayer CropScience)	0,8 l/ha
11/05/2012	Insetticida	Deltamentrina (1,02%) + Imidacloprid (7,65%)	Decis Energy O-TEC (Bayer CropScience)	1 l/ha

Per gli interventi di concimazione si è seguito il principio delle Z.O.: sono stati previsti apporti inversamente proporzionali alla fertilità di ogni zona: 130 kg /ha N complessivi per le superfici ad alta, 160 kg /ha N per quelle a media, ed infine 200 kg /ha N per quelle a bassa fertilità. Non è stata prevista alcuna concimazione in presemina, ma un trattamento in accestimento e uno in piena levata, con concime granulare (Yara). Per le dosi si rimanda alla Tab. 4. In fase avanzata del ciclo colturale le z.o. sono state suddivise ognuna in due sottozone. Di queste una (+ 15) è stata concimata con N per via fogliare, mentre l'altra (+ 0) ha funto da testimone non concimato. L'applicazione complessiva dei 15 Kg N/ha di azoto (Cifo, San Giorgio in Piano) è stata frazionata in due interventi dopo la fioritura per scongiurare il pericolo di ustioni fogliari.

Tabella 4: Sintesi degli interventi di concimazione per i due anni di sperimentazione

Trattamento	Annata 2010/2011	Annata 2011/2012	130+0	130+15	160+0	160+15	200+0	200+15
Zona omogenea	Applicazione		Alta	Alta	Media	Media	Bassa	Bassa
Concimazione in accestimento (kg/ha N)	24/02/2011	02/03/2012	52 (NA)	53 (NA)	54 (NA)	55 (NA)	56 (NA)	57 (NA)
Concimazione in piena levata (kg/ha N)	07/04/2011	06/04/2012	78 (U)	78 (U)	108 (U)	108 (U)	100 (U)	100 (U)
Concimazione in piena levata (kg/ha N)	19/04/2011	27/04/2012					48 (U)	48 (U)
Concimazione in spigatura (kg/ha N)	9/05/2011 e 17/05/2011	14/05/2012 e 24/05/2012		15 (UAN)		15 (UAN)		15 (UAN)
TOTALE			130	145	160	165	200	215

5.3 Rilievi alla raccolta

Per quanto riguarda i rilievi alla raccolta, effettuata il 27 giugno 2011 e 4 luglio 2012, questi hanno avuto come oggetto la produzione complessiva di granella, e i parametri qualitativi delle cariossidi. Il sistema di rilevamento della resa montato sulla mietitrebbia (Claas, Harsewinkel, Germania) era stato precedentemente validato dalle pesate dei singoli rimorchi. (Fig. 10) In aggiunta, uno spettrometro NIRs (Gainit; Legnaro, Italia) collegato ad un ricevitore DGPS, ha consentito di ottenere in tempo reale misure di contenuto proteico, di glutine umido e amido delle cariossidi e di poterle georeferenziare nell'appezzamento. Le letture sono state effettuate con una frequenza di una ogni 5-6 secondi, per un totale di 4319 rilevazioni per il 2011 e 3252 rivelazioni nel 2012. Sono state rimosse quelle in cui la mietitrebbia era ferma o in fase di manovra, arrivando a 3025 punti nel primo anno e 2714 nel secondo, che sono poi stati elaborati con il GIS. La sostanziale differenza di punti rilevati nei due anni deriva dal fatto che nel 2011 il campo è stato raccolto per zone omogenee, mentre nel 2012 la raccolta è stata effettuata normalmente secondo il lato lungo del campo. Questo ha comportato una maggiore numero di rilevazioni nel 2011 perché la raccolta per zone omogenee ha richiesto un maggior numero di svolte e di conseguenza di tempo. Anche in questo caso le rilevazioni sono state interpolate con la tecnica del *Kriging*. Inoltre sono stati

eseguiti dei rilievi durante il ciclo colturale, sia sull'intero campo e sia su 3 punti per ognuna delle sei zone. Sono stati rilevati l'indice NDVI sull'intero campo, mentre per i 18 punti individuati oltre all'indice NDVI sono stati rilevati anche il contenuto totale di N della biomassa e l'umidità del terreno (TDR).



Figura 10: Spettrometro NIR installato sulla mietitrebbia (Grainit) (A) e scarico nei rimorchi (B)

5.4 Elaborazione statistica e geostatistica dei risultati

Per il calcolo dell'interpolazione spaziale ci si è affidati al metodo *Kriging* del programma Geostatistical Analyst di ArcMap 10.1 (ESRI), in grado di assegnare valori a punti sconosciuti situati a una determinata distanza da punti noti. Il modello geostatistico utilizzato è il semivariogramma che si definisce come la funzione che interpola la semivarianza dei valori osservati in gruppi di coppie di punti a determinate distanze:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{n(h)} \frac{(z(x+h)) - (z(x)))^2}{n(h)}$$

In cui: h = distanza tra i punti osservati; z = dato osservato in un determinato punto; $n(h)$ = numero di coppie di dati osservati, collocati a distanza h .

Tale relazione viene caratterizzata dai seguenti parametri: il *range* che esprime la distanza entro la quale si verifica la variabilità spaziale: al di sopra di tale valore non esiste più correlazione spaziale; il *partial sill* ossia la quota di semivarianza alla quale si raggiunge il

valore asintotico e il *nugget*, ovvero la semivarianza dovuta all'errore. La forza del semivariogramma viene calcolata confrontando il *partial sill* e il *nugget* (Fig.11).

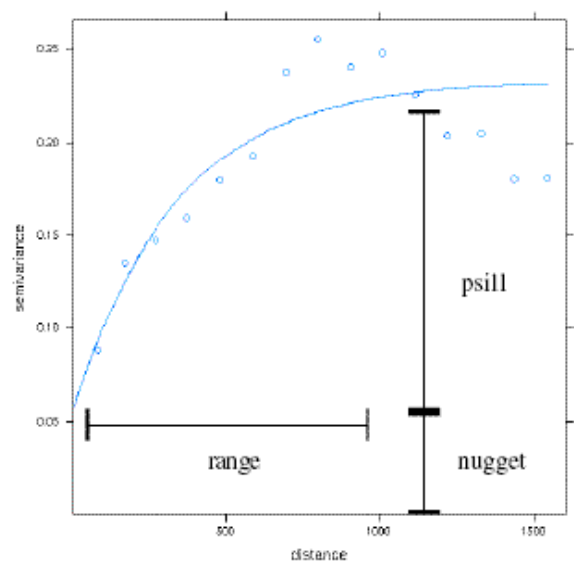


Figura 11: Modello del semivariogramma

Dall'interpolazione spaziale sono state ottenute le mappe tematiche per ogni parametro studiato (resa e contenuto proteico).

5.5 Metodologia per il calcolo economico

Il costo di esercizio di una macchina agricola è composto dalla somma di due aliquote: quella delle spese fondamentali, detta spesa fissa, e quella delle spese di utilizzazione, chiamata anche variabile. La prima voce è fissa in quanto sussiste anche in assenza di impiego del mezzo, ma è determinata dalla sua presenza in azienda; la seconda è proporzionale al livello di utilizzazione della macchina.

La distinzione fra queste due componenti risulta molto utile sia per il processo di allocazione dei costi delle macchine ai vari processi produttivi aziendali, sia per la soluzione di diversi problemi concernenti la meccanizzazione aziendale. In questo lavoro di tesi sarà calcolato il costo di esercizio di una mietitrebbia, aventi le caratteristiche di una macchina da raccolta ordinaria utilizzata nella pianura padana. L'analisi dei costi di esercizio di una mietitrebbia viene effettuata come tutte le macchine agricole, ovviamente tenendo presente le particolarità che la caratterizzano. In questo lavoro di tesi viene calcolato solo il costo di esercizio della

macchina da raccolta senza tenere in considerazione i costi aggiuntivi riguardanti le navette di trasporto ed altre eventuali macchine operatrici o manodopera utilizzata nel cantiere di lavoro. Nei seguenti paragrafi si procede ad analizzare le componenti che costituiscono le spese fondamentali e quelle di utilizzazione.

Costituiscono le spese fondamentali (Cfa):

- a) la quota annua di reintegra del capitale investito dalla macchina (Qa);
- b) la quota annua degli interessi passivi del capitale (Qi);
- c) la quota annua delle spese varie (Qv), suddivisibili in:
 - 1) spese per ricovero (Qri);
 - 2) spese per assicurazione (Qs);
 - 3) spese per tasse (Qt);
 - 4) spese varie per direzione, contabilità ecc. inerenti l'esercizio della macchina (Qd).

Costituiscono le spese di utilizzazione (Cuh):

- a) le spese per le riparazioni e manutenzione (Qr);
- b) le spese per i consumi di materiali (Qc);
- c) le spese per la manodopera addetta alla guida e al servizio della macchina (Qo).

5.5.1 Le spese fondamentali annue

La quota delle spese fondamentali (Cfa) della macchina considerata, dipende soprattutto dal prezzo d'acquisto della macchina stessa, completa del corredo necessario per realizzare il predisposto programma di lavoro nell'azienda, e dalla durata o periodo di vita della medesima.

- *Quota annua di reintegra del capitale investito*

L'accantonamento della quota di reintegra (Qr) consente di avere a disposizione, al termine della vita della macchina, il capitale necessario per finanziare la sostituzione.

La quota di reintegra definisce anche il deprezzamento annuale del mezzo sulla base di quello che si presume si realizzi nell'arco di tutta la sua vita economica in azienda.

Per calcolare la quota di reintegrazione si utilizza la cosiddetta quota lineare, che si presuppone una perdita di valore costante ogni anno:

$$Q_r = (V_i - V_f) / n$$

dove n è la durata prevista, ossia la vita economica del mezzo in azienda; V_i è il valore iniziale; V_f è il valore finale o residuo o di recupero.

- Quota annua dell'interesse del capitale impiegato

L'interesse rappresenta il costo annuo del capitale investito nella macchina agricola considerata.

La quota annua per gli interessi (Q_i) sul capitale, viene determinata, nei calcoli preventivi, supponendo un deprezzamento lineare della macchina durante tutto il periodo di utilizzazione. Pertanto, fissato un appropriato saggio di interesse medio annuo (i), si ha:

$$Q_i = r (V_i + V_f) / 2$$

dove:

r = saggio di interesse, che rappresenta il costo opportunità del capitale posseduto dall'imprenditore e da lui investito nella macchine agricola, ossia è quel saggio di interesse che l'imprenditore percepirebbe se, anziché effettuare l'investimento nella macchina in oggetto, destinasse il capitale corrispondente ad un investimento alternativo di rischiosità analoga. In linea di massima, per una mietitrebbia, tale interesse attualmente può venire fissato al 3% ($i = 0,03$);

V_i = valore iniziale della macchina;

V_f = valore finale o di recupero della macchina

- Quota annua delle spese varie

La quota annua delle spese varie (Q_v) tiene conto delle spese per ricovero (Q_{ri}), per assicurazioni (Q_s), per tasse (Q_t), per spese varie di direzione, contabilità, ecc. (Q_d). Si ha cioè:

$$Q_v = Q_{ri} + Q_s + Q_t + Q_d$$

5.5.2 Le spese orarie di utilizzazione

Le spese orarie di utilizzazione, nei calcoli preventivi, si possono considerare costanti rispetto all'età della macchina e sono riferite ad una condizione media di uso della macchina, sia per quanto riguarda il carico di lavoro, sia per quanto riguarda tutto l'arco rappresentante il periodo di vita della macchina.

Esse dipendono principalmente da: a) riparazioni e manutenzioni; b) consumi di combustibile, di lubrificanti e di altri materiali, come spago, filo di ferro ecc.; c) manodopera addetta alla guida ed al servizio della macchina.

- *Spese per le riparazioni e manutenzioni*

Le spese di riparazione vengono calcolate sulla base di un coefficiente di riparazione (α), specifico della mietitrebbia; in questo caso la quota oraria delle spese per le riparazioni e sostituzioni ordinarie (Q_{rs}) sarà data dalla relazione:

$$Q_{rs} = \alpha V_0 / N_h$$

Le spese per le manutenzioni ordinarie vengono invece calcolate sulla base del numero medio di ore lavorative di operaio riferite all'unità di lavoro eseguito dalla macchina, necessarie orientativamente per il lavoro di preparazione, pulizie, lubrificazioni, rifornimenti ecc.

La spesa oraria per la manutenzione (Q_m) è data quindi dalla relazione:

$$Q_m = \beta \cdot M$$

dove con β si indica la frazione di ora di operaio addetto alla manutenzione e con M la mercede oraria dell'operaio addetto alla manutenzione.

Per la manutenzione di una macchina da raccolta si può assumere un valore di 0,1 ora di operaio per ora di lavoro della macchina.

- *Consumo di gasolio, lubrificanti e altro materiale*

Il consumo di gasolio e lubrificante dipende dalla potenza del motore della mietitrebbia, ed i relativi costi dipendono dal costo unitario di gasolio e lubrificanti e le ore di utilizzazione. Nel caso di studio non sono previsti costi supplementari derivanti da altro materiale di consumo utilizzato dalla mietitrebbia.

- ***Spese per la manodopera***

In questa voce sono compresi la retribuzione solo del conducente della mietitrebbia escludendo quella degli altri operatori presenti nel cantiere. In questo lavoro di tesi il calcolo dei costi di esercizio della macchina da raccolta sono scomposti in due componenti, una riguardante quelli della motrice e l'altra dove sono indicati i costi di esercizio della operatrice o barra di taglio. La separazione dei due organi comporta una più precisa ed accurata fase di calcolo, infatti alcune delle componenti descritte in precedenza presentano parametri diversi, ad esempio diversi coefficienti e numero di ore. Nella Tabella 5 viene rappresentato il modello con cui sono stati calcolati i costi di esercizio della mietitrebbia, dove si possono notare le differenze tra motrice e operatrice per alcuni parametri.

Tabella 5: Parametri utilizzati per il calcolo dei costi

CANTIERI DI LAVORO	Raccolta tradizionale
MOTRICE	
Potenza (kW)	330
Prezzo d'acquisto (€)	250000
Valore di recupero (%)	15
Durata economica (anni) (n)	8
Durata fisica (ore) (Nh)	5000
Saggio d'interesse costo-opport.(%) (r)	3
Quota spese varie di ricovero (%) (Qri)	0,4
Quota altre spese varie (%) (Qs+Qt+Qd)	0,6
Fattore di riparazione (α)	1
Tempo di manutenzione (h man./h lav.) (β)	0,1
Utilizzazione annua (h/anno) (Uo)	300
Compenso manutentore (€/h)	16,5
Consumo specifico carburante (kg/kWh) (cs)	0,3
Consumo specifico lubrificante (kg/kWh) (cs)	0,001
Carico motore (CM)	0,8
Prezzo gasolio (€/kg)	1
Prezzo lubrificante (€/kg)	5
OPERATRICE	
Prezzo d'acquisto (€)	22000
Valore di recupero (%)	15
Durata economica (anni) (n)	8
Durata fisica (ore) (Nh)	1500
Saggio d'interesse costo-opport.(%) (r)	3
Quota spese varie di ricovero (%) (Qri)	0,1
Quota altre spese varie (%) (Qs+Qt+Qd)	0
Fattore di riparazione (α)	0,5
Tempo di manutenzione (h man./h lav.) (β)	0,12
Utilizzazione annua (h/anno)	100
Quantità di lubrificante (kg/h)	0,125
Compenso manutentore (€/h)	16,5
Prezzo lubrificante (€/kg)	5
CANTIERE	
Velocità d'avanzamento (km/h)	5
Larghezza di lavoro (m)	5
Lunghezza appezzamento (m)	520
Tempo di svoltata (h/svolta)	0,0075
Capacità tramoggia (t)	7,5
Tempi accessori carico o scarico (h/operazione) (TAS)	0,06
Quantità media di materiale da movimentare (t/ha)	6,7
Distanza da percorrere per spostamenti sul campo (km/carico o scarico)	0
Materiale di consumo (€/ha)	0
Persone occorrenti (Numero)	1
Compenso del personale (€/h)	16,5

5.6 Modalità di raccolta selettiva

La raccolta selettiva del frumento può essere effettuata attraverso diverse modalità. Questo lavoro di tesi si propone di analizzare le diverse tecniche di raccolta, rapportarle ai sistemi tradizionali ed eventualmente indicare quella più economicamente conveniente rispetto all'area di studio interessata. Oltre ad un metodo realizzato durante la fase di calcolo, si analizzano diversi scenari riscontrati in letteratura. Essi sono:

- ✓ raccolta selettiva in base alle zone omogenee,
- ✓ raccolta selettiva longitudinale,
- ✓ raccolta selettiva trasversale,
- ✓ raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale,
- ✓ raccolta selettiva automatica con cassone separato trasversale,
- ✓ raccolta selettiva automatica con cassone separato mediante l'ausilio del test strip,
- ✓ raccolta selettiva con cassone separato ottimizzata.

Ogni scenario è stato analizzato per entrambe le annate di riferimento utilizzando i dati raccolti dalla strumentazione con tecnologia NIRs installata sulla mietitrebbia. Quest'ultima è stata dotata di un dispositivo satellitare che ha permesso di individuare i dati raccolti dal NIRs su un punto del campo. Successivamente i dati sono stati analizzati dal software ArcMap 10.1 (ESRI), il quale è in grado di georeferenziare i dati restituendoli sotto forma di mappa di produzione e di contenuto di proteina. Utilizzando la funzione di analisi geostatistica denominata *Kriging* per la restituzione delle mappe è stato possibile non considerare i dati che potrebbero forviare il risultato dell'indagine. Una volta ottenute le mappe di produzione e di proteina è possibile valutare ogni scenario, per ognuno di essi i dati saranno presi ed analizzati diversamente in base alle caratteristiche e le esigenze della modalità di raccolta. Al fine di individuare più facilmente i dati e poter uniformare e confrontare i risultati di ogni scenario è stata creata una griglia 5x5m che è stata sovrapposta alle mappe. La decisione di costruire una griglia 5x5m è giustificata dal fatto che 5m è l'ipotetica larghezza di lavoro di una macchina da raccolta convenzionale, pertanto viene considerata come la larghezza minima sulla quale è possibile fare raccolta selettiva. Questo comporta una buona affidabilità dei risultati e di conseguenza la possibilità di poter affermare quale modalità di raccolta è più efficiente rispetto alle altre, se lo è anche rispetto alla raccolta convenzionale e perché. La fase di calcolo e di elaborazione dei dati è stata eseguita esportando i dati dal GIS al foglio di calcolo Excel. La valutazione economica è stata eseguita attraverso un bilancio nel quale i ricavi

ottenuti dai diversi metodi di raccolta vengono decurtati dei costi, costanti o variabili, richiesti per ogni modalità di raccolta. Accanto alle valutazioni economiche sono stati considerati dei parametri tecnici per garantire la veridicità dei risultati. Pertanto i costi di raccolta sono stati calcolati mediante un modello il quale, una volta inseriti in input i parametri tecnici della mietitrebbia richiesti dalle diverse modalità di raccolta, rilascia sotto forma di output la capacità operativa della macchina, il costo/h, costo/ha e costo/t di frumento prodotto. Il costo della trebbiatura rappresenta la parte variabile dei costi totali per i vari metodi di raccolta, ma esistono altri costi, quelli fissi, che sono costanti per ogni scenario. Tra i costi fissi vengono inseriti quelli per acquistare la semente, insetticidi, fungicidi e i relativi costi di semina e di applicazione dei trattamenti. Un'altra componente dei costi totali sono i costi di concimazione, i quali differiscono nei vari scenari, come vedremo più avanti; essi, nel calcolo del reddito operativo, sono stati inseriti come *costi medi*.

5.6.1 Raccolta selettiva in base alle zone omogenee.

Questa modalità di raccolta selettiva permette di ottenere frumento con un contenuto proteico superiore alla soglia del premio separandolo da quello al di sotto della soglia stabilita. Questo discorso è possibile farlo quando ci sono delle zone omogenee all'interno del campo con un contenuto proteico superiore alla soglia; in questo caso se fossero state raccolte con la tecnica convenzionale si sarebbe potuto miscelare con il frumento a basso contenuto proteico di un'altra zona omogenea, causando un abbassamento della % in proteine e di conseguenza la perdita del premio sul prezzo. Per poter effettuare questa modalità di raccolta è ovviamente necessario conoscere le zone omogenee (Fig. 12). Questo si traduce nella necessità di avere delle conoscenze a priori per individuarle ed avere una base storica per capire se esistono aree omogenee ad alto potenziale proteico e, quindi, se opportuno fare questo tipo di raccolta. Inoltre affinché questo possa essere fatto deve esistere variabilità nel campo e le zone devono essere distribuite in modo regolare ed essere discretamente grandi.

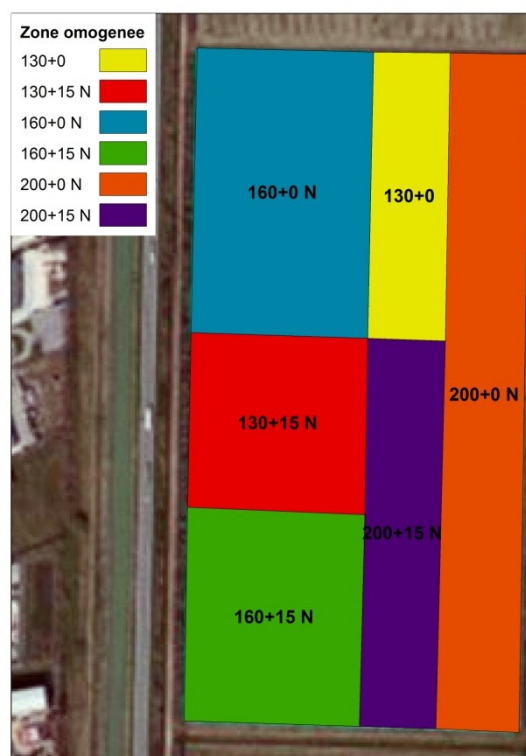


Figura 12: Individuazione delle diverse Zone Omogenee

Dopo aver individuato sulla mappa elaborata dal GIS i dati raccolti dalla mietitrebbia per ciascuna delle singole zone omogenee, questi vengono importati in un foglio Excel dove verranno successivamente analizzati. La media dei dati di produzione e proteina che insistono su un'area omogenea fornisce la possibilità di stabilire se il frumento raccolto appartiene ad una categoria o ad un'altra. Stabilita la classe di appartenenza di ogni zona omogenea, il calcolo dei ricavi lordi è calcolato moltiplicando la produzione per il prezzo del frumento con la maggiorazione del bonus proteina per le aree con un contenuto proteico medio superiore alla soglia. Nell'osservazione dei dati è possibile anche valutare l'opzione di raccogliere due o più zone omogenee insieme se la media ponderata della proteina rimane sempre superiore alla soglia necessaria per l'attribuzione del premio qualità. Nel calcolo dei costi totali i costi di concimazione sono stati determinati calcolando la media ponderata dei costi sostenuti per concimare le diverse zone omogenee con dosaggi differenti, sulla base del potenziale produttivo delle aree. Inoltre nel calcolo dei costi della trebbiatura bisogna inserire tra gli input del modello la lunghezza di ogni singola area omogenea e considerare le distanze da percorrere per gli spostamenti sul campo nel caso una zona non avesse sbocco alle capezzagne e la mietitrebbia dovesse percorrere una distanza ogni volta che deve scaricare.

L'analisi si conclude calcolando il reddito operativo di ciascuna zona omogenea e in seguito dell'intero campo mediante la somma delle precedenti.

5.6.2 Raccolta selettiva longitudinale.

In questo scenario la raccolta selettiva del frumento avviene attraverso strisciate longitudinali effettuate sul lato lungo del campo. A differenza della raccolta selettiva in base alle zone omogenee in questa modalità non è necessario individuare i dati appartenenti alle diverse aree, ma selezionare sulla mappa i punti georeferenziati appartenenti ad ogni striscia della mietitrebbia (Fig. 13).

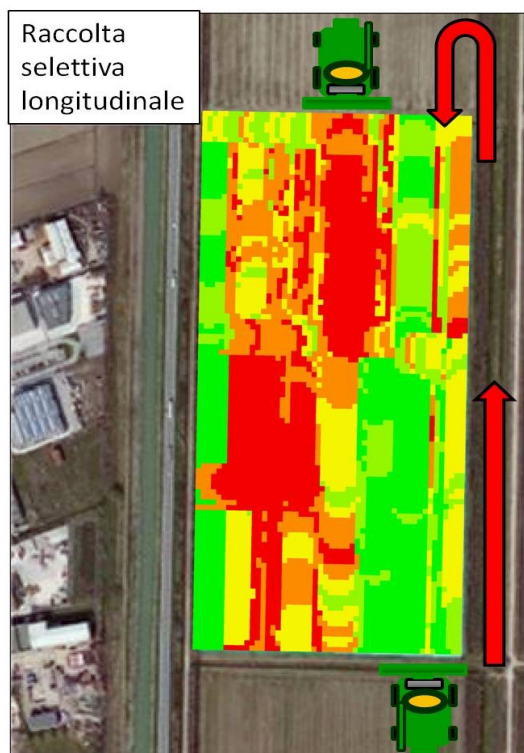


Figura 13: Raccolta selettiva longitudinale

Si è ipotizzato una larghezza operativa della barra di taglio di 5m perché risulta quella utilizzata più frequentemente delle macchine da raccolta nella pianura padana. Una volta individuati ed esportati su Excel i dati appartenenti alle singole strisciate, l'analisi inizia facendo la media della produzione e della proteina in modo da poter stabilire quali strisciate possiedono un contenuto proteico superiore alla soglia e in seguito attribuirle il bonus proteina nel calcolo dei ricavi. Anche per questa modalità di raccolta bisogna tenere presente

l'eventualità di poter raccogliere insieme e miscelare delle strisciate con un contenuto proteico più alto della soglia necessaria per recepire il bonus con strisciate che hanno una % in proteine minore della soglia, in modo da avere maggior prodotto con un contenuto proteico adeguato per ricevere il premio proteine. Per quanto riguarda i costi della trebbia basta inserire nel modello la lunghezza del campo nel senso di raccolta, i costi di concimazione e quelli fissi rimangono invariati. L'ultimo passaggio è dato dal calcolo del reddito operativo decurtando dai ricavi lordi la somma dei costi menzionati in precedenza.

5.6.3 Raccolta selettiva trasversale

Questa modalità di raccolta selettiva riprende i concetti definiti nella modalità di raccolta selettiva longitudinale. La raccolta viene effettuata procedendo con la mietitrebbia nel verso del lato corto allo scopo di raccogliere la maggior quantità di grano contenente una % di proteina superiore alla soglia, sfruttando la variabilità spaziale nella direzione trasversale del campo (Fig. 14).

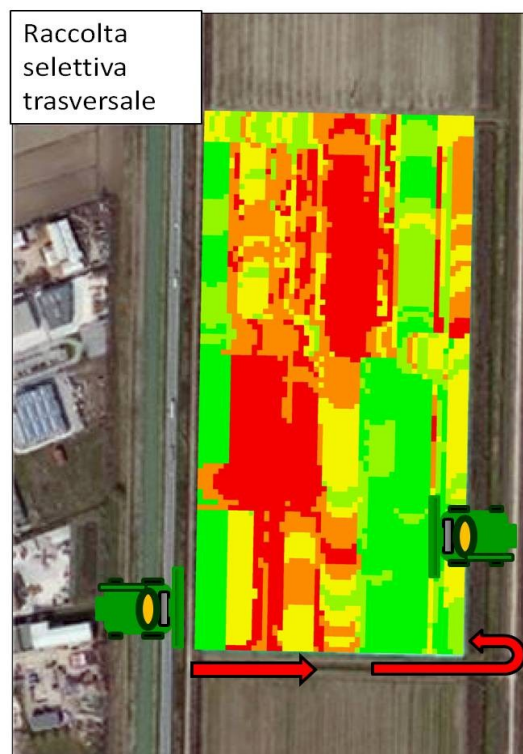


Figura 14: Raccolta selettiva trasversale

Raccogliendo trasversalmente è possibile intercettare una quantità di frumento proteico che non sarebbe stato possibile mietere con la modalità di raccolta longitudinale. A causa della variabilità spaziale presente nel campo il contenuto proteico del frumento non risulta omogeneo e, variando la direzione di raccolta, è possibile mietere maggiori quantitativi di frumento con un contenuto proteico superiore alla soglia. Inoltre, questa modalità può migliorare la capacità operativa in base alla lunghezza del campo nel senso di raccolta. Anche in questo scenario l'area di riferimento è data dalla larghezza operativa della barra di taglio per la lunghezza del senso di raccolta. Relativamente ai costi totali quelli fissi e quelli di raccolta restano invariati rispetto alle altre modalità, mentre i costi della mietitura vengono calcolati inserendo nel modello la lunghezza del campo nella direzione di raccolta, la quale potrà eventualmente influenzare la capacità operativa e i costi di raccolta per ettaro. Le operazioni di analisi sono uguali a quelle previste per la raccolta selettiva longitudinale.

5.6.4 Raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale

Questa modalità di raccolta differisce dalle precedenti in quanto non necessita di informazioni a priori del campo. Infatti la raccolta selettiva viene effettuata direttamente sulla mietitrebbia mediante la divisione della tramoggia (Fig. 15).



Figura 15: Raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale

Come riscontrato in letteratura il guadagno maggiore ottenuto dalla raccolta selettiva del frumento lo si ha dividendo la tramoggia in due cassoni differenti nei quali verrà stoccato in uno il frumento a basso contenuto proteico e nell'altro il frumento con una % di proteine superiore alla soglia necessaria per recepire il bonus proteina. Oltre alla tecnologia NIRs, necessaria anche per le altre modalità di raccolta, per effettuare questa modalità di raccolta sono necessarie una serie di valvole idrauliche in grado di indirizzare le varie tipologie di frumento nei cassoni stabiliti. Questo è reso possibile grazie ad un algoritmo, inserito nel computer situato sulla mietitrebbia, che analizza i dati inviati dal sensore NIR e stabilisce la direzione che prenderà il frumento (Fig. 16).

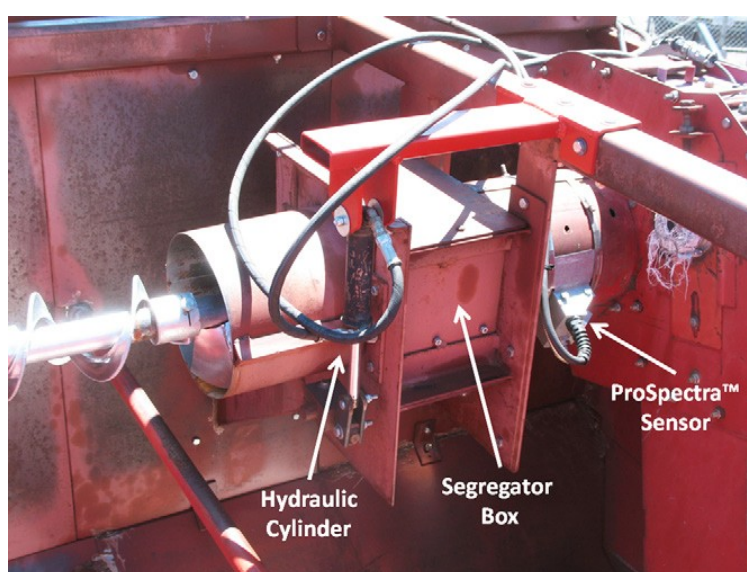


Figura 16: Particolare del sistema di segregazione (Long D. S., McCallum J. D., Scharf P. A. 2013. Optical-Mechanical System for On-Combine Segregation of Wheat by Grain Protein Concentration, Agronomy Journal • Volume 105, Issue 6 • 2013)

Con questa tipologia di raccolta selettiva si ha la possibilità di differenziare tutto il frumento presente nel campo in quanto questa modalità considera il singolo rilevamento effettuato dalla mietitrebbia sulla strisciata in considerazione. Infatti in questo scenario i dati esportati in Excel non vengono mediati tra loro, ma ognuno di essi viene analizzato separatamente. Per questo tipo di raccolta la tecnica di analisi risulta differente rispetto alle modalità descritte in precedenza in quanto si ricerca un algoritmo da impostare per individuare il frumento proteico rispetto a quello non proteico e di conseguenza inviare il segnale alle valvole per indirizzarlo nel cassone stabilito. Le altre operazioni di analisi necessarie ad ottenere il reddito operativo sono le stesse degli scenari descritti in precedenza. Un limite presente in questa tipologia di raccolta è rappresentato dall'avere una tramoggia con una capacità dimezzata a causa delle

modifiche apportate alla macchina per creare i due differenti cassoni. Questo incide sulla capacità operativa della mietitrebbia che potrebbe far aumentare i costi di raccolta. Pertanto l'efficienza di questo scenario dipende dalla lunghezza del campo relazionata alla capacità della tramoggia. In questo scenario i parametri appena menzionati hanno un peso maggiore nel calcolo dei costi per la mietitura. inoltre il costo per l'acquisto della mietitrebbia deve essere maggiorato dei costi necessari per realizzare i cassoni separati. Un altro fattore che influenza la capacità operativa della macchina e di conseguenza i costi di trebbiatura è dato dai maggiori tempi accessori di scarico, dovuto al fatto con questa modalità la mietitrebbia deve allinearsi a due rimorchi per scaricare i prodotti differenziati impiegando più tempo nelle operazioni di scarico rispetto alle modalità descritte in precedenza Per quanto riguarda i costi fissi e di concimazione, essi restano invariati rispetto agli altri scenari.

5.6.5 Raccolta selettiva automatica con cassone separato trasversale

Questa modalità di raccolta riprende le stesse caratteristiche della raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale appena descritta, differisce semplicemente per ciò che riguarda la direzione di raccolta, in quanto la mietitrebbia procede nella direzione trasversale del campo. A differenza della raccolta trasversale descritta precedentemente, questa modalità non viene eseguita con lo scopo di intercettare la maggior quantità di frumento ad alto contenuto di proteine rispetto alla raccolta longitudinale dato che la strumentazione individua il prodotto di qualità indipendentemente dalla variabilità del campo e dal senso di marcia (Fig. 17).

L'applicazione di questa tecnica è giustificata dalla possibilità di migliorare la capacità operativa della macchina e di conseguenza influire sui costi di trebbiatura, sfruttando la differente lunghezza del senso di raccolta rispetto alla mietitura longitudinale. I tempi accessori di scarico restano invariati come i costi fissi e i costi di concimazione. I dati vengono analizzati allo stesso modo e con le stesse formule utilizzate per la raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale.

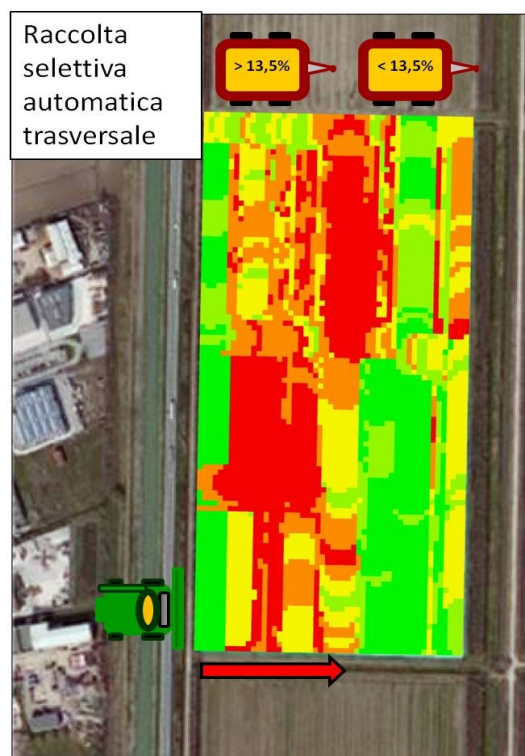


Figura 17: Raccolta selettiva automatica con cassone separato trasversale

5.6.6 Raccolta selettiva automatica con cassone separato mediante l'ausilio del test strip

Questa modalità di raccolta rappresenta una proposta al problema riguardante la variabilità delle proteine presenti nel campo. Infatti, come per la raccolta selettiva automatica descritta in precedenza, anche questo scenario non necessita di informazioni del campo a priori. Questa tecnica di raccolta prevede la mietitura di una piccola parte del campo (4-5%) in modo da avere informazioni sul contenuto di proteine presente. La media ponderata della % di proteine di ogni strisciata viene a sua volta mediata in modo da ottenere un risultato il più attendibile possibile. In base al valore che si riscontra dopo il test si possono verificare due condizioni:

- 1) La media della proteina del campo è inferiore alla soglia; in questo caso si procede alla raccolta impostando l'algoritmo alla soglia necessaria per raggiungere il bonus.
- 2) La media della proteina del campo è superiore alla soglia; in questa situazione invece bisogna tarare l'algoritmo ad un livello di proteina inferiore a quello della soglia in modo da miscelare una quantità di frumento non proteico nel cassone proteico, ma che non abbassi la % di proteine sotto la soglia del premio, in modo da poter vendere più prodotto ad un prezzo maggiore.

I costi sono uguali agli scenari che prevedono la raccolta selettiva con cassone separato.

5.6.7 Raccolta selettiva con cassone separato ottimizzata

Questa modalità di raccolta non riscontrata in letteratura è una ottimizzazione della raccolta selettiva con cassone separato, infatti questo scenario propone delle soluzioni alle problematiche riscontrate in precedenza. Il concetto di base di questo scenario è lo stesso dei precedenti, con il frumento differenziato direttamente nei cassoni della mietitrebbia. L'evoluzione consiste nel momento dello scarico, infatti durante la raccolta il sensore NIRs invia in continuo i dati di produzione e proteina al computer di bordo, il quale mediante un algoritmo calcola la % di proteina ponderata presente in ogni cassone. Al momento dello scarico del frumento proteico, se la proteina è superiore alla soglia allora l'algoritmo calcola la quantità di frumento non proteico necessaria per abbassare la % di proteina a livello di soglia necessario a recepire il bonus(Fig. 18).

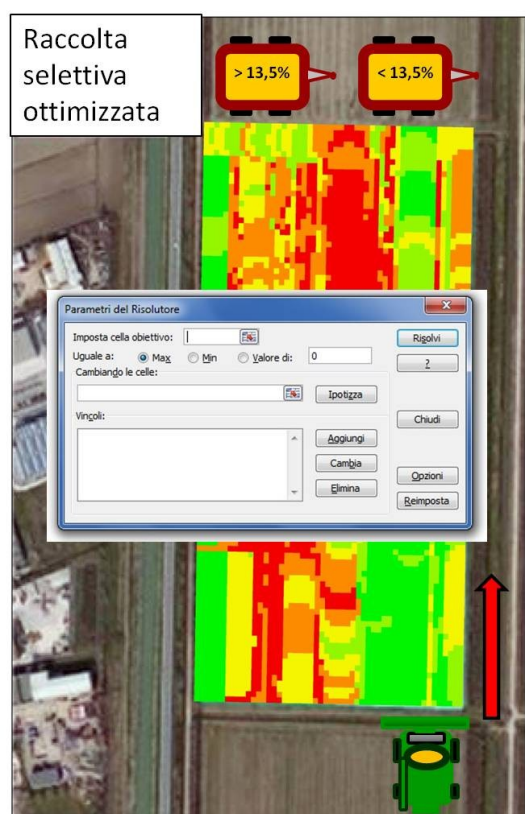


Figura 18: Raccolta selettiva con cassone separato ottimizzata

Questa tecnica di raccolta raggruppa tutti i vantaggi degli scenari che prevedono la raccolta selettiva mediante cassoni separati sopra descritti, inoltre si propone di risolvere eventuali

problemi logistici e tecnici. Infatti in questo scenario non è necessario effettuare delle strisciate preventive per individuare il contenuto proteico medio del campo come necessita la raccolta con l'ausilio del test strip, al quale vengono attribuiti problemi di carattere logistico, ma questa operazione viene svolta per ogni cassone. Inoltre l'ottimizzazione rispetto alla raccolta con cassone separato osservata in precedenza deriva dal fatto che questo metodo è in grado di miscelare il frumento ad ogni scarico abbassando il più possibile la % di proteina al livello di soglia. Questo processo non è previsto nella modalità trovata in letteratura, nella quale si può presentare la situazione in cui si scarica frumento con un contenuto proteico superiore alla soglia che poteva essere miscelato ottenendo un maggior quantitativo di prodotto soggetto all'ottenimento del premio qualità. L'ottimizzazione di questi aspetti comporta un aumento dei ricavi, inoltre, oltre ai costi fissi e di concimazione, i costi di raccolta restano invariati visto che questa modalità di raccolta viene effettuata con la stessa mietitrebbia, solo da un punto di vista concettuale, utilizzata negli scenari precedenti. Infatti questo lavoro di tesi propone un modello di mietitrebbia capace di ottimizzare le procedure di raccolta. L'elemento di novità rispetto alla macchina da raccolta descritta in letteratura sta nell'ottimizzazione dell'uso della tramoggia, la quale si è dimostrata l'anello debole di questa tipologia di raccolta. Come è stato descritto nei paragrafi precedenti i costi di trebbiatura sostenuti dalla raccolta selettiva automatica con cassone separato sono elevati a causa del dimezzamento della tramoggia che comporta un abbassamento della capacità operativa della macchina e di conseguenza si assiste ad un aumento dei costi. Per la descrizione della mietitrebbia completa delle modifiche per una raccolta più efficiente si rimanda al Capitolo 8. Fin'ora sono stati descritti gli elementi di novità che presenta la raccolta selettiva automatica con cassone separato ottimizzata solo sulla mietitrebbia durante la raccolta, ora verrà descritto l'elemento di ottimizzazione riguardante la gestione dei rimorchi. Infatti la mietitrebbia è in grado di calcolare la % di proteina ponderata del rimorchio contenente il frumento proteico ad ogni scarico. Questo è reso possibile grazie ad una funzione di Excel automatizzata mediante macro ed inserita nel software installato sulla mietitrebbia. Conoscere il contenuto proteico del rimorchio risulta molto importante nel momento in cui durante uno scarico non c'è abbastanza frumento non proteico da unire a quello proteico per abbassare la % di proteina a livello di soglia. A questo punto allo scarico successivo, grazie ai dati memorizzati in precedenza dal computer, il software non si limita solo ad ottimizzare il contenuto di proteina del cassone stesso, ma scarica anche un quantitativo di frumento non proteico in grado di ottimizzare la % di proteina presente nel rimorchio. Questa operazione viene eseguita ad ogni scarico per poi essere azzerata nel momento in cui il carrello è pieno e si procede a riempirne un altro. Questo

scenario rappresenta la massima ottimizzazione della raccolta selettiva del frumento, in termini di quantitativi di frumento in grado di recepire il premio qualità e in termini di abbassamento dei costi di raccolta.

6. RISULTATI

Come già detto in precedenza, il presente lavoro di tesi si propone di valutare la convenienza economica della raccolta selettiva del frumento duro in base al contenuto proteico direttamente in campo. L'analisi è stata eseguita su due annate di riferimento cosicché i risultati siano affidabili e veritieri, al fine di individuare una modalità di raccolta che risulti conveniente in entrambi gli anni e quindi renderla una tecnica da applicare indipendentemente dall'influenza della variabilità temporale. Tutti gli scenari descritti saranno messi in relazione con il metodo di raccolta classico in modo da stabilire se risulta realmente più conveniente e quale tra loro offre il reddito operativo più alto. Il calcolo dei ricavi è stato eseguito considerando come prezzi di riferimento i prezzi di listino del frumento duro fino del mercato di Bologna riferito alle rispettive annate. Per il 2011 è stato preso il prezzo relativo al 14/07/2011 (295-300 €/t), mentre per il 2012 la data di riferimento è il 12/07/2012 (255-258 €/t). In seguito verranno descritti i risultati ottenuti dall'analisi dei diversi scenari per entrambe le stagioni di raccolta.

6.1 Annata 2010/2011

La raccolta del 2011 è stata caratterizzata da una buona produzione (90,23 t), con una media di 6,7 t/ha, conforme con le medie di produzione della zona. Il contenuto proteico medio ponderato del campo è di 12,29%, ben al di sotto della soglia del bonus proteina. Da quest'ultimo dato si evince che nel caso di raccolta con la tecnica convenzionale non sarebbe possibile recepire il premio proteina, condizione resa possibile con le tecniche di raccolta selettiva. Questa assunzione è in parte vera e non generalizzabile per due ragioni:

1) Una tecnica di raccolta potrebbe risultare economicamente meno conveniente nel momento in cui viene comparata alla modalità di raccolta convenzionale. Le cause di questa situazione consistono nel fatto che i maggiori ricavi ottenuti dal recepimento del bonus proteina per una parte del raccolto sono minori delle maggiori spese richieste dalla tecnica in questione per effettuare la selezione del frumento.

2) Si possono creare delle condizioni, dovute alla variabilità spaziale del campo, dove la % di proteine presente in una porzione del campo sia superiore alla soglia e si potrebbero presentare le condizioni per conferire casualmente dei rimorchi con un contenuto proteico superiore alla soglia. Nel caso specifico, osservando dal GIS la mappa delle proteine si evince che è possibile avere questa possibilità. Questa è una condizione che non viene neanche

considerata in quanto non può essere generalizzata e in più è un discorso poco appropriato in un contesto in cui si ricerca la massima efficienza possibile e conoscere a priori il risultato di un campo.

In seguito sono riportati i risultati derivati dall'analisi di ogni scenario descritto in precedenza per quanto riguarda la campagna 2010/2011.

6.1.1 Raccolta selettiva basata su zone omogenee

La raccolta selettiva basata sulle zone omogenee consiste nella trebbiatura separata delle diverse aree omogenee individuate nel campo. Nel sito di studio le sei zone individuate sono state raccolte separatamente, e dai dati analizzati si evince che le zone omogenee 200+0 e 200+15 possiedono un contenuto proteico superiore alla soglia. Pertanto il frumento raccolto in queste zone omogenee può recepire il bonus qualità, mentre quello delle altre è venduto al prezzo standard. I dati relativi alla produzione e alla % di proteina sono riportati in Tab. 6.

Tabella 6: Risultati produttivi e qualitativi della raccolta per zone omogenee.

Zone Omogenee	Produzione (t) 2011	Proteina ponderata (%) 2011
130+0	9,07	11,07
130+15	13,96	11,28
160+0	21,72	11,67
160+15	15,84	11,92
200+0	18,86	13,63
200+15	10,75	14,07

Questo primo dato risulta essere in linea con le informazioni trovate in letteratura, infatti le due zone con un contenuto proteico superiore alla soglia sono anche le meno produttive, rispettando la relazione inversa che esiste tra produzione e accumulo di proteine. I ricavi lordi di questa modalità di raccolta risultano superiori di quelli relativi alla raccolta convenzionale dato che in questo caso il campo ha un contenuto medio di proteine inferiore alla soglia. Inoltre come accennato in precedenza, si può valutare la possibilità di miscelare il raccolto della zona ad alto contenuto proteico con quello derivante da altre zone che possiedono una % inferiore alla soglia, ma comunque mantenendo una proteina media superiore alla soglia. Questo permette di ottenere ricavi maggiori dovuti alla vendita di maggiore prodotto ad alto contenuto proteico. Nel caso di studio non è possibile raccogliere insieme due zone omogenee mantenendo sempre un alto contenuto in proteine. Con questi dati non è possibile affermare se la raccolta selettiva basata su zone omogenee è più conveniente rispetto a quella

convenzionale. Infatti fin'ora sono stati valutati solo i ricavi lordi senza considerare i costi da supportare per questa modalità. I costi fissi e quelli di concimazione sono gli stessi sia per la raccolta convenzionale sia per le zone omogenee, mentre i costi di trebbiatura variano. Questo è dovuto al fatto che i tempi di raccolta delle aree omogenee sono maggiori rispetto a alla tecnica convenzionale perché le singole zone vengono considerate come singoli campi compromettendo la capacità operativa della macchina e di conseguenza aumentando il costo unitario della raccolta. Inoltre il costo a nuovo della macchina è superiore rispetto ad una macchina per la raccolta tradizionale data l'installazione del NIRs e del ricevitore satellitare. Pertanto i costi di trebbiatura dell'intero campo sono stati calcolati attraverso la media ponderata dei costi delle singole aree omogenee. In questo caso di studio, come si può osservare dalla tabella 7, i maggiori costi di raccolta sono compensati dai maggiori ricavi ottenuti dal bonus proteina rendendo più efficiente e redditizia la raccolta selettiva per zone omogenee rispetto a quella convenzionale.

Tabella 7: Analisi dei risultati economici della raccolta per zone omogenee

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Tradizionale	26843	--	1994	141,14	177,75	489	15969	1186	--	--
Zone Omogenee	27288	444	2027	154,65	178,19	489	16226	1205	256	19

6.1.2 Raccolta selettiva longitudinale

La raccolta selettiva longitudinale rappresenta una modalità di raccolta più precisa rispetto a quella basata su zone omogenee. Infatti in questo scenario l'unità base di selezione è rappresentata dalla singola passata della mietitrebbia avente una superficie di 0,26 ha e non un'intera zona omogenea con un'area superiore all'ettaro. Questa assunzione non implica che questa modalità comporti maggiori ricavi rispetto alla raccolta per aree omogenee, ma indica solo l'ordine di grandezza su cui si lavora. Infatti si può presentare la situazione in cui parte di una andana insiste su una zona ad alto potenziale proteico, mentre un'altra parte su un'area a

basso potenziale diluendo così la proteina portandola sotto la soglia del premio qualità. Come è stato già discusso precedentemente per stabilire se una strisciata aveva un contenuto proteico superiore alla soglia sono stati individuati i punti che insistono sulla passata in considerazione e con il calcolo della media ponderata si stabilisce se possiede una % di proteina superiore alla soglia o meno. L'area di studio ha una larghezza di 260 metri, e considerando una larghezza operativa di 5 metri, sono state raccolte 52 strisciate. In tabella 8 sono riportate le 17 andane che hanno un contenuto in proteina in grado di recepire il premio qualità.

Tabella 8: Risultati produttivo-economici delle passate con contenuto proteico >13,5%

Passata	Produzione (t) 2011	Proteina ponderata (%) 2011	Ricavo andana (€) 2011
4	1,71	14,73	537,30
5	1,83	13,68	572,04
7	1,71	14,71	535,96
8	1,74	14,72	543,84
9	1,75	14,75	548,69
10	1,75	14,60	547,28
11	1,75	14,62	547,41
12	1,74	14,74	546,42
13	1,72	14,82	538,05
14	1,47	13,93	461,37
17	1,44	13,71	450,36
46	1,76	13,64	551,02
47	1,75	15,09	547,25
48	1,72	15,21	539,63
49	1,71	15,27	537,27
50	1,71	15,29	536,20
51	1,71	15,40	535,18

Se si osserva la mappa delle proteine e si sovrappone quella in cui sono indicate le zone omogenee è possibile notare che ci sono delle andate ad alto contenuto proteico che insistono sulle zone omogenee ad alta percentuale di proteina, andane che non raggiungono la soglia del premio, anche se si trovano nelle zone che recepiscono il bonus, e strisciate con alto contenuto proteico appartenenti a zone omogenee che non hanno ricevuto il premio qualità. Questo risulta essere concorde con le considerazioni precedenti. Indipendentemente da dove sono situate le andane con un contenuto in proteine superiore alla soglia anche in questo scenario i ricavi lordi sono maggiori di quelli recepiti dalla raccolta convenzionale. I costi fissi e di concimazione rimangono gli stessi dello scenario classico, mentre i costi di

trebbiatura variano nel caso di raccolta selettiva longitudinale. Essi però risultano poco significativi rispetto a quelli della raccolta tradizionale dato che i parametri tecnici inseriti nel modello sono gli stessi, a parte la maggiorazione sul costo a nuovo della mietitrebbia dotata della tecnologia necessaria per attuare questo tipo di raccolta. Di conseguenza il reddito operativo in questa modalità di raccolta risulta più conveniente della raccolta classica come dimostra la tabella 9.

Tabella 9: Analisi dei risultati economici della raccolta selettiva longitudinale

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Tradizionale	26843	--	1994	141,14	177,75	489	15969	1186	--	--
Longitudinale	27279	436	2027	144,16	177,75	489	16364	1216	395	29

6.1.3 Raccolta selettiva trasversale

L'obiettivo principale della raccolta selettiva trasversale è quello di intercettare e poter differenziare il frumento ad alto contenuto proteico sfruttando la diversa direzione di raccolta della macchina. Questo approccio è giustificato dal fatto che esiste variabilità spaziale all'interno del campo, quindi la concentrazione di proteine non è distribuita uniformemente nel campo, pertanto nasce la necessità di poter raccogliere questo prodotto insieme e nel modo più semplice possibile dal punto di vista logistico. Un altro aspetto da tenere in considerazione è la capacità operativa della mietitrebbia che può essere favorita raccogliendo in un senso rispetto ad un altro. Anche in questo scenario l'unità di selezione è rappresentata dall'area della strisciata che corrisponde a 0,13 ha, con la differenza rispetto alla raccolta longitudinale che la larghezza del campo diventa di 520m generando 104 andane. Per questo tipo di raccolta le operazioni di analisi sono state uguali a quelle svolte per la raccolta selettiva longitudinale. Nel caso specifico questa modalità di raccolta non ha sortito un risultato incoraggiante visto che solo 3 delle 104 strisciate possiedono un contenuto proteico superiore alla soglia (Tab. 10).

Tabella 10: Risultati produttivo-economici delle passate con contenuto proteico >13,5%

Passata	Produzione (t) 2011	Proteina ponderata (%) 2011	Ricavo andana (€) 2011
3	0,680	13,53	212,58
4	0,698	13,52	218,21
5	0,712	13,54	222,63

Il dato era prevedibile osservando le mappe di proteina in quanto si osserva un gradiente di % proteico crescente da ovest verso est in senso trasversale. Pertanto raccogliendo il campo in direzione trasversale è stato miscelato il frumento proteico con quello non proteico abbassando così la media della passata al di sotto della soglia per quasi tutte le andane. Come dimostra la tabella 11 questa modalità di raccolta non ha ottenuto ricavi incoraggianti, presentando addirittura degli svantaggi rispetto alla raccolta tradizionale.

Tabella 11: Analisi dei risultati economici della raccolta selettiva trasversale

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Tradizionale	26843	--	1994	141,14	177,75	489	15969	1186	--	--
Trasversale	26875	31	1997	152,71	178,27	489	15838	1177	-131	-10

Tutto è spiegato dal fatto che i ricavi lordi ottenuti dalla vendita del prodotto differenziato in modo poco efficiente non bastano per coprire i maggiori costi di trebbiatura dovuti ad un calo della capacità operativa della macchina rispetto alla raccolta classica.

6.1.4 Raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale

Per poter effettuare questa modalità di raccolta bisogna apportare delle modifiche strutturali oltre che tecnologiche alla mietitrebbia. Infatti, come rispecchiato dal nome, la macchina deve essere attrezzata con due cassoni separati, sensori, valvole e un sistema di scarico in grado di poter accingere da entrambi i cassoni oltre che la tecnologia NIRs ed un computer con

l'algoritmo che regola tutto il processo di selezione. Tutta questa strumentazione è necessaria per procedere alla raccolta considerando come unità di selezione la singola parcella sulla quale è stato eseguito il rilevamento. Pertanto si passa dalla strisciata ad una parcella di circa 25 m² rendendo ancora più efficace il processo di selezione del prodotto ad alto contenuto proteico. In questo scenario si è sicuri di poter raccogliere tutto il frumento proteico presente nel campo indipendentemente dal senso di raccolta o dall'appartenenza ad una zona omogenea. Nel caso di studio sono state raccolte 28,30t di frumento con una % di proteina superiore alla soglia e in grado di recepire il premio qualità, che comporta ricavi lordi superiori rispetto al metodo di raccolta tradizionale. Questa tipologia di raccolta risulta più delicata delle altre per quanto riguarda il calcolo dei costi di trebbiatura, conseguenza del fatto che la capacità della tramoggia viene dimezzata per ottenere i cassoni separati. Questo fattore, insieme all'aumento dei tempi accessori di scarico, influisce negativamente sulla capacità operativa della trebbia e comporta un aumento considerevole dei costi unitari di raccolta (Tab. 12).

Tabella 12: Riassunto dei costi della raccolta longitudinale automatica rispetto alla raccolta tradizionale

	Raccolta longitudinale automatica	Raccolta tradizionale
Costo unitario (€/ha)	187,91	141,14
Costo unitario (€/t)	28,05	21,07
Autonomia tramoggia senza sosta all'interno del campo (n)	2,00	4,00
Capacità operativa di lavoro (ha/h)	1,61	2,06
Tempi accessori di carico o scarico (h/ha) (TAS)	0,192	0,058

Dai dati osservati durante l'analisi di questo scenario si è visto che, salvo casi estremi, per ogni strisciata c'è del prodotto sia proteico che non proteico, il che è giustificato dal fatto che nel calcolo dei costi nel modello non è stato inserito un numero corrispondente alla metà della tramoggia di una mietitrebbia ordinaria, ma una quantità che tenga presente anche il parziale riempimento di uno dei cassoni penalizzato nelle diverse occasioni. Dall'analisi completa di questo metodo di raccolta si evince che nonostante venga raccolto tutto il frumento con un contenuto proteico superiore alla soglia per acquisire il premio qualità, e di conseguenza ottenere i massimi ricavi lordi, i costi di raccolta sono talmente elevati da non permettere di ottenere un reddito operativo superiore rispetto alla raccolta tradizionale. Come possiamo osservare dalla tabella 13 il confronto con la raccolta classica è negativo.

Tabella 13: Analisi dei risultati economici della raccolta selettiva longitudinale automatizzata

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Tradizionale	26843	--	1994	141,14	177,75	489	15969	1186	--	--
Longitudinale automatica	27268	424	2026	187,91	177,75	489	15764	1171	-205	-15

6.1.5 Raccolta selettiva automatica con cassone separato trasversale

Questa modalità di raccolta riprende le stesse modalità di analisi e le stesse considerazioni che sono state descritte per la raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale. Infatti anche per questo scenario l'unità selettiva è rappresentata dalla parcella interessata dal singolo rilevamento e la macchina da raccolta è soggetta a tutte le modifiche descritte in precedenza. Inoltre non è possibile fare valutazioni sulla possibilità di raccogliere maggiori quantitativi di frumento ad alto contenuto in proteine rispetto allo scenario precedente perché, come è già stato spiegato, questo tipo di mietitrebbia differenzia tutto il grano indipendentemente dal senso di raccolta. Il fattore che giustifica la valutazione di questa tecnica di raccolta è quello di cercare di aumentare la capacità operativa e di conseguenza abbassare i costi di trebbiatura. Infatti, come si è potuto notare in precedenza, la raccolta selettiva automatica è più sensibile alle variabili tecniche da inserire negli input del modello dei costi rispetto alle altre tecniche di raccolta. Nel caso di studio la veridicità dei dati è provata dal fatto che i ricavi lordi dei due scenari di raccolta sono gli stessi. Per quanto riguarda il reddito operativo invece non ci sono miglioramenti sostanziali perché i costi di raccolta non si sono ridotti al punto da poter avere un ricavo superiore alla raccolta tradizionale rimanendo sempre negativi (Tab. 14).

Tabella 14: Analisi dei risultati economici della raccolta selettiva longitudinale trasversale automatizzata

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Tradizionale	26843	--	1994	141,14	177,75	489	15969	1186	--	--
Trasversale automatica	27268	424	2026	185,00	178,27	489	15796	1174	-173	-13

6.1.6 Raccolta selettiva automatica con cassone separato mediante l'ausilio del test strip

Come precedentemente menzionato, il test strip è uno strumento che affianca la raccolta selettiva automatica con cassone separato con il quale è possibile conoscere a priori il contenuto in proteine dell'intero campo e, nel caso sia possibile, differenziare un maggior quantitativo di frumento con una % in proteina superiore alla soglia. In questo caso risulta molto importante la distribuzione della proteina e di conseguenza la sua deviazione standard. Infatti questa tecnica utilizza un algoritmo in grado di calcolare di quanto bisogna ridurre il punto di taglio affinché il valore medio della proteina del frumento di qualità non scenda al di sotto della soglia stabilita. Il risultato di questa operazione è la miscelazione di frumento a basso contenuto proteico nel cassone contenente il grano di qualità, con il vantaggio di poter vendere maggior prodotto ad un prezzo più alto, grazie al premio qualità. In questo caso di studio l'analisi si è fermata al calcolo della % di proteina del campo risultato inferiore alla soglia, pertanto sarebbe stato possibile analizzare la deviazione standard ed eventualmente impostare l'algoritmo, ma osservando le mappe di resa proteica utilizzate per le analisi precedenti si notano alcuni limiti applicativi. Infatti la mappa delle proteine dimostra un gradiente della % in proteine nel campo che va da ovest verso est quasi separandolo in due. Questa distribuzione della proteina comporta dei limiti logistici ed applicativi in quanto nel momento in cui si adatta l'algoritmo per una parte del campo, questo potrebbe non essere giusto per un'altra parte. Il risultato a cui si va in contro è che si potrebbero scaricare nel carrello adibito al frumento ad alto contenuto proteico cassoni con un contenuto in proteine inferiore alla soglia con la formazione di uno strato di frumento che se viene intercettato dalla sonda, al centro di stoccaggio, rischia di non far recepire il premio qualità all'intero rimorchio.

Per evitare questo tipo di complicazioni si è scelto di non proseguire con l'analisi per quanto riguarda il 2011.

Tabella 15: Valori utilizzati per l'analisi del test strip

Strisciata	7	19	40	Test strip	Campo
Proteina ponderata (%)	14,71	12,69	10,65	12,68	12,29
deviazione standard	1,06	2,48	1,43	2,03	2,34

6.1.7 Raccolta selettiva con cassone separato ottimizzata

Le modalità di analisi della raccolta ottimizzata ricalcano quelle della raccolta selettiva con cassone separato, con il vantaggio che ne migliora alcuni aspetti logistici e produttivi. Infatti questa modalità di raccolta permette di abbassare la % di proteina del frumento proteico a livello di soglia grazie ad un algoritmo in grado di misurare le medie ponderate di proteina presente nei due cassoni, e provvede a miscelare del frumento a basso contenuto proteico con quello di qualità, eventualmente ce ne fosse bisogno, al momento dello scarico. Il risultato di questa operazione, nel caso fosse possibile farlo, è il conferimento di un maggiore quantitativo di frumento in grado di recepire il premio qualità. Inoltre, come descritto nel capitolo precedente, questa tecnica prevede l'ottimizzazione della % di proteina anche nel rimorchio portando al massimo l'efficienza della raccolta differenziata del frumento. Nel caso di studio con questa modalità di raccolta sono state differenziate 47,99t di frumento duro con un contenuto in proteine superiore alla soglia, un quantitativo maggiore rispetto allo scenario precedente di 19,69t. Questo si traduce in ricavi lordi elevati, superiori a tutti gli altri scenari osservati in questo lavoro. Il conferimento di un maggior quantitativo di frumento in grado di ottenere il premio qualità associato a costi di raccolta ridotti dovuti al miglioramento della capacità operativa della mietitrebbia fanno sì che questa tipologia di raccolta risulti più conveniente della raccolta tradizionale. Come dimostrano i risultati in tabella 16 il reddito operativo di questo scenario è maggiore di quello relativo alla raccolta convenzionale, infatti se messi in relazione si ottiene un risultato positivo.

Tabella 16: Analisi dei risultati economici della raccolta selettiva longitudinale automatica ottimizzata

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011
Tradizionale	26843	--	1994	141,14	177,75	489	15969	1186	--	--
Longitudinale automatica ottimizzata	27563	720	2048	168,52	177,75	489	16321	1213	351	26

Questo dato è molto importante perché dimostra che le modifiche apportate alla macchina da raccolta rispetto alla raccolta selettiva con cassone separato ottimizzano realmente la raccolta per tutti i fattori menzionati in precedenza, infatti il reddito operativo della raccolta con cassone separato non ottimizzata è negativo rispetto alla raccolta convenzionale.

6.2 Annata 2011/2012

Dalla raccolta 2012 sono state ottenute 86,99 t con una media di 6,4 t/ha, un risultato leggermente inferiore rispetto all'annata precedente. Questo dato non suscita preoccupazioni dato che la esigua differenza è data dalla variabilità temporale. La conseguenza più immediata di questo calo di produzione è il maggior contenuto proteico del campo, infatti si presenta superiore, anche se di poco, rispetto al 2011 (12,46%). La tendenza risulta in linea con le informazioni trovate in letteratura riguardanti la relazione inversa che esiste tra produzione e contenuto in proteine. In questa annata vengono descritte le stesse modalità di raccolta individuate per il primo anno, le tecniche di analisi e varie assunzioni ricalcano quelle del 2011 con l'aspettativa di trovare una continuità nei risultati per entrambi gli anni di sperimentazione. Se così fosse, si potrebbe pensare di generalizzare la convenienza di una tecnica di raccolta rispetto alle altre e a quella convenzionale.

6.2.1 Raccolta selettiva basata su zone omogenee

Dalla raccolta separata delle sei zone omogenee si evince che solo la 200+0 possiede una media ponderata di proteina superiore alla soglia. Pertanto solo alla produzione di questa area

verrà attribuito il premio qualità. Come si può osservare in tabella 17 le produzioni unitarie delle zone omogenee sono molto vicine, quindi la differenza del contenuto proteico non è dovuto alla relazione inversa con la produzione, ma può semplicemente attribuirsi ad un migliore sfruttamento dell'azoto dovuto alle caratteristiche del terreno, al tipo di concimazione sull'area e alle condizioni climatiche.

Tabella 17: Risultati produttivi e qualitativi della raccolta per zone omogenee

Zone Omogenee	Produzione (t/ha) 2012	Proteina ponderata (%) 2012
130+0	6,40	1,29
130+15	6,80	1,86
160+0	6,41	3,05
160+15	6,28	2,28
200+0	6,67	3,09
200+15	6,09	1,77

Anche per quest'anno non è possibile miscelare il prodotto di una zona omogenea a basso contenuto proteico con quella ad alto potenziale proteico, perché nessuna soluzione risulta avere una % di proteina ponderata superiore alla soglia. Nonostante solo una zona possa recepire il premio qualità, i ricavi lordi della raccolta selettiva in base alle zone omogenee sono maggiori dei ricavi ottenuti dalla raccolta tradizionale. Per gli stessi motivi descritti per il 2011 anche per il 2012 i costi di trebbiatura di questo scenario sono superiori rispetto a quelli della raccolta classica, ma come si osserva in tabella 18 non sono ingenti e di conseguenza permette di ottenere un reddito operativo superiore.

Tabella 18: Analisi dei risultati economici della raccolta selettiva per zone omogenee

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Tradizionale	22314	--	1658	141,14	178,09	495	11354	844	--	--
Zone Omogenee	22625	311	1681	153,53	178,53	495	11492	854	138	10

La raccolta per zone omogenee si è dimostrata una buona tecnica per aumentare, anche se non di molto, il reddito operativo e l'efficienza di un campo.

6.2.2 Raccolta selettiva longitudinale

Il processo di analisi della raccolta selettiva longitudinale inizia sovrapponendo la griglia 5x5m alla mappa di proteina del campo in modo da poter individuare più facilmente i dati appartenenti alle diverse andane. Successivamente calcolando la media ponderata della % di proteina dei rilevamenti si ottiene il contenuto proteico di ogni singola andana e successivamente stabilire quale supera la soglia e di conseguenza attribuire il premio qualità. Nel caso di studio delle 52 strisciate effettuate solo 18 risultano superiori alla soglia (Tab. 19).

Tabella 19: Risultati produttivo-economici delle passate con contenuto proteico >13,5%

Andana	Produzione (t) 2012	Proteina ponderata (%) 2012	Ricavo andana (€) 2012
0	1,81	14,75	492,35
1	1,80	14,48	490,58
2	1,79	14,53	487,54
3	1,80	14,50	488,82
4	1,79	14,50	488,45
5	1,79	14,50	488,61
6	1,79	14,52	487,11
7	1,80	14,48	490,34
8	1,80	14,46	489,73
9	1,46	14,15	399,01
10	1,46	14,78	398,00
45	1,72	14,08	469,34
46	1,72	14,05	467,60
47	1,73	14,05	470,45
48	1,73	14,05	470,00
49	1,73	14,05	470,46
50	1,73	14,03	470,97
51	1,72	14,01	469,07

Questo risultato incoraggiante permette di affermare che i ricavi lordi di questa modalità di raccolta sono superiori rispetto ai ricavi ottenuti dalla raccolta tradizionale. Osservando la mappa di proteina sovrapposta a quella che raffigura le zone omogenee del campo si evince che ci sono delle passate che appartengono all'area omogenea ad alto contenuto proteico, andane che non raggiungono la soglia del premio, anche se si trovano nelle zone che

recepiscono il bonus, e strisciate con alto contenuto proteico appartenenti a zone omogenee che non hanno ricevuto il premio qualità. I risultati sono in linea con le considerazioni fatte per la raccolta selettiva longitudinale del 2011. Dall'analisi dei costi di trebbiatura si è constatato che il costo per attuare questo tipo di raccolta non si discosta tanto da quello convenzionale, dovuto al fatto che i parametri tecnici sono gli stessi, a differenza del costo della mietitrebbia a nuovo, maggiorato della tecnologia per attuare la raccolta selettiva. La conseguenza di avere ricavi lordi maggiori e costi pressoché simili è quella di avere un maggior reddito operativo da parte di questa tipologia di raccolta. Come si può notare dalla tabella 20 il ricavo netto unitario risulta considerevole.

Tabella 20: Analisi dei risultati economici della raccolta selettiva longitudinale

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Tradizionale	22314	--	1658	141,14	178,09	495	11354	844	--	--
Longitudinale	22783	469	1693	144,16	178,09	495	11783	875	428	32

6.2.3 Raccolta selettiva trasversale

La raccolta selettiva trasversale sfrutta il diverso senso di raccolta della mietitrebbia con lo scopo di intercettare diversamente il frumento, con la possibilità che questo si misceli meglio e si possa ottenere più prodotto in grado di recepire il premio qualità. Questa necessità nasce quando si individua una variabilità spaziale nel campo, allora potrebbe essere una valida alternativa per facilitare dal punto di vista logistico la maggior quantità possibile di frumento ad alto contenuto proteico. Considerando il senso di raccolta, la griglia divide il campo in 104 andane e nessuna di queste possiede una % di proteina superiore alla soglia. Questo risultato era auspicabile già osservando la mappa delle proteine, infatti si nota che il campo ha un gradiente crescente di proteina da ovest verso est in senso trasversale del campo. Pertanto raccogliendo in questo senso la % di proteina del frumento raccolto per ogni strisciata viene diluita a tal punto da non superare la soglia per l'ottenimento del premio qualità. Per quanto

riguardo il campo analizzato i ricavi lordi di questa tipologia di raccolta sono uguali alla raccolta classica eseguita in senso longitudinale, con la differenza che i costi di trebbiatura aumentano a causa del costo della tecnologia necessaria per attuare questo scenario e soprattutto a causa del calo della capacità operativa che fa lievitare i prezzi di raccolta. Come dimostra la tabella 21 il reddito operativo della raccolta selettiva trasversale è minore di quello relativo alla raccolta convenzionale, infatti mettendoli in relazione restituiscono un valore negativo.

Tabella 21: Analisi dei risultati economici della raccolta selettiva trasversale

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Tradizionale	22314	--	1658	141,14	178,09	495	11354	844	--	--
Trasversale	22314	0	1658	152,71	178,61	495	11192	831	-163	-12

6.2.4 Raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale

La raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale permette di raccogliere tutto il frumento ad alto contenuto proteico presente nel campo. Questo è reso possibile grazie alle modifiche tecniche apportate alla macchina da raccolta descritte in precedenza e all'algoritmo capace di coordinare i dati di proteina inviati dal NIRs e l'apertura delle valvole per ognuna delle 2714 rilevazioni eseguite. Nella trebbiatura del campo sono state raccolte 25t di frumento avente un contenuto proteico superiore alla soglia in modo da attribuirgli il premio qualità. Come è possibile osservare nella tabella 22 i ricavi totali di questa tipologia di raccolta selettiva sono maggiori rispetto a quelli ottenibili dalla raccolta tradizionale.

Tabella 22: Analisi dei risultati economici della raccolta selettiva longitudinale automatizzata

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Tradizionale	22314	--	1658	141,14	178,09	495	11354	844	--	--
Longitudinale automatica	22689	375	1686	187,91	178,09	495	11100	825	-255	-19

Tuttavia la sensibilità di questo scenario ai costi di trebbiatura penalizza fortemente il reddito operativo. Infatti i maggiori ricavi ottenuti dal conferimento del premio qualità a parte del raccolto non sono sufficienti a bilanciare i maggiori costi di raccolta che caratterizzano questa tipologia di raccolta. Anche per il 2012 la relazione tra raccolta automatica con cassone separato e raccolta convenzionale restituisce un dato negativo confermando la maggiore convenienza economica della raccolta classica.

6.2.5 Raccolta selettiva automatica con cassone separato trasversale

Questa tecnica di raccolta non solo ricalca la stessa modalità di analisi adottata per la raccolta longitudinale, ma anche i ricavi lordi sono gli stessi. Questo è spiegato dal fatto che la raccolta selettiva con cassone separato differenzia tutto il frumento con una % in proteina superiore alla soglia indipendentemente dal senso di raccolta. Vale comunque la pena valutare entrambi i sensi di raccolta perché in questo modo si potrebbero abbattere i costi di trebbiatura visto che, come è stato descritto in precedenza, questa modalità risulta molto sensibile all'aumento dei costi di raccolta. Nel caso di studio la conformazione del campo penalizza ancora di più il calcolo dei costi, e il relativo reddito operativo contrapposto a quello della raccolta convenzionale risulta negativo dimostrando nuovamente che la raccolta tradizionale è economicamente più conveniente di quella selettiva automatica con cassone separato trasversale (Tab. 23).

Tabella 23: Analisi dei risultati economici della raccolta selettiva trasversale automatizzata

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Tradizionale	22314	--	1658	141,14	178,09	495	11354	844	--	--
Trasversale automatica	22689	375	1686	185,00	178,61	495	11132	827	-223	-17

6.2.6 Raccolta selettiva automatica con cassone separato mediante l'ausilio del test strip

Anche se nel 2011 l'analisi del test strip si è fermata a causa dei problemi applicativi precedentemente descritti, lo stesso procedimento si è svolto per il 2012 con l'auspicio di poter vendere maggior frumento con la maggiorazione del premio qualità. Anche se l'annata è stata caratterizzata da una produzione minore rispetto all'anno precedente, il contenuto in proteine del campo si è presentato al di sotto della soglia (Tab. 24), ma dalla mappa della resa proteica si è notato un gradiente del contenuto proteico nel campo ancora più accentuato rispetto al 2011. Pertanto anche per il 2012 si presentano gli stessi limiti applicativi e logistici descritti per l'anno precedente di conseguenza, e anche in questo caso si è deciso di concludere l'analisi con il calcolo della media e deviazione standard del test strip e dell'intero campo con il dato confortante che il test rispecchia le caratteristiche dell'intero campo.

Tabella 24: Valori utilizzati per l'analisi del test strip

Strisciata	7	19	40	Test strip	Campo
Proteina ponderata (%)	14,49	12,3	10,57	12,45	12,46
deviazione standard	1,65	0,98	0,52	1,96	2,08

6.2.7 Raccolta selettiva con cassone separato ottimizzata

La raccolta selettiva con cassone separato ottimizzata nasce dallo studio, e dalla successiva analisi al caso di studio, dei diversi scenari riscontrati in letteratura con l'obiettivo di risolvere tutti i loro difetti, che siano di carattere produttivo o logistico. Pertanto diventa cruciale

l'analisi di questo scenario negli anni per vedere come risponde ed eventualmente generalizzarlo. Per il secondo anno di sperimentazione è risultato interessante analizzare questa tipologia di raccolta con una produzione inferiore e un contenuto in proteine del campo leggermente più alto del primo anno. Dopo aver effettuato l'analisi i risultati dimostrano che lo scenario non ha tradito le aspettative mantenendo un reddito operativo economicamente più conveniente rispetto alla raccolta convenzionale, anche se applicato ad una situazione produttiva e di mercato penalizzante (Tab. 25).

Tabella 25: Analisi dei risultati economici della raccolta selettiva longitudinale automatica ottimizzata

Scenario	Ricavi (€/scenario)	Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)	Ricavi (€/ha)	Costo trebbia (€/ha)	Costo concim. (€/ha)	Altri costi (€/ha)	RO appez. (€)	RO (€/ha)	RO appez. (€/scenario) (diff. rispetto scenario base trad.)	RO (€/ha) (diff. rispetto scenario base trad.)
	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Tradizionale	22314	--	1658	141,14	178,09	495	11354	844	--	--
Longitudinale automatica ottimizzata	22991	677	1708	168,52	178,09	495	11663	866	308	23

Osservando i risultati derivanti dall'analisi dei dati di entrambi gli anni di sperimentazione si evince un fattore molto rilevante che consiste nel fatto che le due annate di riferimento restituiscono situazioni analoghe per i diversi scenari analizzati, e quindi si è in grado di poter generalizzare i risultati ottenuti ad aree aventi caratteristiche simili. Nel capitolo successivo saranno analizzate le motivazioni per cui delle modalità di raccolta risultano più convenienti rispetto ad altre facendo un quadro generale dei risultati relazionati ai due anni di sperimentazione.

7. CONCLUSIONI

L'analisi delle diverse modalità di raccolta descritte in precedenza per entrambi gli anni di sperimentazione ha dimostrato risultati incoraggianti per alcuni scenari, mentre per altri sono risultati alquanto deludenti. Il vantaggio di aver impostato la sperimentazione su due annate consiste nel fatto che, nel momento in cui una tipologia di raccolta risulta conveniente per entrambi gli anni, è possibile generalizzare il risultato, considerando lo scenario un metodo alternativo per aumentare il reddito operativo di un campo. Ovviamente questo ragionamento si può applicare nella individuazione dei metodi meno efficienti, o nel trovare la migliore tecnica rispetto a tutte le altre. Nella tabella 26 sono rappresentati i ricavi lordi, i costi e il reddito operativo di tutte le modalità di raccolta descritte in precedenza per entrambi gli anni, relazionate allo scenario della raccolta convenzionale.

Tabella 26: Tabella riassuntiva della valutazione economica dei diversi scenari analizzati

Scenario	Ricavi (€/scenario)		Ricavi vs scenario trad. (€/scenario)		Ricavi (€/ha)		Costo trebbia (€/ha)		Costo concimazione (€/ha)	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Tradizionale	26843	22314	--	--	1994	1658	141,14	141,14	177,75	178,09
Zone Omogenee	27288	22625	444	311	2027	1681	154,65	153,53	178,19	178,53
Longitudinale	27279	22783	436	469	2027	1693	144,16	144,16	177,75	178,09
Trasversale	26875	22314	31	0	1997	1658	152,71	152,71	178,27	178,61
Longitudinale automatica	27268	22689	424	375	2026	1686	187,91	187,91	177,75	178,09
Trasversale automatica	27268	22689	424	375	2026	1686	185,00	185,00	178,27	178,61
Longitudinale automatica ottimizzata	27563	22991	720	677	2048	1708	168,52	168,52	177,75	178,09
Scenario	Altri costi (€/ha)		RO appezzamento (€)		RO (€/ha)		RO appezzamento (€/scenario) (differenza rispetto scenario base tradizionale)		RO (€/ha) (differenza rispetto scenario base tradizionale)	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Tradizionale	489	495	15969	11354	1186	844	--	--	--	--
Zone Omogenee	489	495	16226	11492	1205	854	256	138	19	10
Longitudinale	489	495	16364	11783	1216	875	395	428	29	32
Trasversale	489	495	15838	11192	1177	831	-131	-163	-10	-12
Longitudinale automatica	489	495	15764	11100	1171	825	-205	-255	-15	-19
Trasversale automatica	489	495	15796	11132	1174	827	-173	-223	-13	-17
Longitudinale automatica ottimizzata	489	495	16321	11663	1213	866	351	308	26	23

Si nota una sostanziale differenza dei ricavi lordi nei due anni dovuta essenzialmente ad una minore produzione e ad una condizione di mercato sfavorevole nel 2012. Osservando la colonna dei ricavi lordi si riscontra che ogni modalità di raccolta selettiva genera redditi maggiori rispetto alla raccolta convenzionale, confermando la validità di questa tecnica di raccolta indipendentemente dai diversi modi in cui viene condotta. Questo è un dato incoraggiante ma poco significativo perché non considera i costi di raccolta, quali risultano essere la variabile maggiormente responsabile dell'affidabilità e della convenienza e che permette di decidere se adottare una tecnica piuttosto che un'altra. Dall'analisi di tutte le modalità di raccolta, per entrambi gli anni di sperimentazione, si è constatato che per raggiungere la massima efficienza economica dal campo non basta solo differenziare il maggior quantitativo di prodotto con le caratteristiche qualitative idonee per il conferimento del premio qualità, ma bisogna ottenere questo risultato con costi che risultino poco impattanti sul reddito operativo. Il concetto è risultato penalizzante per gli scenari relativi alla raccolta selettiva automatica con cassone separato longitudinale e trasversale i quali, nonostante avessero ricavi lordi più elevati della raccolta tradizionale ed alle altre tipologie di raccolta selettiva, non si dimostrano economicamente vantaggiosi a causa degli elevati costi di raccolta. L'altro scenario che si è dimostrato economicamente meno conveniente rispetto alla raccolta convenzionale è la raccolta selettiva trasversale. In questo caso le cause non sono da ricercare negli elevati costi di raccolta, infatti non sono eccessivamente più elevati dello scenario tradizionale, ma nella bassa quantità di prodotto differenziato, dovuto al senso di raccolta sbagliato rispetto alla concentrazione di proteina distribuita nel campo. La raccolta selettiva basata su zone omogenee e la raccolta selettiva longitudinale si dimostrano delle buone tecniche di raccolta differenziata del frumento, ottenendo un buon quantitativo dello stesso ad alto contenuto in proteine e mantenendo i costi di raccolta vicini a quelli sostenuti per la raccolta convenzionale. Queste caratteristiche fanno sì che entrambe le modalità di raccolta generino un reddito operativo superiore allo scenario classico. La modalità di raccolta che meglio interpreta i concetti di selezione di massimo quantitativo di frumento con un contenuto proteico superiore alla soglia e costi di raccolta non troppo elevati è la **raccolta selettiva automatica con cassone separato ottimizzata**. Infatti questa tipologia è in grado di separare più frumento proteico rispetto a tutti gli altri scenari; pertanto i ricavi lordi risultano i più alti. Per quanto riguarda i costi di trebbiatura, questi sono mantenuti relativamente bassi rispetto alle altre modalità di raccolta automatica grazie alle modifiche apportate alla tramoggia la cui descrizione si rimanda al Capitolo 8. Un elemento significativo che si evince dall'analisi dei due anni di sperimentazione consiste nel fatto che i risultati della valutazione

economica sono concordi, pertanto questo lavoro di tesi non si limita a commentare i risultati dell'analisi ma è in grado di generalizzare questi dati a tutti i campi che presentano caratteristiche orografiche, produttive e logistiche simili a quelle del campo oggetto di studio. Infatti il reddito operativo delle modalità di raccolta selettiva superiore a quello della raccolta tradizionale risulta per entrambi gli anni nel seguente senso crescente: raccolta selettiva basata su mappe, raccolta selettiva automatica con cassone separato ottimizzata e raccolta selettiva longitudinale. La modalità di raccolta selettiva basata su sensori si posiziona in mezzo a quelle che attuano la raccolta selettiva basata su mappe di prescrizione. Questa interpretazione dei risultati potrebbe sminuire le reali potenzialità della raccolta con cassone separato ottimizzata e sopravvalutare quelle che utilizzano le mappe. Infatti in questa analisi non vengono considerati i costi e i tempi necessari per l'elaborazione delle mappe di prescrizione, inoltre bisogna conteggiare anche i costi supplementari da affrontare necessari alla retribuzione del tecnico che deve effettuare l'analisi e stabilire se è possibile e come fare raccolta selettiva del frumento. Di parte ci sarebbe da dire che oggi un'azienda agricola ordinaria dovrebbe già avere nel proprio bilancio aziendale delle spese riguardanti l'analisi del terreno dei campi ed un registro con tutte le informazioni, quindi si dovrebbe considerare solo la parcella elargita al tecnico per l'analisi dei dati. Il fattore limitante della raccolta selettiva basata su mappe, che viene risolto dalle tecniche basate su sensori, sono i tempi. Infatti per avere dati affidabili per costruire le mappe di prescrizione sono necessarie almeno due annate di raccolta, che si traduce in almeno tre anni visto che il ringrano è ormai una tecnica di coltivazione desueta. Questo si traduce nella perdita di almeno due anni di mancati redditi rispetto ad una modalità di raccolta selettiva basata su sensori, in particolar modo la raccolta selettiva con cassone separato ottimizzata. Un altro punto di forza della raccolta selettiva con cassone separato ottimizzata è la facilità di applicazione, elemento molto importante nel momento in cui questo discorso viene intrapreso da un contoterzista. Concludendo si può affermare che la raccolta selettiva del frumento in campo è un supporto di integrazione al reddito delle aziende agricole, ovviamente individuando la tecnica di raccolta più adeguata alle caratteristiche dell'azienda, e che la modalità proposta in questo lavoro di tesi risulta la più remunerativa e di facile applicazione.

8. PROPOSTA DI PROTOTIPO PER LA RACCOLTA SELETTIVA AUTOMATIZZATA E OTTIMIZZATA

L'analisi effettuata in questo lavoro di tesi ha rilevato le caratteristiche positive e negative delle diverse modalità di raccolta selettiva del frumento duro. Nonostante la convenienza economica rilevata dalle tecniche di raccolta basata su mappe di prescrizione (raccolta selettiva basata su zone omogenee e raccolta selettiva longitudinale) rispetto alle modalità di raccolta basate su sensori, presentano comunque delle difficoltà di applicazione descritte in precedenza. Pertanto una volta individuati gli elementi limitanti delle tecniche di raccolta basata su sensori si è cercato di migliorare alcuni caratteri tecnici con lo scopo di aumentare la redditività di queste modalità di raccolta. La proposta descritta in questa tesi volge a migliorare questi parametri attuando una serie di modifiche alla macchina in grado di effettuare la raccolta selettiva automatica con cassone separato. Sulla base dell'analisi effettuata si deduce che i parametri che influiscono sul reddito operativo dei diversi scenari sono l'esigenza di differenziare il maggior quantitativo possibile di frumento in grado di recepire il premio qualità mantenendo bassi i costi di raccolta. Le modifiche effettuate per ottimizzare i profitti riguardano la divisione della tramoggia per aumentare la capacità operativa della mietitrebbia e la rettifica del software di gestione per aumentare il quantitativo di frumento ad alto contenuto proteico. Il concetto generale di questo progetto ricalca in linea di massima quello della macchina descritta in letteratura. In questo caso il cassone viene diviso in otto parti uguali in modo da ottenere dei mini cassoni da 1t circa. La divisione della tramoggia in più cassoni non implica la selezione di frumento con diverse % di proteina, infatti la differenziazione viene sempre effettuata su due classi di qualità (proteico e non proteico), ma permette una ottimizzazione dell'efficienza della tramoggia rispetto a quella divisa in due parti. La necessità di questa modifica nasce dal fatto che esiste una variabilità spaziale della % di proteine nel campo, quindi si può presentare una situazione in cui è presente solo una piccola quantità di frumento proteico su determinate strisciate e viceversa. Con il cassone diviso in otto parti questo problema viene quasi annullato perché nel caso limite in cui le strisciate presentino un quantitativo di frumento proteico molto più elevato rispetto a quello non proteico verranno riempiti sette degli otto cassoni e solo parte del cassone contenente il frumento non proteico resterà vuoto, mantenendo alta l'efficienza d'uso della tramoggia. Il frumento trasportato dalla facchiniera viene convogliato in un cono con otto aperture posizionate ognuna in direzione del rispettivo cassone (Fig. 19).

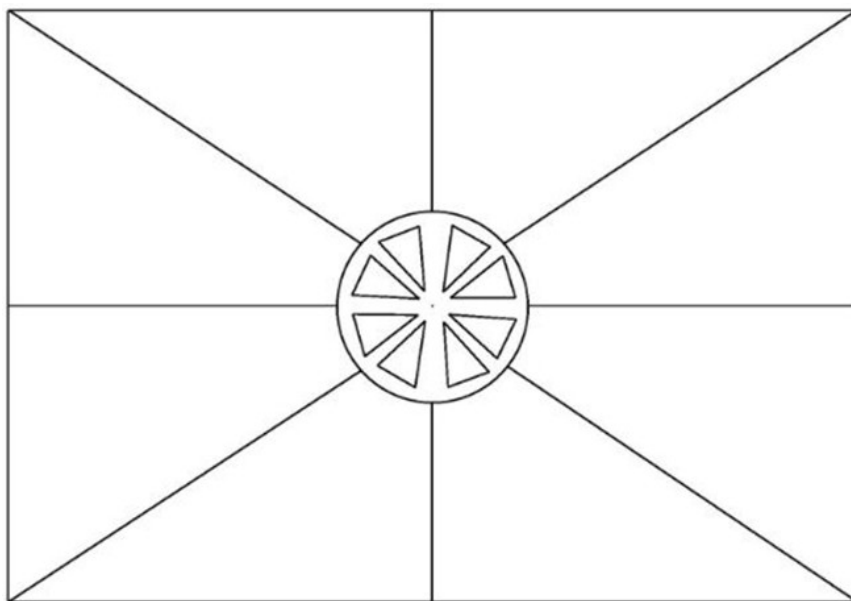


Figura 19: Pianta tramoggia parte di carico

Le aperture sono munite di pistoni che ricevono un segnale di apertura dal software in base al tipo di frumento che arriva. In questo modo il frumento con un contenuto in proteine superiore alla soglia impostata viene stoccato in un cassone e tenuto separato da quello a basso contenuto proteico. Ogni scomparto è munito di un sensore il quale una volta riempito il cassone invia il segnale di indirizzare l'operazione di carico del cassone affianco. Il sistema di scarico della tramoggia è simile a quello di carico, infatti ogni cassone possiede una apertura collegata a dei pistoni nella parte inferiore dello stesso, in modo da favorirne il completo svuotamento (Fig. 20).

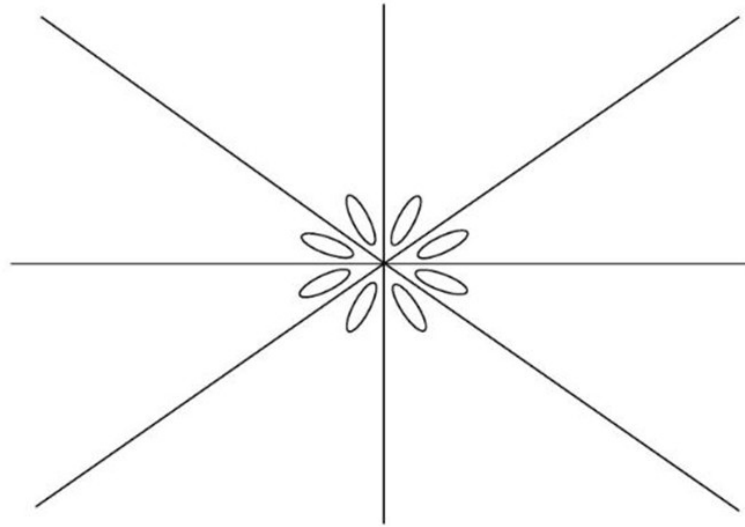


Figura 20: Pianta tramoggia parte di scarico

Tutte le aperture convogliano in una sorta di anticamera dove una coclea permette l'operazione di scarico. Pertanto ogni apertura risulta indipendente rispetto alle altre con la conseguenza di poter miscelare frumento appartenente a cassoni differenti. Questo è il secondo elemento di novità della raccolta ottimizzata rispetto a quella automatica con cassone separato. Infatti il software proposto in questo lavoro oltre ad analizzare i dati inviati dal NIRs e dare l'input ad uno sportello ad aprirsi per indirizzare il frumento in un cassone piuttosto che in un altro, calcola la media ponderata della % di proteina del frumento proteico e se si dimostra superiore alla soglia stabilita calcola la quantità di frumento non proteico da miscelare per abbassare il contenuto proteico a livello di soglia (Fig. 21).

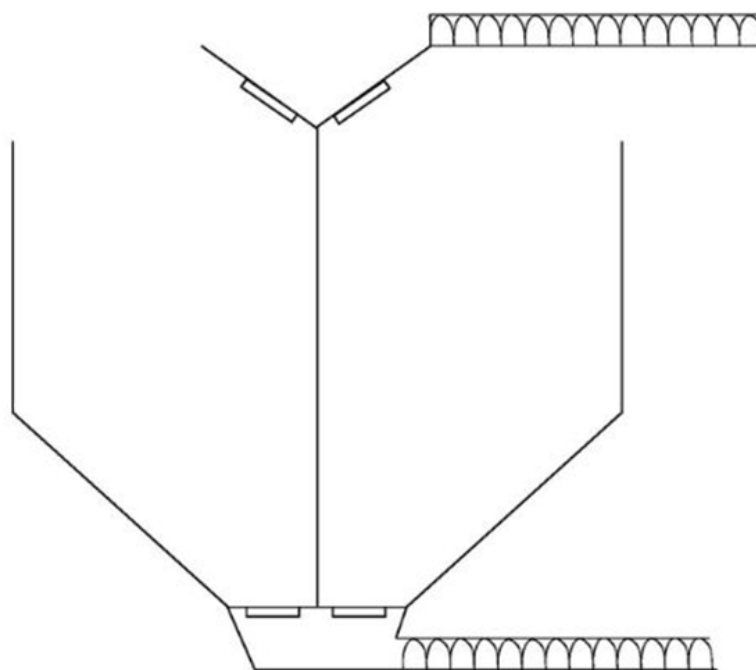


Figura 21: Sezione tramoggia

Una volta che il software ha stabilito il quantitativo di frumento non proteico da aggiungere, questo viene modulato sapendo la dimensione della serranda di scarico del cassone e effettuando un breve test sul campo della fluidità del prodotto. Inoltre il software non si limita solo a gestire il contenuto proteico della tramoggia, ma tramite una funzione di Excel chiamata *solver* calcola ad ogni scarico la % di proteina ponderata e stabilisce se è opportuno miscelare altro frumento non proteico qualora negli scarichi precedenti non ci fosse stato abbastanza frumento tale da abbassare la % di proteina del frumento proteico a livello di soglia. Come è stato commentato nei risultati, la raccolta selettiva automatica con cassone separato ottimizzata garantisce il differenziamento di un quantitativo di frumento ad alto contenuto proteico in grado di recepire il premio qualità superiore a tutti gli altri scenari e di conseguenza avere anche i ricavi lordi più elevati. Inoltre con l'ottimizzazione dell'efficienza d'uso della tramoggia la capacità operativa della mietitrebbia si mantiene su livelli soddisfacenti e di conseguenza anche i costi di raccolta risultano sostenibili. Infatti il reddito operativo di questa modalità di raccolta risulta maggiore della raccolta convenzionale, e per le considerazioni fatte nei capitoli precedenti, di più facile applicazione rispetto ai metodi di raccolta selettiva basati su mappe di prescrizione. In conclusione si può affermare che il progetto della macchina da raccolta proposto in questo lavoro ha un riscontro positivo sul reddito di un'azienda ad indirizzo cerealicolo con possibilità di essere utilizzata per tutti i

cereali e in cui viene richiesto un certo contenuto in proteine, previa taratura ed impostazione del software; ad esempio basso contenuto in proteine per il frumento tenero e contenuto in proteine intermedio per l'orzo adibito alla produzione di birra.

9. BIBLIOGRAFIA

- **Algerbo P.A., L. Thylén.** 1999. Variable nitrogen application: Effect on crop yield and quality. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture*, 787-796. P.C. Rober, H.H. Rust, W.E. Larson, eds. Madison, Wisc.: ASA, CSSA, SSSA
- **Meyer-Aurich A., Weersink A., Gandorfer M., Wagner P.** 2010. Optimal site-specific fertilization and harvesting strategies with respect to crop yield and quality response to nitrogen, *Agricultural Systems* 103:478–485.
- **Aparicio N., Villegas D., Casadesus J., Araus J. L., Royo C.** 2000. Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agron. J.* 92:83–91.
- **Basso B., Cammarano D., Chen D., Cafiero G., Amato M., Bitella G., Rossi R., Basso F.** 2009. Landscape position and precipitation effects on spatial variability of wheat yield and grain protein in southern Italy. *J. Agron. Crop Sci.* 195:301–312.
- **Basso B., Ritchie J.T., Cammarano D., Sartori L.** 2011. A strategic and tactical management approach to select optimal N fertilizer rates for wheat in a spatially variable field. *Eur. J. Agron.* 35:215–222.
- **Bedford R. K., Harvey E. R., Di Prinzio, P.** 1993. Remote sensing of crop biomass with a hand-held multispectral radiometer. Page 392 in *Proc. 7th Aust. Agron. Conf.* Adelaide, Australia.
- **Bellairs M., Turner N. C., Hick P. T., Smit C. G.** 1996. Plant and soil influences on estimating biomass of wheat in plant breeding plots using field spectral radiometers. *Aust. J. Agric. Res.* 47:1017–1034.
- **Blackmer A. M., White S. E.** 1998. Using precision farming technologies to improve management of soil and fertilizer nitrogen. *Aust. J. Agric. Res.* 49:555–564.
- **Bouman B. A. M., van Kasteren H. W. J., Uenk D.** 1992. Standard relations to estimate ground cover and LAI of agricultural crops from reflectance measurements. *Eur. J. Agron.* 1:249–262.
- **Buschman C., Nagel E.** 1993. In vivo spectroscopy and internal optics of leaves as basis for remote sensing of vegetation. *Int. J. Remote Sensing.* 14:711–722.
- **Martin C. T., McCallum J. D., Long D. S.** 2013. A Web-Based Calculator for Estimating the Profit Potential of Grain Segregation by Protein Concentration, *Agronomy Journal* - Volume 105, Issue 3.

- **Camera di commercio di Roma.** 2014. Report: 7° Incontro internazionale della filiera cerealicola.
- **Martin C. T.** 2012. Economic Feasibility of Segregating Grain by Protein Concentration While Harvesting, Oregon State University.
- **Chen J. M.** 1996. Evaluation of vegetation indices and a modified simple ratio for boreal applications. *J. Remote Sens.* 22:229–242.
- **Chen J. M., Cihlar J.** 1995. Retrieving leaf area index of boreal conifer forests using Landsat TM images. *Remote Sens. Environ.* 55:153–162.
- **STEWART C. M., McBratney A. B., Skerrett J.H.** 2002. Site-Specific Durum Wheat Quality and Its Relationship to Soil Properties in a Single Field in Northern New South Wales, *Precision Agriculture*, 3, 155–168.
- **Long D. S., McCallum J. D., Scharf P. A.** 2013. Optical-Mechanical System for On-Combine Segregation of Wheat by Grain Protein Concentration, *Agronomy Journal* - Volume 105, Issue 6.
- **Eastman J. R.** 1999. IDRISI32 Guide to GIS and image processing. Volume 2. Clark Labs, Clark University, MA. 170 pp.
- **Fiez T.E., Miller B.C., Pan W.L.** 1994. Winter wheat yield and grain protein across varied landscape positions. *Agronomy Journal* 86: 1026-1032.
- **Fox G.P., Bloustein G.E., Sheppard J.** 2010. “On-the-go” NIT technology to assess protein and moisture during harvest of wheat breeding trials. *J. Sci.* 51:171-173.
- **Zanni G., Nardone G.** 2009. Ecco come migliorare i contratti di filiera per la valorizzazione del grano duro, *Pasta & Pastai* n° 74/2009.
- **Grant C.A., D.N. Flaten.** 1998. Fertilizing for protein content in wheat. Wheat Protein Production and Marketing. Proc. of the wheat protein symposium March 9 and 10, 1998 Saskatoon, Saskatchewan, Canada. pp.151-168.
- **Ingles M.E.A., Casada M.E., Maghirang R.G..** 2003. Handling effects on commingling and residual grain in an elevator. *Transactions of the ASAE* 46(6):1625-1631.
- **Jacquemoud S., Baret F.** 1990. Prospect: a model of leaf optical properties spectra. *Remote Sens. Environ.* 34:75–91.
- **Jensen J. R.** 2000. Remote sensing of the environment: An earth resource perspective. Prentice Hall, NJ. pp. 544.
- **Lillesand T. M., Kiefer R. W.** 1994. Remote sensing and image interpretation. 3rd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY. pp. 750.

- **Ma B. L., Dwyer L. M., Costa C., Cober E. R., Morrison M. J.** 2001. Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. *Agron. J.* 93:1227–1234.
- **Diacono M., Castrignanò A., Troccoli A., De Benedetto D., Basso B., Rubino P.** 2012. Spatial and temporal variability of wheat grain yield and quality in a Mediterranean environment: A multivariate geostatistical approach, *Field Crops Research* 131:49–62.
- **Mather P. M.** 2001. Computer processing of remotely sensed images: An introduction. 2nd ed. John Wiley and Sons, Chichester, UK. pp 292.
- **Meyer-Aurich A., Gandorfer M., Weersink, A., Wagner, P.** 2008. Economic analysis of site-specific wheat management with respect to grain quality and separation of the different quality fractions, 12th Congress of the European Association of Agricultural Economists – EAAE 2008.
- **Nilsson H. E.** 1995. Remote sensing and image analysis in plant pathology. *Annu. Rev. Phytopathol.* 15:489–572.
- **Noaman M. M., Taylor G. A., Martin J. M.** 1990. Indirect selection for grain protein and grain yield in winter wheat. *Euphytica* 47:121–130.
- **Penuelas J., Gamon J. A., Fredeen A. L., Merino J., Field, C. B.** 1994. Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen and water-limited sunflower leaves. *Remote Sens. Environ.* 48:135–146.
- **Tozer P.R., Isbister B. J.** 2007. Is it economically feasible to harvest by management zone, *Precision Agric.* 8:151–159.
- **Basnyat P., McConkey B. G., Selles F., Meinert L. B.** 2014. Effectiveness of using vegetation index to delineate zones of different soil and crop grain production characteristics, *Canadian Journal of soil science*.
- **Rees W. G.** 2001. Physical principles of remote sensing. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 343.
- **Reyns P., Spaepen P., De Baerdemaeker J.** 2000. Site-specific relationship between grain quality and yield. *Precision Agriculture* 2: 231-246.
- **Schlecht S.M., Wilson W.W., Dahl B.L.** 2004. Logistical costs and strategies for wheat segregation. Agribusiness and Applied Economics Report No. 551, Department of Agribusiness and Applied Economics, Agricultural Experiment Station, North Dakota State University.
- **Sellers P. J., Schimel, D. S.** 1993. Remote sensing of the land biosphere and biogeochemistry in the EOS era: Science priorities, methods, and implementation EOS land biosphere and biogeochemical cycles panels. *Global Planetary Change.* 7:279–297.

- **Selles, F., Zentner R.P.** 1998. Environmental factors affecting wheat protein. *Wheat Protein Production and Marketing*. Proc. of the wheat protein symposium March 9 and 10, Saskatoon, Saskatchewan, Canada. pp. 139-150.
- **Sgroi F., Fazio V.** 2008. La produzione e il commercio del grano duro nel Mondo ed in Italia. In Osservatorio sulla filiera cerealicola siciliana. 2008. La filiera del grano duro in Sicilia. Consorzio Gian Pietro Ballatore per la Ricerca su Specifici Settori della Filiera Cerealicola.
- **Sivaraman, E., Lyford C.P., Brorsen B.W.** 2002. A general framework for grain blending and segregation. *Journal of Agribusiness* 20: 155-161.
- **Delin S.** 2004. Within-field Variations in Grain Protein Content-Relationships to Yield and Soil Nitrogen and Consistency in Maps Between Years, *Precision Agriculture*, 5:565–577.
- **Taylor J., Whelan B., Thylén L., Gilbertsson M., Hassall J.** 2005. Monitoring wheat protein content on-harvester: Australian experiences. In *Precision Agriculture '05, Proceedings of the 5th European Conference on Precision Agriculture*, ed. J.V. Stafford, Wageningen Academic Publishers.
- **Thylén L., Gilbertsson M., Rosenthal T., Wrenn S.** 2004. Sorting of grain on the farm- experiences with an online protein sensor. In *Proceedings of the 2004 International Quality Grains Conference*.
- **Trischenko A. P., Cihlar J., Li, Z.** 2002. Effects of spectral response function on surface reflectance and NDVI measured with moderate resolution satellite sensors. *Remote Sens. Environ.* 81:1–18.
- **Tucker C. J.** 1979. Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. *Remote Sens. Environ.* 7:279–297.
- **Verrell A. G., O'Brien L.** 1996. Wheat protein trends in Northern and Central NSW, 1958 to 1993. *Australian Journal of Agricultural Research* 47:335–354.
- **Wiegand C. L., Richardson D. E., Escobar D. E., Gerbermann A. H.** 1991. Vegetation indices in crop assessments. *Remote Sens. Environ.* 35:105–119.
- **Zhang M., Hendley P., Drost D., O'Meill M., Ustin S.** 1998. Corn and soybean yield indicators using remotely sensed vegetation index. Pages 1475–1481 in P. C. Roberts et al., ed. *Proc. Int. Precision Ag. Conf. 4th*. Minneapolis, MN. 1998 Jun. 19–22. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

Siti internet consultati

- www.istat.it
- www.unima.it/tariffe/ROVIGO.pdf
- <http://www.borsamerici.pr.it/listino/listino.jsp?cat=61&l=100&nocache=1392400563819&list=413&sid=null>
- http://www.motornet.it/portale/Home/macchine_agricole/nuovo_mietitrebbiatrici.html
- Ufficio Statistico dell'Unione Europea: www.epp.eurostat.ec.europa.eu. Ultimo contatto: 20/8/12