



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DELLA
TUSCIA

Università degli Studi della Tuscia di Viterbo

Dipartimento di ECONOMIA, INGEGNERIA, SOCIETÀ' E IMPRESA

Corso di Dottorato di Ricerca in

Economia, Management e Metodi Quantitativi XXXIV ciclo

Curriculum: Economia e politica agroalimentare

**MISURE AGRO-AMBIENTALI ED EFFICIENZA TECNICA: UN'ANALISI
MULTIDIMENSIONALE SULLE AZIENDE CEREALICOLE ITALIANE**

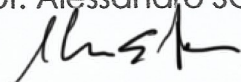
Settore scientifico-disciplinare **AGR/01 Economia ed estimo rurale**

Tesi di dottorato di:

Dott.  **GALLUZZO**

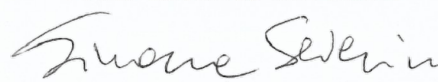
Coordinatore del corso:

Prof. Alessandro SORRENTINO



Tutor:

Prof. Simone SEVERINI



A.A. 2021/2022

Indice

Riassunto	I
Abstract	II
 CAPITOLO I	
Introduzione	1
1.1. Obiettivi perseguiti dalla politica agro-ambientale.....	2
1.2. Definizione ed evoluzione delle politiche agro-ambientali e dei pagamenti agro-ambientali	5
1.3. La politica agro-ambientale nel Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 e 2014-2020 in Italia	8
 CAPITOLO II	
Obiettivi e domande di ricerca	10
2.1. Obiettivo della ricerca condotta	10
2.2. Domande di ricerca.....	12
2.3. Articolazione della ricerca.....	14
 CAPITOLO III	
Rassegna bibliografica	15
3.1. L'indagine dell'efficienza tecnica e dei contributi PAC nelle politiche agro-ambientali	15
3.2. I percorsi di inefficienza nelle scelte aziendali.....	16
3.3. Breve rassegna bibliografia sull'efficienza tecnica nella letteratura economico-agraria italiana e europea.....	19
 CAPITOLO IV	
Metodologia utilizzata	23
4.1. La stima dell'efficienza tecnica con metodi non parametrici	23
4.2. Multi-directional efficiency analysis (MEA) per la stima dell'inefficienza dei fattori produttivi	26
4.3. La gestione dei valori anomali nella stima dell'efficienza tecnica.....	29
4.4. La stima delle differenti tecnologie tramite Metafrontier technology gap ratio	31

4.5. L'applicazione del Propensity Score Matching per la verifica di bias da selezione	33
4.6. Composizione e caratteristiche del dataset e software impiegato.....	37
CAPITOLO V	
Risultati emersi durante la tesi	39
5.1. Stima dell'efficienza tecnica quale elemento di partecipazione alle politiche agro-ambientali	39
5.2 Risultati dell'efficienza tecnica nel panel bilanciato	40
5.3. La Multi-directional Efficiency Analysis (MEA) nella stima dell'inefficienza tecnica.....	45
5.4. Analisi dell'efficienza e dei pattern di inefficienza nelle macro-regioni italiane	49
CAPITOLO VI	
Discussione e conclusioni	57
6.1 Cosa ha dimostrato la tesi condotta?.....	57
6.2 Le implicazioni di policy e una possibile agenda di ricerca	61
BIBLIOGRAFIA	63
Ringraziamenti	70
Dedica	70

L'oggetto della ricerca di tesi è stato quello di valutare se la partecipazione alle politiche agro-ambientali abbia avuto degli effetti sull'efficienza tecnica delle imprese agricole specializzate nella produzione dei cereali.

Le domande di ricerca sono state le seguenti:

- 1) le aziende che decidono di aderire alle politiche agro-ambientali sono caratterizzate da un livello di efficienza maggiore che le spinge ad aderire a tali politiche?;
- 2) le aziende che partecipano alle politiche agro-ambientali, rispetto a quelle che non vi partecipano, hanno dei livelli di efficienza tecnica diversi? In caso positivo, esiste un "differenziale" di tecnologia tra i due gruppi di aziende?;
- 3) quali sono stati gli input e gli output più tecnicamente inefficienti a seguito della partecipazione alle politiche agro-ambientali?

Per poter rispondere a queste domande di ricerca sono state prese in esame le aziende agricole italiane aderenti alla RICA nel periodo 2008-2018 andando, però, ad individuare un gruppo selezionato di aziende, che fossero rappresentative del panorama produttivo agricolo italiano e che fossero, altresì, ben presenti e diffuse in tutto il territorio nazionale. A tal fine, sono state scelte le aziende specializzate nella produzione dei cereali, con esclusione di quelle che producevano riso, poiché queste ultime avrebbero potuto sbilanciare la rappresentatività del campione, in alcune regioni italiane, essendo le aziende risicole localizzate soltanto in determinati areali produttivi. Dal *dataset* RICA sono state eliminate le aziende che hanno deciso di partecipare a regimi produttivi biologici perché implicavano una gestione aziendale differente.

Dopo tale fase di selezione delle aziende nel campione RICA, sono stati scelti gli input e gli output coinvolti nel processo produttivo così come riportato nella bibliografia consultata. La fase successiva ha implicato la scelta della metodologia di analisi più adeguata alla stima dell'efficienza tecnica e dei *pattern* di inefficienza. A tal fine, la classica stima dell'efficienza tecnica, effettuata con metodi non parametrici, quale la Data Envelopment Analysis (DEA), è stata comparata con l'analisi della Multi-directional Efficiency Analysis (MEA). La MEA ha consentito di superare le criticità insite nella DEA e di poter così analizzare i *pattern* di inefficienza nei singoli input e output. Tuttavia, preliminarmente all'effettuazione della stima dell'efficienza tecnica con la DEA e con la MEA, si è introdotto un concetto innovativo ed originale in materia di analisi dell'efficienza tecnica nelle aziende agricole, ossia individuare

eventuali valori anomali nel *dataset* e trattarli in maniera tale da limitarne il loro impatto sulla stima dell'efficienza tecnica. Ciò è stato possibile con l'applicazione della super-efficienza, la quale ha consentito di eliminare i valori anomali nella stima, per poi procedere ad una stima non distorta dell'efficienza tecnica con la DEA e con la MEA. Con il Propensity Score Matching si è proceduto a valutare, altresì, che non ci fossero *bias* di selezione nel campione utilizzando varie tecniche di stima.

I risultati ottenuti hanno consentito, utilizzando in un *dataset* depurato da valori anomali, di stimare se le aziende che hanno deciso di partecipare alle politiche agro-ambientali siano state caratterizzate da un livello di efficienza tecnica maggiore. Inoltre, è stato testato se ci sia un *gap* tecnologico tra aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali rispetto a quelle che non hanno aderito a tali politiche. Tramite la MEA sono stati stimati i *pattern* di inefficienza tra aziende aderenti o non aderenti alle politiche agro-ambientali, andando ad individuare quali sono stati gli input e gli output interessati nell'inefficienza tecnica.

Inoltre, considerando che le politiche agro-ambientali risentono di alcuni aspetti regionali, messi in atto dai rispettivi Programmi di Sviluppo Rurale (PSR), si è cercato di scomporre l'intero campione in 4 *clusters* di riferimento macro-regionale (Nord-Est, Nord-Ovest, Centro e Sud più Isole Maggiori).

Dai risultati è emerso come tra le varie macro-regioni ci siano stati diversi livelli di efficienza tecnica e di inefficienza tecnica degli input impiegati e output prodotti nel processo produttivo. Dall'analisi effettuata è emerso come il capitale terra e gli assets siano stati gli input che hanno risentito maggiormente della adesione dell'azienda alle politiche agro-ambientali. Inoltre, tra le varie macro-regioni è emerso come, nella macro-regione Italia centrale, le aziende, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, sono state quelle che hanno fatto registrare i valori di efficienza tecnica maggiore rispetto a quelle che non hanno aderito a tali politiche.

Abstract

The object of this research thesis was to assess whether participation in agri-environmental policies had any effects on the technical efficiency of farms specialized in cereal production.

The research questions were:

1) are farms that decide to adhere to agri-environmental policies characterized by a higher level of efficiency that drives them to adhere to such policies?

2) do farms that participate in agri-environmental policies, compared to those that do not, have different levels of technical efficiency? In positive case, is there a technology "differential" between the two groups of farms?

3) what were the most technically inefficient input and output as a result of participation in agri-environmental policies?

In order to answer these research questions, Italian farms that part of the FADN dataset in the period 2008-2018, were extracted identifying a typical and specific group of farms, which were representative of the Italian agricultural production and which were, also, well located throughout the country. In order to answer to this target, farms specialized in cereal production were chosen, with the exclusion of those that produced rice, since the latter farms are not located in all Italia regions with the consequence to get unbalanced the sample in some Italian regions. Farms that decided to participate in organic production schemes were eliminated from the FADN dataset because they implied a different farm management completely different to the agri-environmental management.

After this step of selection of farms in the FADN sample, input and output involved in the production process were chosen as reported in the recent literature. The next step has been addressed in choosing the most appropriate analysis methodology for estimating technical efficiency and inefficiency patterns. To this end, classical technical efficiency estimation, carried out by nonparametric methods such as Data Envelopment Analysis (DEA), was compared with Multi-directional Efficiency Analysis (MEA). By the MEA, it has been possible to overcome the critical issues typical of the DEA and the MEA was a fair technique in estimating the patterns of inefficiency in each input and output. However, before carrying out technical efficiency estimation with DEA and MEA, an innovative and original approach in technical efficiency analysis on farms was introduced, namely, to identify any outliers in the dataset, treating the outlier with the purpose to reduce their impact on the technical efficiency estimation. With the super-efficiency has been detected the outliers eliminating in the dataset hence, the risk of unbiased estimation of technical efficiency with DEA and MEA has been reduced. Propensity Score Matching was also used to assess that there was no selection bias in the sample using various estimation techniques.

The results have pointed out as farms participating in agri-environmental policies were characterized by a higher level of technical efficiency. In addition, it was tested whether there was a technology gap between farms that adhered to agri-environmental policies compared with those not participating to the agri-environmental policies. Through the MEA, patterns of

inefficiency between farms participating or not participating to agri-environmental policies were estimated, going to identify which input and output were involved in technical inefficiency. In addition, considering that agri-environmental policies are different between Italian regions, put in place by the respective Rural Development Programs (RDP), the study has compared different 4 macro-regional clusters (North-east, North-west, Central and South plus Sicily and Sardinia).

The results showed that among the various macro-regions there were different levels of technical efficiency and technical inefficiency of used inputs and produced output in the production process. The analysis has underlined that land capital and assets were the inputs most affected by farm participation to agri-environmental policies. In addition, among the four Italian macro-regions, it has been found as, in the macro-region Central Italy, farms, participating to agri-environmental policies, were those that had the highest values of technical efficiency compared to those that not have involved in agri-environmental policies.

Introduzione

Con la prima riforma radicale della Politica Agricola Comunitaria (PAC), avvenuta nel 1992 attraverso la riforma MacSharry, sono state intraprese numerose azioni finalizzate a ridurre il sostegno sul prezzo agricolo pagato agli agricoltori. Tra le varie azioni intraprese alcune di queste sono state indirizzate a sostenere la tutela dell'ambiente, mediante un minore uso di input chimici in agricoltura (Vieri, 2004). Gli schemi agro-ambientali o *agri-environmental schemes* (AES) o politiche agro-ambientali sono stati introdotti nell'Unione Europea con l'obiettivo di perseguire: la conservazione della natura, la protezione dell'ambiente e una gestione sostenibile del paesaggio e la conseguente riduzione della pressione ambientale da parte delle imprese agricole.

Il Regolamento (CEE) n. 2078/92 ha rappresentato il quadro normativo di riferimento per l'attuazione delle politiche agro-ambientali, definendo gli obiettivi da perseguire (Fig. 1.1.). Con Agenda 2000 è partita la nuova fase di programmazione nel settore primario europeo, che ha trovato nei Regolamenti (CEE) n. 1257/99 e n. 750/99 i capisaldi normativi per le politiche agro-ambientali (De Putter, 1995; Deblitz e Plankl, 1998; Buller et al., 2017).

Article 2.1 of Regulation 2078/92: Scheme objectives eligible for aid	
a	To reduce substantially the use of fertilisers and/or plant protection products, or to maintain the reductions already made; or to introduce or to continue with organic farming.
b	To change, by means other than those referred to in (a), to more extensive forms of crop, including forage production; or to maintain extensive production methods introduced in the past; or to convert arable land into extensive grassland.
c	To reduce the number of sheep and cattle per forage area.
d	To use other farming practices compatible with the requirements of protection of the environment and natural resources, as well as maintenance of the countryside and landscape; or to rear animals or local breeds in danger of extinction.
e	To ensure the upkeep of abandoned farmland or woodlands.
f	To set aside farmland for at least 20 years with a view to use it for purpose of the environment, in particular for the establishment of biotope reserves of natural parks or for the protection of hydrological systems.
g	To manage land for public access and leisure activities.
Article 2.2 of Regulation 2078/92	
Training and demonstration projects for farmers.	

Figura 1.1- Principali obiettivi previsti nel Regolamento (CEE) n. 2078/92 istitutivo delle politiche agro-ambientali.
Fonte: Oltmer et al., 2009

L'applicazione delle politiche agro-ambientali non è stata omogenea in tutti i Paesi Membri dell'Unione Europea (UE); la disamina delle politiche agro-ambientali previste nei Programmi di Sviluppo Rurale nazionali nei diversi Stati Membri dell'UE, ha evidenziato come l'agricoltura biologica sia stata l'unica politica agro-ambientale attivata comune in tutti i paesi UE (Fig. 1.2).

Type of measures	B	DK	D	Fin	F	GR	IRL	I	NL	AT	P	S	E	UK
1 meadows and pastures														
2 arable land														
3 reduced stocking rates														
4 rare breeds														
5 permanent crops/viticulture														
6 maint.. of abandoned land														
7 20-year set-aside														
8 loss of domest. plant species														
9 nature conservation														
10 organic farming														
11 demonstration projects														
12 education and training														
13 'basic' support														
14 access to land														

Figura 1.2- Disamina delle politiche attuate nei diversi Paesi Membri della UE nei Programmi di Sviluppo Rurale nazionali periodo programmatico 2000-2006.

Fonte: Baylis et al., 2006

1.1. Obiettivi perseguiti dalla politica agro-ambientale

Le politiche agro-ambientali hanno la capacità di agire sulla produttività aziendale. In letteratura non sono diffusi degli studi in grado di valutare, in maniera univoca, se l'adesione alle politiche agro-ambientali, da parte delle aziende agricole, abbia aumentato o ridotto l'efficienza tecnica delle imprese agricole. Da un punto di vista operativo e gestionale, alle politiche agro-ambientali sono associati dei pagamenti classificabili in due tipologie, in base all'erogazione del premio annuo: premio erogato per ettaro di superficie coltivata oppure premio erogato per Unità di Bestiame Adulto (U.B.A.) allevato. In linea generale, le politiche agro-ambientali, previste nei Programmi di Sviluppo Rurale delle diverse regioni italiane, hanno come obiettivi da perseguire:

1. la conservazione della diversità delle specie e degli habitat attraverso la tutela e la diffusione di sistemi agro-zootecnici ad alto valore naturale;
2. la conservazione della diversità genetica (vegetale e animale), promuovendo la coltivazione di varietà e l'allevamento di razze a rischio di estinzione;

il mantenimento e diffusione di pratiche e sistemi agricoli in grado di favorire il risparmio idrico e la riduzione dei carichi inquinanti nei corpi idrici, anche alla luce della Direttiva

Comunitaria 91/676/CEE (Direttiva nitrati), derivanti dalle attività di coltivazione ed allevamento;

3. la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra e di ammoniaca, derivanti dalle attività di coltivazione e di allevamento più estensive e allo sviluppo delle agro-energie;
4. la tutela degli elementi caratteristici del paesaggio rurale;
5. la promozione di sistemi agricoli e forestali finalizzati alla tutela della risorsa suolo, contrastando, in particolare, i fenomeni di erosione e di desertificazione.

La valutazione quantitativa degli effetti delle politiche, cagionate direttamente e/o indirettamente sull'ambiente, hanno delle difficoltà intrinseche, sia per le procedure di valutazione da seguire, sia per quanto riguarda l'approccio metodologico, necessario alla loro misurazione quantitativa e qualitativa (Primdahl et al., 2003). Questi ultimi autori hanno sostenuto che i principali limiti, nella stima degli effetti delle politiche agro-ambientali, sono da ricercarsi nel ritardo temporale che esiste tra la messa in atto di una politica agro-ambientale e gli effetti attesi e conseguenziali (Peco et al., 1999; Onate et al., 2000). Peco et alii (1999) e Onate et alii (2000), infatti, hanno sostenuto come ci sia una assenza di linearità causa-effetto tra politica agro-ambientali e i risultati attesi poiché, su questa interazione politica-risultati intervengono molteplici effetti esterni che possono influire sugli effetti desiderati e i risultati attesi.

Nell'Unione Europea, le politiche agro-ambientali costituiscono la quota più rilevante del bilancio complessivo, assegnato al secondo pilastro della PAC, e destinato ai Programmi di Sviluppo Rurale (Arata e Sckokai, 2016). Da un confronto in cinque Paesi Membri dell'UE, è emerso come la scelta dell'imprenditore agricolo di aderire alle politiche agro-ambientali dipenda, in misura rilevante, dall'incidenza della quota del pagamento agro-ambientale erogata sul reddito complessivo dell'azienda agricola (Arata e Sckokai, 2016). Secondo questi due autori, in tutti i paesi dell'Unione Europea investigati, ad esclusione della Spagna, un'incidenza della quota del pagamento agro-ambientale erogata sul reddito dell'azienda agricola superiore al 5%, può agire da stimolo per l'impresa agricola ad aderire alle politiche agro-ambientali (Mikus et al., 2021).

In letteratura, uno studio recente e comparato tra tutti i Paesi Membri dell'Unione Europea (Mikus et al., 2021), ha fatto emergere come la maggior parte degli studi sia stata condotta in aree geograficamente delimitate e ricomprendenti, prevalentemente, i paesi dell'Europa settentrionale e occidentale (Regno Unito, Germania, Svezia, Belgio, Danimarca). Una scarsità di studi condotti sono stati riscontrati nei paesi dell'Europa centrale e orientale (Mikus et al., 2021). Gli studi condotti da Mikus et alii nel 2021 hanno confermato come ci sia l'esigenza di

indirizzare la ricerca su nuovi filoni di indagine, tesi a studiare quali possano essere le motivazioni che spingano gli agricoltori a partecipare alle misure di politica agro-ambientale (Fig. 1.3).

Author(s)	Region/Country	Policy impact	Farmers' preferences
Alons, 2017 [1], Erjavec and Erjavec, 2015 [11].	EU Member States	-incomplete transformation from an exceptionalist agriculture to a post-exceptionalist agriculture policy, -limited integration of environmental goals in agricultural policy -CAP reform decision-making process marked by a mostly productivist discourse	-farmers' economic interests go beyond environmental interests -productivist discourse favored by farmers' organizations
Batary et al., 2015 [2], Früh-Müller et al. 2019 [12].	EU Member States	-support is too often targeted at already protected areas or areas with extensive agriculture (high value grasslands or Natura 2000), while they do not bring significant positive effects to areas of intensive production -supported joint operations of farmers are more efficient	-scheme adoption is linked to utilitarian motivations, such as payment rate and ease of fit within the existing farm practice -those operating in areas with high environmental pressures are more reluctant to participate in schemes as they see a threat to their income
Brodzinska, 2014 [4], Kubacka, 2016 [18], Czyżewski et al., 2020, [8].	Poland	-increase in the number of farms and areas under AEM -local authorities should be mobilized to take responsibility for AEM's implementation -agri-environmental measures generated positive spatial spillovers	-significant part of the AEM beneficiaries have purchased agricultural holdings in order to join the schemes, due to support benefits -experience and education enhance farmers' uptake
Hristov, 2020 [15], Pe'er et al. 2017, [28].	EU Member States Germany, Estonia, the Netherlands, Denmark, Austria, Czechia, England, Poland	-2013 CAP "greening" reform has little potential to improve biodiversity and ecosystem services on farms through AEM	-most AEM options that were considered beneficial to biodiversity (buffer stripes and fallow land) had low uptake among farmers perceived as not profitable to for the farm
Mihok et al., 2017, [23], Toth et al. 2016, [36].	Hungary	-joining the EU resulted in positive outcomes: the establishment of the Natura 2000, successful conservation of particular habitats and species -implementation of set-aside ensures a higher species richness	-traditional ecological knowledge can contribute to the knowledge-pool of ecosystems
Reif and Vermouzek, 2018 [31], Suitcliffe et al., 2015, [33], Šumrada et al., 2021, [32], Guillem and Barnes, 2013 [13].	Slovenia, Czechia Scotland	-farmland birds significantly declined after EU accession -intensification of production, particularly in the beef and dairy sectors are key drivers of the farmland biodiversity loss in Slovenia -majority of AEM have focused on managing water and soil quality, while ecological benefits lag behind	-farmers increased their intensification of production after EU accession due to economic preference of higher CAP direct support -schemes fail to encourage farmers with strong ecologically related attitudes, but also those with production objectives -lack of knowledge on bird habitat requirements limit the uptake
Braitto et al., 2020 [3], Brown et al., 2021 [5], Coyne et al., 2021 [7], Mozzato et al., 2018, [25].	Austria, Czechia, Finland, Germany, Greece, Hungary, Spain, Sweden and England	-monetary incentives may not be enough to promote sustainable soil management practices -CAP reforms have failed to effectively utilize extensive scientific knowledge about socio-ecological interactions at farm level at the expense of environmental benefits	-plurality of socio-demographic, geographical, informational and farm characteristic factors affecting farmers' decision for uptake makes the policy decision-making process more complex -flexibility, simplicity and compatibility with the farm type and operations are key factors prompting dairy farmers to engage
Hyland et al., 2016 [16], Pagliacci et al., 2020, [27], Van Herzele et al. 2013 [41].	Wales Italy Belgium	-current system of measure targeting is not sufficient to stimulate voluntary involvement in climate change related practices	-difference among early and late adopters -four types of farmers: The Environmentalist with high awareness and The Dejected with the risk perception are most likely to implement measures sooner, still, the lack of knowledge could be an obstacle. The Countryside Steward wants to act pro-environmentally but is lacking in the awareness of climate change. The Productivist is less likely to adopt climate related measures due to self-identity of producing more. -in Belgium, six modes or styles of participation were identified: opportunistic (already implementing practices, money is a bonus, calculating (money is the only motive) compensatory (for a small amount of extra effort they can receive a larger amount), optimizing (report measures for areas where they cannot have a greater economic impact than what has already been achieved), catalyzing (want to achieve a quick positive impact) and engaged (stress the societal value of AEM)

Figura 1.3- Analisi dell'impatto della politica agro-ambientale nei diversi paesi membri dell'UE.

Fonte: Mikus et al., 2021

Tutto questo dimostra come in letteratura ci sia una carenza di studi tesi a valutare, soprattutto, in alcuni paesi europei dell'area mediterranea, quali l'Italia, le relazioni che possano spingere le imprese agricole ad aderire alle politiche agro-ambientali e, specificatamente, valutare se, tra i fattori in grado di stimolare la partecipazione delle imprese ad aderire alle politiche agro-ambientali, ci possano essere delle motivazioni di natura gestionale, quali l'efficienza tecnica. Nel 2016 Uthes e Matzdorf effettuarono una disamina della letteratura, comprendente gli studi empirici svolti, per la valutazione della motivazioni sottese alla partecipazione delle imprese agricole europee alle politiche agro-ambientali. In base a quanto riferito da questi autori, la maggior parte degli studi disponibili in letteratura è stata orientata verso un'analisi degli aspetti ecologici o economici che la partecipazione alle politiche agro-ambientali è in grado di generare nell'impresa agricola. Tuttavia, la disamina della bibliografia non è riuscita a fornire le motivazioni di fondo, morali e/o etiche, che spingono gli agricoltori nello scegliere di aderire o meno alle politiche agro-ambientali (Uthes e Matzdorf, 2016). Inoltre, in letteratura non ci sono studi in grado di evidenziare *pattern* di inefficienza nelle variabili di input e di output correlate con l'efficienza tecnica dell'impresa agricola, conseguenti all'adesione alle politiche agro-ambientali e che, in questa tesi, si è voluto analizzare come elemento di novità da proporre nella letteratura economico-agraria disponibile.

Lastra-Bravo et alii (2015) hanno evidenziato come la tipologia di politica agro-ambientale disponibile rivesta un ruolo importante durante la fase di scelta, da parte dell'imprenditore agricolo, di aderire alle misure agro-ambientali. Infatti, le diverse misure previste negli AES, e i conseguenti impegni, rappresentano un fattore dissuasivo per la famiglia agricola e la comunità rurale a partecipare alle politiche agro-ambientali. L'analisi quantitativa, condotta da Defrancesco et alii nel 2018, invece, ha messo in luce come la dimensione dell'azienda, in termini di capitale terra disponibile, soprattutto nelle imprese agricole dotate di estese superfici agricole utilizzabili, e la età dell'imprenditore, sono state due variabili capaci di incentivare l'adesione, per periodi di tempo molto lunghi, alle politiche agro-ambientali.

1.2. Definizione ed evoluzione delle politiche agro-ambientali e dei pagamenti agro-ambientali

Le politiche agro-ambientali, attraverso gli *agro-environmental payments schemes*, consentono di erogare dei contributi agli agricoltori da parte dell'Unione Europea, che si inseriscono nell'ambito del secondo pilastro della PAC all'interno del Programma di Sviluppo Rurale (PSR). In linea generale, gli schemi agro-ambientali sono gli strumenti che la PAC ha messo in

campo per promuovere la produzione di esternalità positive nel settore agricolo e la limitazione di quelle negative. La Commissione Europea nel Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio Europeo, del 17 Dicembre 2013, inerente al sostegno allo sviluppo rurale da parte del Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale (FEASR), che abroga il Regolamento (CE) n. 1698/2005 del Consiglio, ha sancito come: “*The Rural Development Regulation (EU Regulation No 1305/2013) encourages farmers to apply agricultural practices that are compatible with protection of the environment and the landscape, for example by making payments available for agri-environment measures*”.

Le politiche agro-ambientali sono state una componente molto importante della politica agricola dell'UE, sin dagli inizi degli anni ottanta e negli anni novanta del secolo scorso, con la riforma proposta dal Commissario Europeo all'agricoltura Ray MacSharry. L'importanza delle politiche agro-ambientali, inoltre, è aumentata a seguito delle modifiche alla Politica Agricola Comune avvenute nel 2013. Secondo i dati forniti dalla Commissione Europea, tra il 2007 e il 2013, oltre 22 miliardi di euro sono stati assegnati agli Stati Membri dell'Unione Europea per compensare gli agricoltori partecipanti all'attuazione di pratiche agricole più ecologiche nelle loro aziende. L'adesione dell'impresa alle politiche agro-ambientali ha un carattere volontario per l'imprenditore agricolo, comportando, tuttavia, un impegno gestionale ed economico di lungo periodo. A tal fine, gli agricoltori sono incentivati a partecipare alle politiche agro-ambientali, solo se il pagamento che essi riceveranno, definito come costo opportunità, sarà tale da compensare l'impresa per la riallocazione dei propri fattori produttivi (terra, capitali e lavoro) e per le variazioni di efficienza tecnica conseguenti. Tali aspetti non sono stati mai adeguatamente approfonditi, focalizzando, altresì, l'attenzione su un *target* di imprese agricole italiane specializzate in alcune produzioni. La tesi di dottorato condotta, pertanto, ha inteso studiare nel dettaglio questi due aspetti precedentemente menzionati.

Da uno studio effettuato da Lastra-Bravo et al. nel 2015, teso ad individuare quali fossero i *drivers* che agivano sulle scelte degli agricoltori nell'aderire o meno alle politiche agro-ambientali nella maggior parte degli Stati membri dell'UE, è emerso come siano state oltre 160 le variabili che hanno influenzano la partecipazione alle politiche agro-ambientali e che sono state raggruppate in cinque categorie principali: fattori economici, struttura dell'azienda agricola, caratteristiche dell'agricoltore, atteggiamenti/comportamenti degli agricoltori nei confronti dell'AES *policy* e capitale sociale. Secondo Lastra-Bravo et alii (2015), le aziende agricole, meno propense ad aderire alle politiche agro-ambientali, sono state quelle in cui l'imprenditore agricolo ha ricavato la maggior parte del proprio reddito solo dall'attività di coltivazione-allevamento, senza la presenza di alcuna attività in grado di garantire una forma

di reddito extra aziendale oltre a quella derivante dalla coltivazione-allevamento. L'avversione al rischio ha limitato la partecipazione alle politiche agro-ambientali poiché gli agricoltori non sono disposti ad accettare contratti a lungo termine, che possano avere delle conseguenze nella gestione dell'impresa. L'avversione al rischio è risultata, altresì, elevata in quelle aziende nelle quali vi è stata un'alta incidenza del lavoro familiare sulla complessiva manodopera impiegata in azienda.

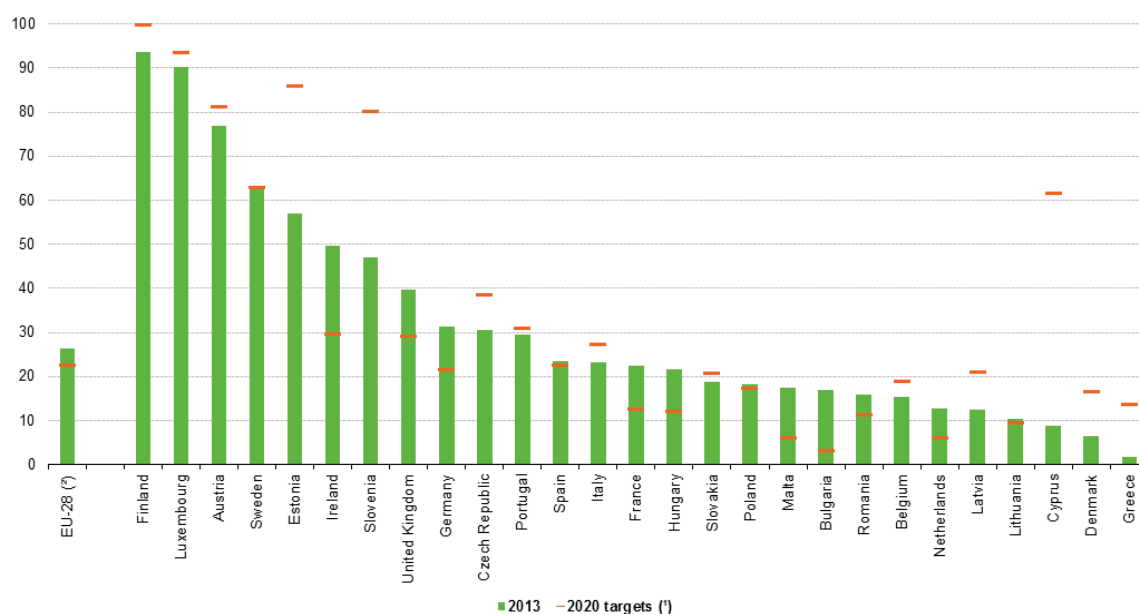
La partecipazione ad alcuni impegni sottoscritti nell'ambito delle politiche agro-ambientali devono essere in grado di remunerare adeguatamente il lavoro aggiuntivo che le imprese devono svolgere per adempiere agli impegni sottoscritti. I sussidi previsti dalle politiche agro-ambientali possono compensare sia il diverso impiego di manodopera sia l'introduzione di nuovi investimenti o, in alternativa, un minore uso di altri capitali aziendali (Lastra-Bravo et al., 2015). Questi autori hanno osservato come l'adesione alle politiche agro-ambientali ha consentito un incremento del reddito aziendale, dovuto alla scelta di alcune imprese agricole di riutilizzare delle superfici produttive aziendali precedentemente non coltivate e rese di nuovo disponibili per l'attività agricola. Infine, il livello di coinvolgimento degli imprenditori agricoli nelle politiche agro-ambientali ha dimostrato essere strettamente influenzato dall'interazione con altre misure finanziate e previste dal Programma di Sviluppo Rurale (Lastra-Bravo et al., 2015).

Sui fattori che possono avere influito sull'adesione alle politiche agro-ambientali può essere annoverata la Direttiva Comunitaria 91/676/CEE (Direttiva nitrati), la quale ha implicato, in alcune regioni italiane, un ridotto utilizzo di input chimici. L'applicazione della Direttiva nitrati potrebbe avere spinto gli imprenditori agricoli a decidere di attuare nella loro azienda delle azioni tese a ridurre l'impiego di input chimici, beneficiando dei pagamenti agro-ambientali quale parziale compensazione economica derivante da un uso contingentato di input chimici. La Direttiva Comunitaria 91/676/CEE è stata recepita dalla legislazione italiana con il Decreto Legislativo 11 maggio 1999 n. 152 e il Decreto Ministeriale del 7 aprile 2006. La Direttiva nitrati stabilisce tutta una serie di adempimenti che gli Stati Membri dell'Unione Europea devono mettere in atto per cercare di limitare l'inquinamento delle acque da nitrati da fonte agricola. Tutto ciò può costituire un disincentivo in grado di spingere molti imprenditori agricoli, che hanno le loro aziende all'interno delle zone vulnerabili ai nitrati, ad aderire alle politiche agro-ambientali. In letteratura, alcuni studi condotti in Italia ed in altri paesi dell'Unione Europea hanno dimostrato come svariati motivi di natura etica, sociale ed economica sono stati alla base delle scelte dell'imprenditore agricolo ad aderire a politiche

agro-ambientali anche per ottemperare agli obblighi previsti dalla Direttiva Comunitaria 91/676/CEE (Semaan et al., 2007; Nguyen et al., 2014; Buckley e Carney, 2013).

1.3. La politica agro-ambientale nel Programma di Sviluppo Rurale 2007-2013 e 2014-2020 in Italia

Nel periodo programmatico 2007-2013 l'ammontare complessivo della spesa pubblica programmata per le azioni previste dalla Misura 214 pagamenti agro-ambientali, ossia impegni pluriennali volontari e aggiuntivi a quelli previsti dalla condizionalità, per una gestione dell'azienda agricola rispettosa dell'ambiente, è stata per l'Italia pari a 3.708.309.043 euro pari al 22,22% sul totale del PSR pari a 16.687.394.430 euro.



(*) Targets for 2020 in percentage is based on Eurostat estimates of utilised agricultural area in 2020.

(*) EU-28 excluding Croatia for 2013.

Sources: DG Agriculture and Rural Development (RDIS2 12 June 2017); Eurostat for utilised agricultural area (online data code: apro_acs_a)

Rural Development Information System - Indicator Database Information Monitoring (RDIS IDIM)

European Network for Rural Development (ENRD) website: http://enrd.ec.europa.eu/en/home-page_en.cfm

Figura 1.4.- Percentuale della superficie agricola sottoposta a misure finanziate dalle politiche agro-ambientali nell'annualità 2013 sull'obiettivo stabilito per l'annualità 2020.

Fonte: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/1/10/Agricultural_land_under_agri-environmental_measures_as_share_of_the_country%27s_UAA%2C_2013_and_targets_for_2020_%28%25%29.png

Nel periodo programmatico 2014-2020 i pagamenti previsti dalle politiche agro-ambientali si sono inseriti all'interno della Misura 10 Pagamenti agro-climatico-ambientali, che si articolava al suo interno in due diverse sotto-misure quali: la sottomisura 10.1, *Pagamenti per impegni agro-climatico ambientali* e la sottomisura 10.2 *Sostegno per la conservazione, l'uso e lo*

sviluppo sostenibili delle risorse genetiche in agricoltura. Secondo i dati della Rete Rurale Nazionale, la Misura 10 ha avuto una dotazione finanziaria pari al 17% sulla spesa complessiva programmata, la quale in Italia ammontava, per il periodo 2014-2020, nei 21 Programmi di Sviluppo Rurale regionale approvati, a 2.5 miliardi di euro e che ha visto primeggiare, in termini di *budget* disponibile, le regioni Piemonte, Lombardia, Puglia, Campania e Sicilia, con una dotazione complessiva di oltre 200 milioni di euro per l'intero periodo programmatorio 2014-2020. Tuttavia, considerando la precedente programmazione 2007-2013, anche alla luce degli obiettivi da raggiungere nel periodo programmatorio 2014-2020, l'Italia non è apparsa essere in linea con quanto stabilito dalla Direzione Generale Agricoltura della Commissione Europea, la quale aveva prefissato di raggiungere l'obiettivo del 25% della superficie agricola interessata dalle misure di politica agro-ambientale per l'annualità 2020. Inoltre, dai dati della Direzione Generale Agricoltura della Commissione Europea, è emerso come l'obiettivo raggiunto in Italia si sia collocato ben lontano da quanto occorso in altri paesi europei, dove le misure di politica agro-ambientale hanno rappresentato un elemento centrale della Politica Agricola e di Sviluppo messa in atto nelle aree rurali (Fig. 1.4.).

Se gli effetti attesi nei diversi Stati Membri della UE possono variare in funzione delle caratteristiche geografiche, ecologiche, sociali ed economiche dei paesi coinvolti, diversa è stata la percentuale di superficie agricole utilizzabile, che è stata sottoposta agli obblighi previsti dall'adesione alle politiche agro-ambientali, la quale varia dal 42.1% per la Germania al 12.3% per l'Italia. Secondo Arata e Sckokai (2016), gli importi dei pagamenti agro-ambientali erogati sono stati molto eterogenei tra i diversi Paesi Membri dell'Unione Europea e compresi tra i 176 euro per ettaro in Italia e i 55 euro per ettaro registrato in Francia. Arata e Sckokai (2016) nei loro studi hanno sostenuto che gli obiettivi, che i vari Stati Membri hanno perseguito nell'applicazione delle politiche agro-ambientali, sono stati diversi: la riduzione degli input in Italia e Germania, la protezione del paesaggio e la conservazione della natura in Francia, Spagna e nel Regno Unito. Inoltre, in base quanto riportato da Arata e Sckokai (2016) un vincolo, che ha limitato la partecipazione alle politiche agro-ambientali da parte degli imprenditori agricoli, è stato l'importo del premio assegnato in funzione del costo legato al rispetto dei vincoli imposti. In base a ciò, all'aumentare del costo dei vincoli applicati in azienda più alto dovrà essere l'ammontare erogato del pagamento delle politiche agro-ambientali.

Obiettivi e domande di ricerca

2.1. Obiettivo della ricerca condotta

La decisione di un imprenditore agricolo nel partecipare a politiche agro-ambientali è la conseguenza di una scelta ben precisa che può essere guidata da fattori economici (minimizzazione dei costi e/o massimizzazione dell'utilità) o sociali e psicologici.

La teoria economica, che ha affrontato il problema dell'adesione alle politiche agro-ambientali, ha individuato diversi paradigmi, in grado di spiegare le scelte imprenditoriali, quali il paradigma dei costi di transazione e quello delle “determinanti” (Scorzelli, 2007). Il paradigma delle “determinanti” non è stato utilizzato in questa tesi di ricerca perché necessita di un'analisi delle motivazioni psicologiche e sociali che possono influenzare l'imprenditore ad aderire alle politiche agro-ambientali. L'attenzione della ricerca condotta si è concentrata sulla teoria dei costi di transazione. Il paradigma dei costi di transazione, che rappresenta la base teorica economica standard, considera i costi e i benefici per l'imprenditore agricolo derivanti dalla partecipazione alle politiche agro-ambientali (Hynes e Garvey, 2009). La partecipazione alle politiche agro-ambientali, infatti, impone dei costi agli agricoltori quali: costi diretti, come l'aumento della manodopera, da utilizzare in alcune operazioni colturali, con un incremento del costo del fattore lavoro impiegato in azienda e di quello del capitale investito, e un costo opportunità, come la riduzione della produzione ottenibile (Lastra-Bravo et al., 2015; Hynes e Garvey, 2009; McGurk et al., 2020). La teoria dei costi di transazione impone che, in cambio della loro partecipazione alle politiche agro-ambientali, gli imprenditori agricoli ricevano un beneficio sotto forma di pagamento annuale. La stima dell'efficienza tecnica può, pertanto, essere individuata quale parametro di valutazione delle politiche agro-ambientali all'interno del paradigma dei costi di transazione riportato dalla teoria economica.

Dall'analisi bibliografica condotta è emerso come l'efficienza tecnica, stimata con metodi non parametrici quali la Data Envelopment Analysis (DEA), non abbia mai indagato le aziende italiane specializzate nella produzione cerealicola e gli effetti derivanti dalla partecipazione alle politiche agro-ambientali. Inoltre, fino ad ora, non è mai stata condotta una ricerca organica, tesa a valutare le cause di inefficienza nei diversi input impiegati e output ottenuti nel processo produttivo, utilizzando contemporaneamente due metodi di stima dell'efficienza tecnica, quali la DEA e la Multi-directional Efficiency Analysis (MEA). L'obiettivo innovativo di questa tesi

di dottorato è stato quello di valutare nelle aziende agricole italiane, specializzate nella produzione cerealicola, come la scelta di aderire a delle politiche agro-ambientali abbia agito sull'efficienza tecnica.

L'obiettivo della ricerca condotta è stato duplice ed innovativo all'interno degli studi disponibili al momento in letteratura sull'efficienza tecnica, ossia:

- 1) indagare l'efficienza tecnica nelle aziende agricole, evidenziando il livello di inefficienza di ciascuna variabile di input e output coinvolta nel processo di produzione delle aziende cerealicole;
- 2) valutare come l'adesione alle politiche agro-ambientali abbia influito sull'efficienza tecnica delle aziende cerealicole.

A seguito della disamina della letteratura esistente, è emerso come non ci siano degli studi finalizzati a valutare se la partecipazione alle politiche agro-ambientali abbia influito sull'efficienza tecnica complessiva dell'azienda agricola. Questo ha rappresentato un vuoto nella letteratura che si è voluto colmare. Inoltre, un ulteriore aspetto poco studiato in letteratura è stato quello di analizzare se le aziende agricole, che hanno deciso di aderire alle politiche agro-ambientali, hanno avuto dei livelli di efficienza tecnica superiore rispetto a quelle che non hanno aderito. Anche tale aspetto rappresenta un elemento mancante nella letteratura economico-agraria. Infatti, è stato riscontrato che l'uso di tecniche rispettose dell'ambiente, imposto dalla partecipazione alle politiche agro-ambientali e a seguito degli impegni agro-ambientali sottoscritti, alteri l'uso di alcuni fattori di produzione riducendo, inoltre, l'output ottenibile e di conseguenza l'efficienza tecnica (Hansson et al., 2020; Asmild et al., 2016; Minviel e Latruffe, 2017; Garrone et al., 2019; Latruffe e Nauges, 2014). Tuttavia, se in letteratura molteplici studi hanno valutato l'effetto dei sussidi erogati dal secondo pilastro della PAC, tra cui i sussidi agro-ambientali, scarsa è stata la letteratura che ha indagato l'effetto della partecipazione alle politiche agro-ambientali e come tale partecipazione si distribuisca tra i diversi output prodotti e input utilizzati in termini sia di efficienza che di inefficienza tecnica. Un obiettivo particolarmente importante è stato quello di indagare gli effetti sull'uso più o meno efficiente dei fattori lavoro, terra, capitali non fondiari e altri assets, dei costi fissi e dei costi variabili a seguito della partecipazione alle politiche agro-ambientali e che l'analisi con la Data Envelopment Analysis non è stata in grado di fornire. Ciò ha imposto la necessità di trovare un modello quantitativo, quale la Multi-directional Efficiency Analysis (MEA), in grado di superare tale punto di debolezza insito nella Data Envelopment Analysis (DEA).

In sintesi, l'applicazione della Multi-directional Efficiency Analysis, superando i limiti insiti nella Data Envelopment Analysis, ossia l'impossibilità di questa metodologia di stima

dell'efficienza tecnica non parametrica di valutare le cause di inefficienza tecnica nei diversi input impiegati e output ottenuti nel processo produttivo, ha consentito di analizzare a fondo l'impatto dell'adesione alle politiche agro-ambientali sulle aziende cerealicole italiane. Tutto questo è un elemento innovativo ed originale nel panorama degli studi sull'analisi dell'efficienza tecnica condotte nelle aziende agricole con metodi non parametrici e, soprattutto, in quelle specializzate nella produzione cerealicola.

2.2. Domande di ricerca

Le domande di ricerca che il presente studio ha formulato e a cui la presente tesi ha cercato di dare una risposta, nel panorama economico-agrario, sono state le seguenti:

- Le imprese agricole che aderiscono alle politiche agro-ambientali sono state complessivamente più o meno efficienti di quelle che decidono di non aderire? Tutto questo riprende uno studio effettuato da Latruffe e Nauges nel 2014 su un *panel* bilanciato di aziende francesi, specializzato in diverse produzioni agricole, e che avevano deciso di aderire ad un sistema produttivo biologico. Dal loro studio era emerso come le aziende, che avevano deciso di convertirsi al biologico, sono state quelle dotate, prima della conversione produttiva, di livelli di efficienza tecnica elevata. In pratica si è voluto valutare se l'efficienza tecnica possa essere un *driver* nelle scelte di adesione alle politiche agro-ambientali;
- La adesione alle politiche agro-ambientali ha ripercussioni sul livello complessivo di efficienza tecnica? In letteratura, uno studio bibliografico dettagliato, recente e consolidato ha evidenziato come solo 13 pubblicazioni su 195 hanno investigato il ruolo dei pagamenti agro-ambientali sull'efficienza tecnica delle imprese agricole e di questi studi nessuno è stato condotto in Italia (Minviel e Latruffe, 2016). I risultati riportati da questi autori sono stati abbastanza ambigui e contraddittori. In 6 studi su 13 i pagamenti agro-ambientali hanno avuto un effetto negativo sull'efficienza tecnica. In 4 casi studio su 13 i pagamenti agro-ambientali hanno migliorato l'efficienza tecnica delle imprese agricole; infine, in 3 casi oggetto di studio su 13 non è stato possibile chiarire in maniera univoca la relazione tra pagamenti agro-ambientali ed efficienza tecnica. Per questo si è deciso di fare chiarezza sull'argomento valutando l'effetto delle politiche agro-ambientali sull'efficienza tecnica delle aziende agricole italiane.
- Esiste un *gap* di tecnologia tra le aziende che aderiscono alle politiche agro-ambientali e quelle che non vi aderiscono?. Tutto questo potrebbe, infatti, implicare delle conseguenze sull'efficienza tecnica complessiva delle aziende agricole;

- L'adesione alle politiche agro-ambientali modifica l'efficienza tecnica nei singoli input e output? Come si articola, pertanto, l'impatto dell'adesione alle politiche agro-ambientali in ogni singolo input e output? In pratica si è andati a definire quali input e output sono stati più o meno inefficienti e la cui stima può avvenire tramite la Multi-directional Efficiency Analysis. A margine di tale domanda di ricerca, si è voluto approfondire se la partecipazione delle aziende agricole alle politiche agro-ambientali abbia interessato, prevalentemente, le regioni italiane che hanno avuto una significativa quota della loro superficie agricola complessiva classificata come vulnerabile ai nitrati, così come individuata nella Direttiva Comunitaria 91/676/CEE.

Dalla risposta alle domande di ricerca e al raggiungimento degli obiettivi prefissati della ricerca sarà possibile determinare delle implicazioni politiche che potranno essere applicate dai decisori politici e che sono così riassumibili:

1) I sussidi erogati dalle politiche agro-ambientali sono aiuti che sostengono il reddito e la permanenza sul mercato di aziende che hanno una bassa efficienza tecnica? Esiste, a tal proposito, una differenza nella tecnologia tra le aziende che aderiscono alle politiche agro-ambientali e quelle che decidono di non aderire? Una differenza nella tecnologia tra le due tipologie di aziende potrebbe, infatti, avere delle implicazioni sulla competitività delle aziende e sulla loro competitività;

2) Se le politiche agro-ambientali riducono l'efficienza tecnica, ciò significa che esiste un costo opportunità per l'imprenditore agricolo per mettere in atto azioni di tutela dell'ambiente espressa in termini di perdita di efficienza tecnica? In caso positivo sarà opportuno indennizzarlo?;

3) Su quali input le politiche agro-ambientali hanno più impatto? In base a ciò, elemento innovativo non presente nella letteratura in materia, sarebbe opportuno calibrare delle politiche a sostegno degli agricoltori che siano indirizzate verso alcuni input quali lavoro, assets, costi variabili e fissi e capitale terra.

Gli elementi innovativi che ci si attende dalla ricerca condotta sono:

1) valutare se l'efficienza tecnica è un *driver* in grado di spingere l'agricoltore specializzato nella produzione cerealicola ad aderire alle politiche agro-ambientali svolgendo un'analisi empirica su un tema controverso e che in letteratura ha avuto dei risultati non univoci;

2) definire l'effetto dei contributi erogati dalle politiche agro-ambientali sull'efficienza tecnica;

3) valutare quali siano gli input che guidano le scelte dell'imprenditore nell'adesione alle politiche agro-ambientali (paradigma dei costi di transazione).

2.3. Articolazione della ricerca

Al fine di rispondere alle domande di ricerca che ci è posti nello svolgimento dello studio, la ricerca si è articolata in tre fasi distinte.

Nella prima fase della ricerca si è cercato di rispondere alla domanda secondo la quale: l'efficienza tecnica può costituire un elemento di traino nella scelta di adesione alle politiche agro-ambientali? Per rispondere a questa domanda si è utilizzato il *dataset* della Rete di Informazioni Contabile Agricola (RICA) nel periodo 2008-2018 su aziende italiane specializzate nella produzione cerealicole, impiegando, quale biografia di riferimento, lo studio proposto da Latruffe e Nauges 2014. La metodologia applicata si è basata su un'analisi su dati *panel* bilanciati, valutando due situazioni una *ex ante*, nel periodo 2008-2013 *versus* una fase *ex post* 2014-2018, ampliando da 4 ad 11 anni il periodo complessivo di confronto, come invece proposto da Latruffe e Nauges (2014), mediante la stima dell'efficienza tecnica tramite la DEA *input oriented*. La stima dell'efficienza tecnica con metodi non parametrici è stata utile per valutare se quest'ultima è stata una variabile in grado di influire sulle scelte dell'imprenditore di aderire alle politiche agro-ambientali.

Nella seconda fase e nella terza fase della ricerca si è cercato di valutare l'efficienza tecnica dei singoli input e output conseguenti all'adesione alle politiche agro-ambientali, utilizzando sempre il dataset RICA annualità 2008-2018. La stima quantitativa per valutare l'efficienza tecnica ha ripreso la base metodologica proposta da Hansson et al., 2019 e Manevska-Tasevska et al., 2021. La metodologia applicata, nella seconda fase della ricerca, è stata la Multi-directional Efficiency Analysis (MEA) applicata ad un *dataset* dal quale sono state eliminate le aziende che hanno aderito a metodi di produzione biologica. In questo *dataset*, privato delle aziende che hanno scelto di aderire a metodi di produzione biologico, si è andato a stimare, nei singoli input e output, i livelli di inefficienza tecnica tramite la MEA. Dal *dataset* RICA Italia 2008-2018 sono state tolte le aziende agricole cerealicole, che avevano aderito a metodi di produzione biologico, perché beneficiarie di misure previste dai Programmi di Sviluppo Rurale molto stringenti e totalmente diverse da quelle, invece, previste dalle politiche agro-ambientali, che non impongono alle aziende un periodo di conversione.

Rassegna bibliografica

3.1. L'indagine dell'efficienza tecnica e dei contributi PAC nelle politiche agro-ambientali

La partecipazione degli agricoltori alle politiche agro-ambientali ha evidenziato come una molteplicità di fattori, quali l'età degli agricoltori, l'esperienza che gli stessi imprenditori agricoli hanno avuto con la partecipazione a precedenti azioni di politica di sviluppo rurale, le dimensioni dell'azienda agricola e le caratteristiche sociali, culturali e di contesto preesistenti possono influire ed influenzare sulla loro decisione di aderire a talune politiche agro-ambientali. La rassegna bibliografia condotta in letteratura ha evidenziato come siano pochi gli studi che hanno analizzato l'efficienza tecnica, quale potenziale fattore che guida la scelta dell'imprenditore di aderire ad alcune specifiche politiche agro-ambientali (Kumbhakar et al., 2009; 2010; Latruffe e Nauges, 2014). Secondo questi autori, le aziende agricole, sia in Francia che in Finlandia, con più bassi valori di efficienza tecnica, sono state quelle che non hanno optato per aderire alle politiche agro-ambientali, mostrando una bassa capacità dei sussidi erogati di poter ridurre l'avversione al rischio di partecipare a politiche agro-ambientali come, invece, sostenuto da altri studi (Was et al., 2021; Minviel e Latruffe, 2017; Bonfiglio et al., 2020; Martinez Cillero et al, 2018).

Dalla ricerca condotta da Lastra-Bravo et alii nel 2015 è emerso come pagamenti equi assegnati dalle autorità pubbliche agli agricoltori, minore dipendenza delle famiglie dai redditi agricoli, età del conduttore e il suo livelli di istruzione, nonché la presenza di un erede nell'azienda agricola e la capacità di apportare cambiamenti progressivi e gradual, piuttosto che radicali, alle attività agricole in atto sono state le variabili in grado di influire sulla scelta degli agricoltori di aderire alle politiche agro-ambientali in diversi paesi europei. Pertanto, è opportuno considerare, nella definizione delle misure di politica agro-ambientale da attuare, come alcune azioni possano non avere un effetto nullo ma possano, invece, impattare sulle decisioni produttive e gestionali dell'imprenditore agricolo, della sua famiglia e, financo, sulla comunità rurale in cui le aziende vivono ed operano (Lastra-Bravo et al., 2015; Espinosa-Goded et al., 2013).

Latruffe e Nauges nel 2014 hanno valutato se il processo di adesione alle politiche agro-ambientali sia stato un processo di scelta consapevole che riguardava aziende che già sono state

tecnicamente più efficienti. Questi autori hanno calcolato su un *panel* non bilanciato di aziende francesi, facente parte del dataset RICA, comprendente aziende specializzate in diverse produzioni agricole, quali proteoleaginose, frutta e ortaggi, orticole, altre colture erbacee, vinicole, coltivazioni permanenti e aziende miste, se l'efficienza tecnica fosse un elemento fondamentale e trainante per spingere le imprese ad aderire a sistemi di produzioni biologici. La disamina dei dati ha dimostrato come la probabilità di conversione e, quindi di adesione alle politiche agro-ambientali, dipenda dall'efficienza tecnica che l'azienda aveva precedentemente alla sua conversione (Latruffe e Nauges, 2014). In pratica, le aziende che mediamente sono state più efficienti hanno scelto di aderire a misure di politica agro-ambientale molto impegnative nella gestione aziendale quali il biologico.

L'adesione delle aziende agricole alle politiche agro-ambientali dell'Unione europea ha comportato da parte della Commissione Europea e dei diversi Stati Membri una allocazione significativa delle poste a bilancio pubblico inserite nei rispettivi Programmi di Sviluppo Rurale. Le ricadute ambientali derivanti dall'adesione, da parte delle imprese agricole alle politiche agro-ambientali, dipendono in gran parte dalla quota di incidenza del pagamento della politiche agro-ambientali sul reddito dell'azienda agricola (Mikus et al., 2021).

3.2. I percorsi di inefficienza nelle scelte aziendali

In letteratura gli studi di *management* nel settore primario si soffermano sull'analisi dell'efficienza tecnica dell'impresa. Molto rarefatti appaiono gli studi tesi ad analizzare l'inefficienza delle aziende agricole, i *pattern* di inefficienza negli input e output coinvolti e le motivazioni che la sottendono (Manevska-Tasevska et al., 2021; Hansson et al., 2020; Asmild et al., 2016) e che in questa tesi si è voluto investigare essendo un filone di ricerca innovativo. L'inefficienza nella produzione agricola è considerata e interpretata come uno spreco nell'uso dei fattori di produzione, la quale non consente di rispettare e perseguire gli obiettivi prefissati dall'imprenditore, ossia minimizzare i livelli di input usati e massimizzare l'output. Tutto questo fa sì che l'impresa inefficiente si collochi al di sotto della frontiera di produzione ottimale dato un determinato livello di tecnologia disponibile. Tuttavia, può esistere una spiegazione razionale dell'inefficienza dell'azienda e che può essere imputabile ad una scelta precisa dell'imprenditore, la quale si inserisce in un ambito ben definito di decisioni di produzione razionali (Hansson et al., 2020; Asmild et al., 2003).

Attraverso una metodologia non parametrica di stima dei percorsi di inefficienza tecnica rappresentata dalla MEA, Hansson et alii nel 2020 hanno stimato l'ipotesi di inefficienza

razionale su un campione di aziende zootecniche svedesi e le motivazioni che spingono tali imprenditori a perseguire questa scelta. Dalla loro indagine è emerso come esistano delle motivazioni che spingono le aziende a collocarsi al di sotto di quella che è la frontiera produttiva di massima efficienza tecnica. Infatti, dalla loro analisi è risultato evidente come molti agricoltori abbiano fatto delle scelte produttive, tecnicamente inefficienti e ben precise le quali, puntando più sul benessere degli animali che sulla massimizzazione dell'output prodotto, hanno reso inefficienti alcuni input, discostandosi conseguentemente dalla frontiera ottimale della produzione efficiente.

L'inefficienza razionale ha delle implicazioni molto importanti anche in alcune misure finanziate dalla Politica Agricola Comunitaria poiché deve spingere i decisori politici a indagare quali possano essere le ragioni che ci possono essere dietro ad aziende inefficienti. Inoltre, dietro una scelta di inefficienza tecnica ci possono essere varie motivazioni quali: una chiara scelta dell'imprenditore agricolo di perseguire alcuni obiettivi etici-morali oppure una conseguenza di una gestione non efficiente dell'impresa di alcuni input o output imputabile ad altre ragioni, anche di carattere personale, che l'analisi dell'efficienza tecnica tradizionale (DEA e SFA) non può cogliere. Hansson et alii (2020) hanno sottolineato nei loro studi come l'analisi dell'inefficienza, attraverso la MEA, può evidenziare, in alcune misure dalla PAC, l'esistenza di una inefficienza delle imprese agricole che non prende in considerazione i valori di uso non efficiente di alcuni input e che sottendono, invece, alcune scelte imprenditoriali ben precise. Altri studi condotti in ambito zootecnico, quali i suini da ingrasso in Germania, hanno evidenziato come nel momento in cui l'imprenditore ha optato per un maggiore livello di benessere degli animali si è avuto un incremento dell'inefficienza tecnica nell'azienda, stimata con la MEA, in alcune voci di input dove è stato individuato un eccesso di fattore utilizzato (Uehleke et al.,2020). Secondo questi autori, il vantaggio di questo approccio di stima della MEA è quello di consentire di individuare le voci di inefficienza tecnica esistenti e di far sì che il consumatore ne possa essere informato. Tutto questo avrebbe la diretta implicazione di poter far pagare al consumatore un prezzo di acquisto maggiore, a parziale compensazione delle spese sostenute per dare agli animali delle condizioni di maggior benessere, e che indennizza la perdita di efficienza di alcuni input.

Manevska-Tasevska et al. (2021) hanno sostenuto nei loro studi sulla MEA come la conversione del sistema produttivo agricolo da convenzionale ad uno più mirato a seguire e rispettare le indicazioni di politica agro-ambientale può rendere inefficiente alcuni input quali il lavoro, che aumenta, e che si associa ad una diminuzione complessiva delle rese produttive (output) e, conseguentemente, ad una diminuzione dell'efficienza tecnica dell'azienda. Un approccio di

stima dell'efficienza tecnica basato sulla Multi-directional Efficiency Analysis è fondamentale, pertanto, per valutare l'adesione ad alcune scelte politiche e le strategie imprenditoriali, che ad essa sono collegate. Nel panorama della letteratura economia agraria italiana, la MEA non risulta essere un approccio metodologico molto diffuso per valutare i percorsi di inefficienza tecnica, soprattutto in alcune aziende agricole specializzate nella produzioni cerealicola. Per colmare questa lacuna, nella presente tesi si è condotta una ricerca multidimensionale e caratterizzata da alcuni elementi innovativi negli studi, fino ad ora condotti, sull'efficienza tecnica nelle aziende cerealicole italiane.

In alcuni paesi, che dal 2004 sono entrati a far parte dell'Unione Europea quali la Lituania, è stato possibile osservare con la MEA le inefficienze in alcune variabili coinvolte nel processo produttivo di alcune aziende agricole familiari (Asmild et al., 2016). Ciò ha consentito sia di valutare quali input fossero più o meno efficienti sia di confrontare le diverse specializzazioni produttive aziendali, evidenziando come le aziende con ordinamento produttivo misto abbiano avuto la più bassa efficienza tecnica rispetto a quelle altamente specializzate, che hanno fatto, invece, riscontrare le migliori *performances* sia a livello tecnico che gestionale.

Molto spesso, un uso non efficiente dei fattori produttivi può essere la diretta conseguenza di una scelta ben precisa e motivata dell'imprenditore, assunta in maniera razionale (ipotesi di inefficienza razionale), per evitare dei rischi o per ridurre l'incertezza (Bogetoft e Hougaard, 2003) come nel caso dell'adesione alle politiche agro-ambientali o ad altre misure sovvenzionate dalla Politica Agricola Comunitaria. A tal proposito, l'adesione dell'imprenditore ad alcune politiche agro-ambientali potrebbe comportare una minore produzione complessiva di output, quindi maggiore inefficienza dell'output, e un maggiore impiego della variabile lavoro e/o di altri input, con un conseguente peggioramento dell'efficienza tecnica complessiva dell'impresa agricola.

Come evidenziato dall'analisi bibliografica condotta, nel settore primario esiste una copiosa e dettagliata letteratura sull'efficienza tecnica in agricoltura ma pochissimi sono stati gli studi che hanno analizzato l'ipotesi dell'inefficienza razionale (Bogetoft e Hougaard, 2003; Asmild et al. 2003; Hansson et al., 2020; Manevska-Tasevska et al., 2021). Un primo studio sull'inefficienza razionale in agricoltura è stato condotto da Howley nel 2015 il quale ha individuato quali benefici non finanziari potevano spingere gli agricoltori ad assumere determinati atteggiamenti produttivi in diverse attività dell'impresa agricola. I benefici non pecuniari derivanti da alcune attività, messe in atto presso alcune aziende agricole irlandesi, quali il disinvestimento, la produzione, la diversificazione e il lavoro svolto non in azienda ma in altri settori economici, benché abbiano ridotto l'efficienza tecnica dell'azienda, hanno avuto

un'importanza significativa e molto gratificante nelle attività dell'imprenditore agricolo (Howley, 2015). In conclusione, lo studio dell'inefficienza razionale, delle ragioni che la sottendono, è importante da un punto di vista politico per definire come nelle aziende agricole l'inefficienza osservata derivi da un comportamento razionale dell'imprenditore.

L'imprenditore in molti casi è in grado di sacrificare la propria efficienza tecnica, riducendola, al fine di poter soddisfare delle scelte razionali, quali la salvaguardia dell'ambiente oppure migliorare il benessere degli animali allevati. Tutto questo rende più chiare ed orientabili le scelte di politica agricola da attuare verso le imprese, calibrando delle misure specifiche ed adeguate nei programmi di sviluppo rurale.

L'applicazione della Multi-directional Efficiency Analysis ha consentito di valutare i cambiamenti di produttività legati all'utilizzo specifico di alcuni input quali concimi sull'efficienza tecnica di alcune produzioni agricole (Shahnavazi, 2020). Baležentis e De Witte nel 2015 hanno evidenziato, nel periodo 2004-2009, utilizzando i dati della banca dati RICA, come l'efficienza della produzione delle aziende agricole lituane sia stata negativamente correlata con i livelli di sovvenzione erogati sulla produzione. L'analisi basata sulla MEA ha dimostrato come le aziende zootecniche siano state più efficienti rispetto a tutte le altre tipologie di aziende. Inoltre, nel corso del periodo di studio c'è stato un aumento dell'efficienza nell'uso del fattore lavoro e del rapporto asset sul capitale lavoro (Baležentis e De Witte, 2015; Shahnavazi, 2020). Tutto questo ha evidenziato come un aumento dei sussidi erogati alle aziende lituane dalla Politica Agricola Comunitaria abbia impattato negativamente sull'efficienza di tutti gli input coinvolti nel processo produttivo (Baležentis e De Witte, 2015).

3.3. Breve rassegna bibliografia sull'efficienza tecnica nella letteratura economico-agraria italiana e europea

Una revisione della letteratura in Italia ha evidenziato come non siano stati condotti degli studi sulle ragioni di inefficienza tecnica nelle aziende agricole. Inoltre, assente in bibliografia è stata l'analisi dell'inefficienza tecnica in aziende specializzate nella produzione cerealicola e del ruolo dei contributi erogati dalle politiche agro-ambientali della PAC sull'efficienza tecnica stimata con metodi non parametrici. Questi elementi hanno rappresentato l'elemento di innovatività che era possibile inserire nella letteratura economico-agraria attraverso una nuova ricerca effettuata mediante questa tesi di dottorato. Inoltre, la disamina della letteratura ha messo in luce come nel panorama economico-agrario italiano non ci siano degli studi sull'utilizzo della MEA. In letteratura non sono stati rinvenuti studi che abbiano analizzato se

la partecipazione alle politiche agro-ambientali da parte degli imprenditori agricoli italiani abbia ridotto l'efficienza tecnica nelle imprese agricole evidenziandone, contemporaneamente, le voci di inefficienza nei singoli input e output coinvolti (Hansson et al., 2020; Asmild et al., 2016).

La disamina della letteratura economica sull'efficienza tecnica nel settore primario eseguita dal 1950 al 2011 ha rivelato come nel corso degli anni ci sia stata una complessificazione del metodo utilizzato per esaminare l'efficienza tecnica in agricoltura (Darku et al., 2013). Nel corso degli anni è emerso come le aziende agricole più piccole siano state meno efficienti delle grandi e queste ultime siano state in grado di adottare nuove tecnologie in maniera più veloce rispetto alle piccole imprese (Darku et al., 2013). Tutto questo è da imputarsi, secondo questi ultimi autori, ad un migliore accesso al credito, alle informazioni e ad altre risorse scarse da parte delle grandi imprese rispetto alle piccole. Questi autori hanno confermato come le aziende agricole, che abbiano convertito il loro sistema produttivo verso produzioni biologiche, siano state in media più efficienti rispetto a quelle convenzionali.

In letteratura molti studi si sono concentrati sull'analisi dell'efficienza tecnica (Bravo-Ureta et al., 2007) attraverso l'utilizzo prevalente di metodologie parametriche rappresentate dalla Stochastic Frontier Analysis (SFA), mentre, poco utilizzato è stato l'approccio non parametrico costituito dalla Data Envelopment Analysis (DEA). Bravo-Ureta e alii nel 2007 hanno effettuato una ricognizione bibliografica degli studi condotti inerenti all'analisi dell'efficienza tecnica nel settore primario dal 1979 al 2005. Dalle analisi condotte da Bravo-Ureta e alii nel 2007 è emerso come ci sia stata in letteratura una netta prevalenza di studi sull'applicazione delle stime dell'efficienza tecnica nelle imprese agricole effettuata con metodi parametrici. Infatti, da una ricerca bibliografica condotta su riviste scientifiche di interesse economico-agrario, rispettivamente 569 pubblicazioni avevano fatto ricorso alla stima dell'efficienza tecnica stimata con metodi parametrici SFA, mentre solo 87 articoli hanno stimato l'efficienza tecnica nelle aziende agricole con la DEA (Bravo-Ureta et al., 2007).

Gli ambiti di studio dell'analisi dell'efficienza tecnica sono stati le coltivazioni erbacee, soprattutto riso, grano e mais, e le aziende zootecniche specializzate nell'allevamento di bovini da latte, ovini e suini (Tab. 3.1). Per quanto concerne le aree di studio, una molteplicità delle pubblicazioni si è concentrata ad investigare l'efficienza tecnica nelle aziende agricole situate negli USA, nell'Unione Europea (Olanda, Spagna, Germania e Regno Unito), in India, in Australia e nelle Filippine.

I valori diversi di efficienza tecnica evidenziati sono imputabili ad una serie di fattori coinvolti nel processo produttivo quali la dotazioni di terra, capitale agrario, assets e lavoro (Bravo-Ureta

et al., 2007). Focalizzando l'attenzione sull'Unione Europea, recenti studi hanno confermato come tra regioni agricole europee diverse esistano delle differenze significative in termini di efficienza tecnica tra aziende agricole (Guth e Smędzik-Ambroży, 2020). Le ragioni addotte da questi ultimi due autori, circa le differenze esistenti in termini di efficienza tecnica, sono imputabili, anche in questo caso, a una diversità di dotazioni di fattori produttivi impiegati quali lavoro, terra e capitali.

Tabella 3.1- Risultati dell'efficienza tecnica calcolata con metodi non parametrici nella *meta-analysis* condotta da Bravo-Ureta et alii nel 2007 ed altri autori indicati come primo autore nella colonna e riportati in bibliografia.

Primo autore	Anno	Paese studiato	Prodotti	No. osservazioni.	Media Efficienza tecnica
Abay	2004	Turkey	Other crops	300	45.6
Asmild	2003	Netherlands	Dairy	1,808	80.5
Brümmer	2001	Slovenia	Whole farm	185	44.0
Byrnes	1987	USA	Grains	107	99.4
Chandra	1979	Costa Rica	Whole farm	30	79.3
Chavas	1993	USA	Whole farm	545	96.4
Cloutier	1993	Canada	Dairy	187	89.8
Dawson	1985	UK	Whole farm	224	96.0
de Koeijer	2002	Netherlands	Other crops	467	63.0
de Koeijer	2003	Netherlands	Whole farm	57	55.0
Dhungana	2004	Nepal	Rice	76	68.0
Featherstone	1997	USA	Cattle	195	78.0
Fernandez-Cornejo	1994	USA	Vegetables	87	60.8
Fletschner	2002	Paraguay	Whole farm	283	84.0
Fraser	1999	Australia	Dairy	50	88.5
Gillespie	1997	USA	Ratite	57	67.0
Jaforullah	1999	New Zealand	Dairy	264	89.0
Kalaitzandonakes	1992	USA	Grains	250	94.0
Kalaitzandonakes	1995	Guatemala	Maize	82	93.0
Kwon	2004	Rep. of Korea	Rice	5,130	72.0
Lansink	2002	Finland	Whole farm	2,014	92.0
Lansink	2004	Netherlands	Pork	96	90.0
Latruffe	2004	Netherlands	Dairy, other crops	222	64.0
Latruffe	2005	Netherlands	Dairy, other crops	199	69.8
Lissitsa	2005	Ukraine	Whole farm	920	83.5
Mehdian	1988	USA	Grains	116	59.7
Piesse	1996	Slovenia	Dairy	272	93.0
Radam	1995	Malaysia	Rice	317	49.8
Reinhard	2000	Netherlands	Dairy and Cattle	1,535	79.7
Rowland	1998	USA	Swine	129	89.0
Sarker	2004	India	Other crops	80	99.0
Shafiq	2000	Pakistan	Cotton	117	77.0
Sharma	1997	USA	Other Animals	60	64.4
Sharma	1999	USA	Swine	53	70.1
Sherlund	2002	Cote d'Ivoire	Rice	464	35.0
Tauer	1993	USA	Dairy	395	78.3
Tauer	1998	USA	Dairy and Cattle	630	91.8
Thiele	1999	Germany	Whole farm	601	92.0
Thomas	1994	USA	Dairy	125	89.2
Wadud	2000	Germany	Rice	150	85.6
Weersink	1990	Canada	Dairy	105	91.8
Wu	2003	USA	Other crops	147	88.0
Media calcolata su tutti gli studi riportati					78.3

Focalizzando l'attenzione sull'efficienza tecnica stimata in alcune aziende specializzate nella produzione zootecnica in alcuni paesi europei, recenti studi hanno dimostrato come i sussidi pubblici hanno influenzano negativamente l'efficienza tecnica delle aziende agricole (Minviel e De Witte, 2017; Garrone et al, 2019). I nuovi paesi entrati a far parte dell'UE dal 2004, a causa della transizione da una economia pianificata ad una a libero mercato, hanno evidenziato livelli di efficienza tecnica delle aziende agricole inferiori a quelli riscontrati in altri paesi della UE (Balezentis, 2014; Nowak et al., 2015; 2019).

Ricerche condotte in alcune regioni italiane hanno dimostrato come il comportamento degli agricoltori in diversi scenari politici, abbia risentito delle restrizioni imposte dalla Direttiva Comunitaria 91/676/CEE (Direttiva nitrati). Tale direttiva ha agito su alcune scelte imprenditoriali, in termini di colture selezionate, tecniche e metodi di irrigazione e pratiche di gestione adottate, con effetti a livello di efficienza tecnica (Semaan et al., 2007). Nelle aziende agricole italiane si è osservato una transizione da una posizione ostile verso la Direttiva Comunitaria 91/676/CEE ad un maggiore favore verso l'applicazione della Direttiva nitrati in azienda con la necessità di modificare la gestione aziendale e, gli input utilizzati con effetti significativi sull'efficienza tecnica (Nguyen et al., 2013). Tuttavia, esistono ancora dei divari a livello territoriale tra le regioni italiane. Nonostante i vincoli presenti nella Direttiva Comunitaria 91/676/CEE, le regioni del nord Italia hanno mostrato uno spiccato orientamento produttivista complessivo nelle loro aziende agricole contro un orientamento più improntato alla sostenibilità e all'*eco-efficiency* nelle regioni meridionali (Coluccia et al., 2020).

Metodologia utilizzata

Nella ricerca condotta in questa tesi si è stimata l'efficienza tecnica delle aziende cerealicole italiane aderenti o non aderenti alle politiche agro-ambientali. Il *dataset* di riferimento è costituito dalle aziende specializzate nella produzione cerealicola facenti parte della Rete di Informazione Contabile Agricola (RICA). La RICA è un'indagine annuale svolta su un campione di aziende istituita nel 1965 dalla Commissione Europea, necessaria per generare una fonte di dati microeconomici armonizzata tra tutti i Paesi Membri dell'Unione Europea. La finalità della RICA è quella di valutare l'evoluzione dei redditi aziendali, di indagare su altri aspetti economici e strutturali delle imprese agricole europee e di determinare l'impatto di alcune azioni di politica agricola. Nel dataset RICA sono inserite oltre 86.000 aziende europee, in rappresentanza di aziende professionali, in grado di avere una determinata dimensione economica. Nel periodo di studio e per ogni singolo anno di osservazione il campione RICA Italia è stato rappresentato da circa 11.000 aziende, in grado di cogliere le tipologie produttive e dimensionali agricole rappresentative del panorama agricolo italiano in grado di coprire oltre il 90% della superficie agricola utilizzabile.

4.1. La stima dell'efficienza tecnica con metodi non parametrici

La stima quantitativa dell'efficienza ha l'importante pregio di superare il problema insito nell'utilizzo di differenti unità di misura, sia per gli input sia per gli output, definendo un valore adimensionale in grado di valutare lo scostamento dalla funzione di produzione. Alcune metodologie di stima dell'efficienza tecnica consentono di analizzare processi *multi-input* o *multi-output*. Per effettuare una stima approfondita dell'efficienza tecnica è possibile seguire due diversi approcci quantitativi: uno definito parametrico l'altro non parametrico (Kumbhakar et al., 2015; Coelli et al., 2005). L'approccio parametrico è chiamato analisi della frontiera stocastica o *Stochastic Frontier Analysis* (SFA), mentre l'approccio non parametrico è definito come DEA (Charnes et al., 1978; Banker et al., 1984; Kumbhakar et al., 2015; Cooper et al., 2007; Farrell, 1957; Lovell, 1993; Coelli et al., 2005; Battese e Coelli, 1992; 1995).

Nella tesi svolta non si è utilizzato un approccio parametrico perché erano necessarie alcune assunzioni di fondo, quali la conoscenza preliminare di una funzione di produzione specifica e ben definita adeguata al fenomeno da investigare, come, ad esempio una funzione di Cobb-

Douglas, Translog o di altro tipo, nonché aver definito *a priori* alcune specificazioni che si collocano all'interno di un quadro deterministico da definire prima di effettuare l'analisi (Coelli et al., 2005; Lovell, 1993). Inoltre, l'SFA non consente di stimare l'efficienza tecnica utilizzando più output (modelli *multi-output*) cosa che, invece, la DEA ci consente di poter fare (Coelli et al., 2005; Kumbhakar et al., 2015; Battese e Coelli, 1995). La stima dell'efficienza tecnica attraverso la DEA ha consentito di superare il problema delle differenti unità di misura negli input e output impiegati, analizzando, altresì processi *multi-input* e *multi-output*.

Nella tesi di dottorato si è fatto ricorso ad un modello DEA *input oriented* perché l'obiettivo principale è stato quello di minimizzare gli input nel processo produttivo. Infatti, mentre gli output non possono essere in alcun modo gestiti dall'imprenditore agricolo, la cui attività è sottoposta ad agenti esterni, in grado di condizionarne l'output prodotto, nel modello *input oriented* alcuni fattori produttivi possono essere facilmente gestiti dall'imprenditore stesso

Il modello non parametrico o DEA, utilizzato in questa tesi, ha lo scopo principale di definire una ipotetica funzione di produzione. La distanza dalla frontiera di questa funzione, da parte delle imprese o *Decision Making Unit* (DMU), è l'indice di inefficienza tecnica, per quelle DMU che si collocano al di sotto della frontiera, o di efficienza tecnica nel caso in cui le DMU si collochino sulla frontiera (Bielik e Rajcaniova 2004). Infatti, lungo questa funzione, tutte le possibili combinazioni di input e output sono in grado di minimizzare, nel caso dei modelli *input oriented*, l'impiego degli input utilizzati o di massimizzare l'output prodotto nel caso di modelli *output oriented*. Nel modello non parametrico DEA, gli scostamenti dalla frontiera della funzione di produzione sono considerati non efficienti (Bojnec e Latruffe, 2013). La DEA, tuttavia, non è in grado di cogliere eventuali errori presenti nella determinazione dell'efficienza tecnica per cui, eventuali valori anomali possono influire, alterandola, sulla stima dell'efficienza tecnica (Bojnec e Latruffe, 2011; 2013).

La DEA fornisce uno *score* di efficienza relativa, consentendo di confrontare quale tra le differenti *Decision Making Unit* sia più o meno tecnicamente efficiente. Tuttavia, la DEA non permette di avere un'indicazione assoluta di efficienza tecnica ma solo di confronto tra diversi processi produttivi utilizzati nella loro diversa combinazione di input e/o output (Chavas e Aliber, 1993). La valutazione non parametrica dell'efficienza tecnica ha insiti due limiti molto importanti: 1) non determina stime probabilistiche dovuti a errori stocastici, il che implica l'utilizzo di tecniche specifiche di rilevazione degli errori nel *dataset*; 2) non riesce a spiegare quali siano le cause dell'inefficienza. Alla luce di quest'ultimo limite operativo della DEA, nella tesi di dottorato si è cercato di introdurre nuove ed innovative tecniche di stima dei percorsi di inefficienza di ciascun input e output e che costituiscono un elemento di innovatività

nella letteratura inerente alla stima dell'efficienza tecnica. L'analisi dell'inefficienza tecnica si è resa necessaria per valutare, in ogni input utilizzato, quali siano stati gli eccessi di input che hanno causato l'inefficienza tecnica e, in ogni output prodotto, l'eccesso produttivo eccedente il valore ottimale di output in grado di massimizzare la produzione.

A livello teorico se x e y rappresentano un generico input usato e un generico output prodotto, mentre i e j costituiscono lo specifico livello di input utilizzati e output prodotto, x_i y_j implicheranno il i -esimo e il j -esimo input e output, rispettivamente, impiegato e prodotto da una specifica DMU. L'ammontare complessivo di input e output sarà rappresentato da I e J con I e J rispettivamente maggiori di zero (Banker et al., 1984).

Come proposto da Charnes et al. (1978) e da Banker et al. (1984), il modello DEA assume che ci siano n DMUs in grado di produrre una quantità s di input e y di output in modo che $y \in RS^+$ usando m input in una combinazione multipla degli input diversi utilizzati espressi come $x \in R^+$. L'efficienza tecnica di ciascuna DMU, secondo le assunzioni teoriche proposte da Charnes et al. (1978), può essere stimata risolvendo un sistema di programmazione lineare, il cui obiettivo, nel caso di un modello *input oriented*, sia quello di minimizzare l'utilizzo degli input nel processo di produzione e che in formule può essere così definito (Charnes et al., 1978, Banker et al., 1984; Coelli et al., 2005; Battese et al., 2004; Chavas e Aliber, 1993):

$$\min \theta_k^c - \varepsilon (\sum_{i=1}^s S_i^- + \sum_{r=1}^m S_r^+) \quad (1)$$

$$s. t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_i + S_i^- = \theta_0 x_{ik}, \quad i = 1, 2 \dots, m, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_i + S_i^- = \theta_0 x_{ik}, \quad i = 1, 2 \dots, m, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{ij} - S_r^+ = y_{rk}, \quad r = 1, 2 \dots, s, \quad (4)$$

$$\theta_k^c, \lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0, \quad (5)$$

Le formule 2 e 3 rappresentano i vincoli più importanti da tenere in debito conto nella stima della minimizzazione nel modello *input-oriented*.

L'obiettivo della stima dell'efficienza tecnica tramite DEA è quello di stimare in ciascuna DMU il valore θ che rappresenta il livello ottimale di efficienza tecnica pari ad 1; ε è un valore infinitesimo non Archimedeo, proposto per la prima volta da Charnes et al. (1978), finalizzato a superare alcune difficoltà di stima connesse alle diverse soluzioni possibili di multi-ottimalità. λ è un coefficiente di convessità in ciascun input utilizzato per ciascuna DMU_j in grado di produrre un livello di output y nelle aziende j -esime (Coelli et al., 2005). S_r^+ e S_r^- sono output

e input *slacks* non negativi. Se θ è uguale a 1 e tutti gli input e output *slacks* sono uguali a zero, la DMU osservata starà operando sulla frontiera della funzione di efficienza e sarà tecnicamente efficiente (Charnes et al., 1978; Banker et al., 1984; Coelli et al. 2005; Bravo-Ureta e Pinheiro, 1993; Battese e Coelli, 1992). Al contrario se θ è inferiore ad 1 e tutti gli input e output *slacks* sono diversi da zero, ci sarà un uso non efficiente da parte della DMU delle risorse di input e/o di output utilizzate.

4.2. Multi-directional efficiency analysis (MEA) per la stima dell'inefficienza dei fattori produttivi

Un punto di debolezza della analisi dell'efficienza, stimata con metodi non parametrici, quali la DEA, è insito nella impossibilità di poter individuare i percorsi di inefficienza presenti in ciascuna variabile di input e di output.

Il limite operativo, insito nella stima dell'efficienza tecnica, è apparso particolarmente evidente allorché lo studio dell'efficienza tecnica si è concentrato sulla comparazione tra alcuni paesi al fine di valutare la sostenibilità dei sistemi agricoli anche tra diverse regioni europee (Manevska-Tasevska et al., 2021; Gerdessen e Pascucci, 2013). Tutto questo non ha, pertanto, consentito, di effettuare dei confronti tra territori e di valutare quali fossero i *patterns* di inefficienza. Infatti, gli studi sull'efficienza tecnica, condotti con l'applicazione della DEA su diverse regioni europee, hanno valutato l'esistenza di una eterogeneità nella sostenibilità dei diversi sistemi agricoli coinvolti nel processo produttivo, sia tra gli Stati Membri che all'interno di ciascuno di esso, senza valutare quali input e/o output ne fossero la causa (Gerdessen e Pascucci, 2013).

Per eliminare tale punto di debolezza della DEA, in letteratura è stata proposta una tecnica innovativa, poco utilizzata nella letteratura economico-agraria italiana, di analisi dell'efficienza tecnica, in grado evidenziare i *patterns* di inefficienza quale la Multi-directional Efficiency Analysis o MEA (Bogetoft e Hougaard; 2003; Asmild et al. 2003). Secondo questi autori, la MEA ha il vantaggio di stimare simultaneamente l'efficienza in modelli multi input e multi output e di valutare l'inefficienza in ciascuno dei singoli input e output coinvolti nel processo di produzione (Manevska-Tasevska et al, 2021). L'approccio con la MEA consente di poter individuare quegli scostamenti dalla frontiera produttiva, espressi in termini di variazione di produttività come eccesso di input e/o output, che sono imputabili a variabili non incorporate nell'analisi dell'efficienza tecnica, quali la capacità gestionale dell'imprenditore e le scelte effettuate nel processo di produzione (Stigler, 1976; Perelman, 2011; Bogetoft e Hougaard; 2003, Hansson et al., 2020).

Da un punto di vista matematico, la stima della Multidirectional Efficiency Analysis è ottenuta considerando quale input di produzione x_j ($j = 1, \dots, n$) e quale output y_i ($i = 1, \dots, m$) e che in formula matematica è espressa come (Manevska-Tasevska et al., 2021):

$$\min_{\lambda_c, a_{j,c_0}} a_j \quad (6)$$

s.t.

$$\sum_c \lambda_c x_{j,c} \leq a_{j,c_0} \quad (7)$$

$$\sum_c \lambda_c x_{-j,c} \leq x_{-j,c_0} \quad (8)$$

$$\sum_c \lambda_c y_{i,c} \geq y_{i,c_0} \quad i = 1, 2 \quad (9)$$

$$\sum_c \lambda_c = 1 \quad (10)$$

$$\lambda_c \geq 0 \quad (11)$$

Le formule da 7 a 11 si riferiscono a tutte le variabili di input e al loro eccesso inserite nel modello di stima con l'esclusione degli output ottenuti nel processo produttivo.

La seconda parte dell'analisi MEA, relativamente ad ogni output, è stata condotta risolvendo un sistema di equazioni (13-17) nel quale si stima l'eccesso di output (Manevska-Tasevska et al., 2021):

$$\max_{\lambda_c, \alpha_{i,c_0}^t} \alpha_i \quad (12)$$

s.t.

$$\sum_c \lambda_c x_{j,c} \leq x_{j,c_0} \quad j = 1, \dots, 5 \quad (13)$$

$$\sum_c \lambda_c y_{i,c} \geq \alpha_{i,c_0} \quad (14)$$

$$\sum_c \lambda_c y_{-i,c} \geq y_{-i,c_0} \quad (15)$$

$$\sum_c \lambda_c = 1 \quad (16)$$

$$\lambda_c \geq 0 \quad (17)$$

Le soluzioni delle equazioni 7-11 e 13-17 hanno identificato un punto di riferimento ideale $(a_{1,c_0}^*, \dots, a_{5,c_0}^*, \alpha_{1,c_0}^*, \alpha_{2,c_0}^*)$. I valori $(a_{1,c_0}^*, \dots, a_{5,c_0}^*)$ si riferiscono alle soluzioni dei problemi di minimizzazione degli input, e i valori $(\alpha_{1,c_0}^*, \alpha_{2,c_0}^*)$ si riferiscono alle soluzioni dei problemi di massimizzazione dell'output. Successivamente, il punto di riferimento ideale per (x_{c_0}, y_{c_0}) , calcolato nel primo passaggio delle equazioni sopra riportate, è stato utilizzato per risolvere la seguente massimizzazione vincolata:

$$\max_{\lambda_c, \beta_{c_0}^t} \beta_{c_0} \quad (18)$$

s.t.

$$\sum_c \lambda_c x_{j,c} \leq x_{j,c} - \beta_{c_0} (x_{j,c_0} - a_{j,c_0}^*), \quad j = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (19)$$

$$\sum_c \lambda_c y_{i,c} \geq y_{i,c_0} + \beta_{c_0} (\alpha_{i,c_0}^* - y_{i,c_0}), \quad i = 1, 2 \quad (20)$$

$$\sum_c \lambda_c = 1 \quad (21)$$

$$\lambda_c \geq 0 \quad (22)$$

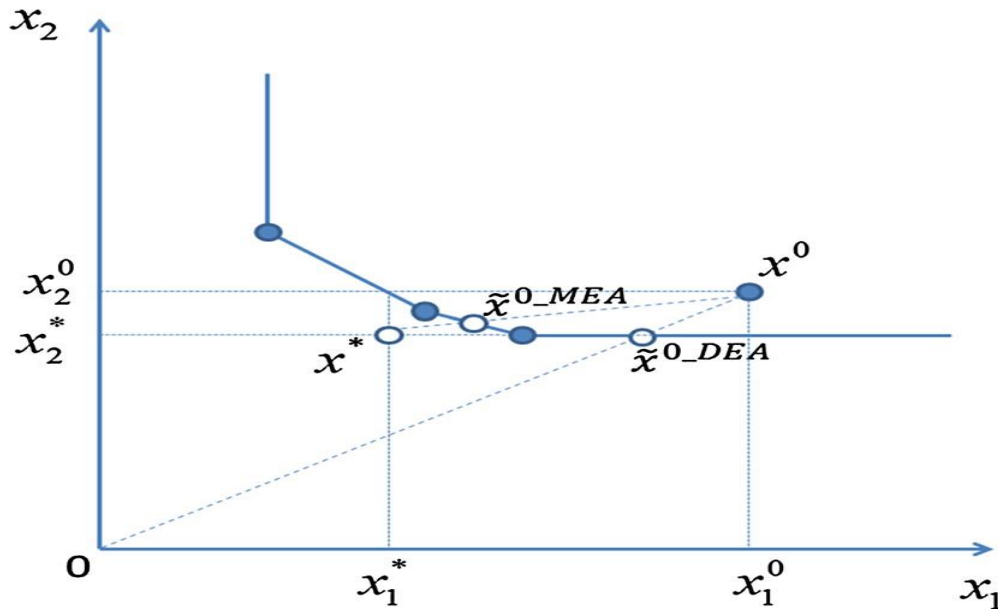


Figura 4.1- Rappresentazione grafica della MEA.

Fonte: Asmild et al., 2016

Infine, la soluzione $(\lambda_{c_0}^*, \beta_{c_0}^*)$ è stata utilizzata per determinare il vettore dei punteggi MEA relativi a variabili specifiche per ciascuna DMU nel modello (x_{c_0}, y_{c_0}) , espressa in formule come:

$$(23) \quad \left(\frac{x_{1,c_0} - \beta_{c_0}^*(x_{1,c_0} - a_{1,c_0}^*)}{x_{1,c_0}}, \dots, \frac{x_{4,c_0} - \beta_{c_0}^*(x_{4,c_0} - a_{4,c_0}^*)}{x_{1,c_0}}, \frac{y_{1,c_0}}{y_{1,c_0} + \beta_{c_0}^*(a_{1,c_0}^* - y_{1,c_0})}, \frac{y_{2,c_0}}{y_{2,c_0} + \beta_{c_0}^*(a_{2,c_0}^* - y_{2,c_0})} \right)$$

I punteggi MEA assumono un valore compreso tra zero, per aziende totalmente inefficienti, e 1 per aziende totalmente efficienti senza nessuno eccesso di input o output. I punteggi di valore 1 indicano che non c'è potenziale di miglioramento sulla variabile di input/output osservata, mentre un punteggio di efficienza dell'input inferiore all'unità, ad esempio 0.4, indica che l'azienda potrebbe ridurre l'input osservato del 60% per essere efficiente.

Da un punto di vista grafico nella MEA, come riportato in figura 4.1, le soluzioni delle equazioni di minimizzazione per il punto di coordinate x^0 , data una tecnologia y^0 , dopo aver risolto le equazioni 7-11, identificano il punto ideale x^* e, risolvendo successivamente le equazioni di massimizzazione 13-17, consentono di identificare il *benchmark* MEA $\tilde{x}^0 - MEA$, il quale viene confrontato con l'approccio DEA dove l'osservazione x^0 è proiettata sul *benchmark* $\tilde{x}^0 - DEA$.

4.3. La gestione dei valori anomali nella stima dell'efficienza tecnica

Un limite della stima dell'efficienza tecnica con metodi non parametrici è insita nella impossibilità di valutare la presenza di valori anomali. In questa tesi di dottorato si è proceduto, prima di stimare l'efficienza tecnica, tramite DEA, e dei *patterns* di inefficienza tramite MEA, all'individuazione dei valori anomali (*outliers*) presenti nel *dataset* RICA e alla successiva eliminazione degli *outliers* nel *dataset*. Ciò ha rappresentato un elemento di originalità nella stima dell'efficienza tecnica non molto diffusa e utilizzata in letteratura.

Nell'analisi non-parametrica dell'efficienza tecnica, trattandosi di un modello di interpolazione, i risultati ottenuti potrebbero essere inficiati dalla presenza di valori anomali all'interno del campione di analisi. I valori anomali generano dei risultati chiaramente distanti da quelli delle altre osservazioni disponibili con delle conseguenze sulla stima corretta dell'efficienza tecnica. Un'ulteriore critica che è stata mossa verso l'applicazione della DEA nella stima dell'efficienza tecnica, nel caso di grandi campioni di dati e in presenza di *multi-input* e *multi-output* inseriti nel modello, è insita nella possibilità che diverse DMU possano risultare inefficienti a seguito della presenza di valori anomali che distorcono i risultati ottenuti (Andersen e Peterson, 1993). Questi ultimi due autori, al fine di gestire ed eliminare il problema dei valori anomali nella stima dell'efficienza tecnica con la DEA, proposero il modello della super-efficienza.

Nel 1971 Timmer propose, per affrontare il problema degli *outlier*, di procedere alla eliminazione delle osservazioni anomale fino a che la stima del parametro stimato nel modello deterministico di programmazione lineare si fosse stabilizzato (Wilson e Jadlow, 1982; Wilson, 1993). Tuttavia, questo *modus operandi* poteva indurre ad una serie di errori nella stima poiché si poteva correre il rischio di non individuare i valori anomali effettivi che questo approccio non riusciva a cogliere (Wilson e Jadlow, 1982; Wilson, 1995). Un'altra metodologia per poter individuare i valori anomali nei modelli non parametrici di stima dell'efficienza tecnica si basa sulla ricerca di efficienti ed inefficienti *outlier*; questi ultimi sono definiti come una misura in grado di valutare la deviazione dalla frontiera di inefficienza in un modello *leave-one-out*

stimato in un modello, che definisca le frontiere di efficienza e di inefficienza (Wilson, 1995; Johnson e McGinnis, 2008).

Per la gestione degli *outlier* nella DEA la tecnica proposta da Banker e Gifford nel 1988 è risultata essere adeguata e molto impiegata in letteratura per la stima successiva dell'efficienza tecnica, tramite DEA, definendo un valore soglia, stabilito *a priori*, necessario per escludere i valori anomali (Banker e Chang, 2006). Banker e Chang (2006) hanno utilizzato per l'individuazione dei valori anomali la super-efficienza. In questa tesi di dottorato di ricerca, l'individuazione dei valori anomali è stata effettuata ricorrendo a quanto proposto nelle ricerche compiute da Banker e Chang (2006). Banker e Chang (2006) hanno proposto di escludere dal *dataset* per la stima dell'efficienza tecnica i valori aventi una super-efficienza superiore al valore stabilito e, una volta eliminati dal *dataset* i valori anomali, calcolare con la DEA l'efficienza tecnica. Tuttavia, alcune simulazioni hanno dimostrato come precedenti applicazioni della super-efficienza per la ricerca di valori anomali nei *dataset*, proposte da Andersen e Petersen nel 1993, potevano dare origine ad un deterioramento delle *performances* e della bontà del modello allorché ci si trovava a che fare con dimensioni del campione molto ampie (Banker e Chang, 2006).

La gestione dei valori anomali nella stima della efficienza tecnica tramite DEA, proposta da Banker e Chang nel 2006, ha ripreso le procedure predisposte da Banker e Gifford (1988) e da Timmer nel 1971 (Simar, 2003). Banker e Chang (2006) effettuarono delle simulazioni stabilendo due criteri importanti da seguire nella valutazione della bontà complessiva di un campione esente da *outlier* da utilizzare, in seguito, per la stima dell'efficienza tecnica. I due criteri di scelta per individuare la presenza di valori anomali nei *dataset* erano: probabilità di avere nel *dataset* una percentuale di dati contaminati dall'errore compresa tra 0 e il 10%; la distribuzione dell'errore avesse una distribuzione casuale (*random noise*). In base a quanto proposto da questi da Banker e Chang (2006), nella individuazione degli *outlier*, attraverso l'applicazione della super-efficienza, è necessario che siano soddisfatte due condizioni: 1) non avere una probabilità di contaminazione di *outlier* superiore a 0.5-0.6; 2) escludere dal *dataset* tutte quelle osservazioni nelle quali il valore della super-efficienza si collochi al di sopra del valore soglia di 1.2. Qualora il numero degli *outlier* esclusi sia superiore al 6% dei dati complessivi del campione, la stima dell'efficienza tecnica tramite DEA darà luogo ad una stima deviata ed inattendibile dell'efficienza tecnica.

L'utilizzo della super-efficienza è in grado, pertanto, di assicurare una maggiore stabilità nel modello DEA per la stima dell'efficienza tecnica (Chen, 2005). L'obiettivo della super-efficienza è quello di individuare una nuova modalità di classificazione delle unità efficienti,

rendendo ammissibile la possibilità, da parte delle DMU, di ottenere punteggi di efficienza superiori al 100 % e che in formula può essere espressa come:

$$\min z = \theta^{sup} \quad (24)$$

subject_to:

$$\sum_{j=1, \neq q}^n x_{ij} \lambda_j + s_j^- = \theta^{sup} x_{iq}, i = 1, 2, \dots, m \quad (25)$$

$$\sum_{j=1, \neq q}^n y_{ij} \lambda_j + s_j^+ = y_{iq}, i = 1, 2, \dots, r \quad (26)$$

$$\lambda, s^-, s^+ \geq 0, \quad (27)$$

Il problema fondamentale nell'applicazione della super-efficienza per eliminare i valori anomali è rappresentato dalla individuazione di un valore soglia al di sopra del quale le DMU possano esser considerate dei valori anomali (Banker e Chang, 2006). In alcuni studi empirici, effettuati con l'utilizzo di un modello *input oriented*, in aziende specializzate nella produzione di colture erbacee, miste e con allevamenti, la soglia utilizzata per definire i valori di inefficienza è stata fissata a 1.2, valore di *cut-off* utilizzato anche nella presente tesi di ricerca per eliminare i valori anomali dalla banca dati RICA delle aziende cerealicole specializzate (Baležentis et al., 2013).

4.4. La stima delle differenti tecnologie tramite Metafrontier technology gap ratio

Nel momento in cui si va a confrontare l'efficienza tecnica tra due gruppi di aziende agricole, che hanno aderito o meno alle politiche agro-ambientali, è necessario verificare se esista una differenza nella tecnologia tra i due gruppi confrontati.

Per individuare se esistono diverse tecnologie tra due *set* di DMU, si può utilizzare la *Metafrontier technology ratio* (MTR) (O'Donnell et al., 2006; 2008). La metafrontiera è utilizzata allorché si vogliano confrontare l'efficienza di diversi gruppi quali paesi, regioni, oppure aziende che beneficino di un determinato sostegno pubblico rispetto ad un altro gruppo che non lo riceve, o se si ipotizza che ciascun gruppo possa operare con tecnologie diverse, il che dà luogo a frontiere produttive diverse (O'Donnell et al., 2008; Barnes e Revoredo-Giha, 2011). Secondo questi autori, si ipotizza che nella metafrontiera esista uno spazio inteso come un insieme di meta-tecnologie, in grado di racchiudere tutte le possibili combinazioni di output

(y) e input (x). Il set di output è definito per qualsiasi vettore di input x, come O'Donnell et al., 2008; Barnes e Revoredo-Giha, 2011:

$$P(x) = \{y: (x, y) \in \text{Metatecnology set}\} \quad (28)$$

$$D(x, y) = \inf \{ \theta > 0: \left(\frac{x}{\theta} \right) \in P(x) \} \quad (29)$$

La funzione della distanza $D(x, y)$ è definita come meta distanza rispetto alla frontiera degli output in un modello *output oriented* e ci indica di quanto, rispetto alla diversa combinazione di input e output, una osservazione (x, y) può essere considerata tecnicamente efficiente rispetto alla metafrontiera. Pertanto, se $D(x, y) = 1$ tale osservazione potrà dirsi tecnicamente efficiente mentre, se avessimo avuto una DMU con un valore $D(x, y) = 0.5$, ciò avrebbe implicato che la DMU produca il 50% in meno di quello che sarebbe la sua ottimale ed efficiente combinazione di input e output, data una determinata funzione di produzione.

Analogamente, per ciascuno dei k gruppi specifici di confronto considerati in un'analisi, possono essere definiti altri insiemi di tecnologie, insiemi di output, con relative frontiere per ciascun gruppo con le rispettive distanze del gruppo dalla frontiera:

$$P^k(x) = \{x: (x, y) \in \text{Tecnology set}^k\} \quad (30)$$

$$D^k(x, y) = \inf \{ \theta > 0: \left(\frac{x}{\theta} \right) \in P^k(x) \} \quad (31)$$

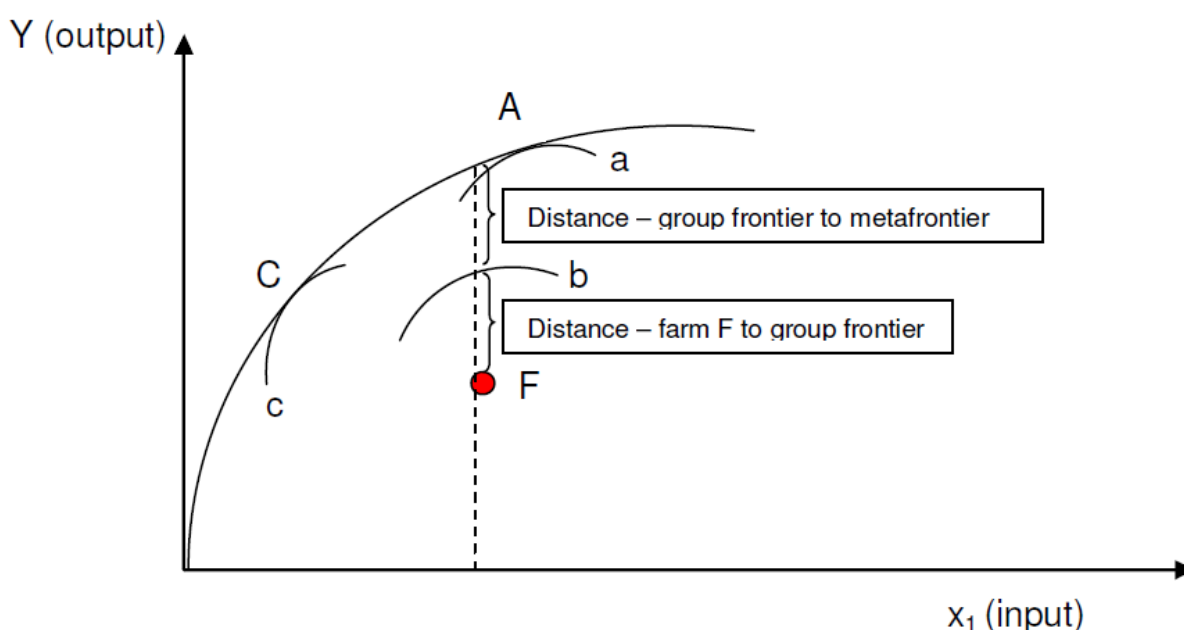


Figura 4.2- Rappresentazione grafica della MTR e della metafrontiera.
Fonte: Battese et al., 2004

$D^k(x,y)$ pari ad un valore inferiore all'unità indica che esiste una distanza dalla frontiera del proprio gruppo k di riferimento ossia, dato lo stesso livello di input, si produce un minore livello di output. Il rapporto MTR indica di quanto il gruppo k e la sua frontiera si discosti dalla metafrontiera.

Il calcolo della MTR del gruppo k per ciascun input e output considerato è indicato come il seguente rapporto (Barnes e Revoredo-Giha, 2011; Battese et al., 2004):

$$MTR^k(x,y) = \frac{D(x,y)}{D^k(x,y)} \quad (32)$$

In figura 4.2 sono riportate la metafrontiera e le frontiere per ciascun gruppo di osservazione (a, b, c). L'efficienza di tutte le imprese, all'interno di ciascun gruppo, può essere misurata rispetto alla propria frontiera (a, b, c) o rispetto alla metafrontiera (C, A) (Barnes e Revoredo-Giha, 2011).

La MTR è in grado di stimare l'efficienza tecnica in tutte le imprese aggregate del campione e successivamente valutare il *gap* tecnologico espresso come *Meta-Technology Ratio* (MTR). Il MTR individua il rapporto tra la produzione prodotta per la frontiera di produzione stimata dalla DEA in due diversi gruppi di imprese, caratterizzate da due diversi attributi di appartenenza al gruppo di indagine che si vogliono valutare, e la produzione potenziale definita dalla funzione di meta-frontiera, dati gli input osservati (O'Donnel et al., 2008). Il valore di MTR è compreso tra 0 e 1 e un aumento di MTR implica una diminuzione del *gap* tecnologico rispetto alla metafrontiera.

4.5. L'applicazione del Propensity Score Matching per la verifica di *bias* da selezione

Nella ricerca condotta, al fine di eliminare problemi nella selezione del campione, si è ricorsi all'analisi del Propensity Score Matching che ci consente, altresì, di verificare come un determinato trattamento, quale nel nostro caso la partecipazione dell'azienda alle politiche agro-ambientali, abbia influito sull'efficienza tecnica. Infatti, nella ricerca economica, così come in quella sociale, è molto difficoltoso, da un punto di vista operativo ed applicativo, oltretutto costoso, applicare un'analisi basata su esperimenti randomizzati. Tutto questo ha spinto, in base a quanto proposto da Bravo-Ureta et alii nel 2012, ad utilizzare delle procedure quasi-sperimentali (Barath et al., 2020).

L'approccio quasi-sperimentale si basa sulla stima di quale impatto abbia un determinato trattamento su una popolazione *target* senza, tuttavia, assegnare, in maniera casuale, i soggetti

che saranno sottoposti a sperimentazione. Un primo limite dell'approccio quasi-sperimentale, è imputabile ad un problema di selezione del campione, assegnando in maniera casuale un soggetto ad un gruppo trattato o ad uno non trattato. Tutto ciò potrebbe dare luogo ad un'informazione non attendibile e distorta con il rischio di avere unità statistiche caratterizzate da *bias* di selezione. Barath et al. (2020), riprendendo quanto sostenuto da uno studio precedente di Smith e Todd del 2005, hanno affermato come il risultato della partecipazione ad un determinato programma di trattamento, che non può essere stimato direttamente, è la differenza tra il risultato ottenuto dalla partecipazione sottratto del risultato ottenuto dalla non partecipazione. In ogni unità statistica potremmo osservare o l'effetto della partecipazione o quello della non partecipazione e mai tutti e due gli effetti contemporaneamente.

La valutazione dell'effetto di un trattamento implica la possibilità di poter osservare contemporaneamente l'effetto dello stesso individuo sia se sottoposto a trattamento sia non sottoposto a trattamento e, la differenza tra i due stati, non è altro che la misura dell'effetto di trattamento (Smith e Todd, 2005).

Nella tesi di dottorato di ricerca il problema di errore di selezione si potrebbe generare nel momento in cui si scelga di utilizzare come controfattuale l'insieme di aziende che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali. Tale scelta, infatti, potrebbe implicare che l'aver aderito alle politiche agro-ambientali (trattamento) non sia stato imputabile al caso ma che sia, invece, imputabile a delle caratteristiche specifiche tra i due gruppi di aziende aderenti o non aderenti alle politiche agro-ambientali. Ad esempio, alcune aziende, che hanno deciso di aderire alle politiche agro-ambientali, lo potrebbero avere fatto perché situate in contesti produttivi, che le hanno spinte ad utilizzare una minore quantità di input o che si collochino in aree che, essendo ambientalmente vulnerabili, non consentono di forzare, oltre i limiti imposti per legge, l'utilizzo di alcuni input produttivi. Tali situazioni potrebbero, pertanto, spingere l'imprenditore agricolo ad avere una maggiore propensione ad aderire alle politiche agro-ambientali. Per risolvere il problema di *bias* di selezione è necessario abbinare ogni azienda, aderente alle politiche agro-ambientali, ad una o più aziende che non aderiscono alle politiche agro-ambientali, formanti il gruppo di controllo o controfattuale, e che abbiano in comune caratteristiche osservate simili. La differenza nei risultati ottenuti, che ci stima il punteggio di propensione pertanto, non sarà altro che una misura dell'effetto del trattamento tra il gruppo di controllo o controfattuale e il gruppo sottoposto a trattamento (Smith e Todd, 2005; Carillo et al. al., 2017; Raimondo et al., 2021).

Nel nostro caso di studio, si hanno due gruppi di aziende cerealicole: quelle che hanno aderito alle politiche agro-ambientali ($D=1$) e quelle che non hanno aderito ($D=0$) considerando che

ogni azienda abbia delle caratteristiche specifiche proprie osservabili (X). La stima dell'ATT, ossia la media dell'effetto del trattamento sui soggetti sottoposti a trattamento (O_1), necessario per stimare l'impatto medio che la partecipazione alle politiche agro-ambientali ha avuto sulle aziende che hanno partecipato a quelle politiche, può essere così indicato:

$$ATT = E(\theta|X, D = 1) = E(O_1 - O_0|X, D = 1) = E(O_1|X, D = 1) - E(O_0|X, D = 1) \quad (33)$$

In questa formulazione, θ è l'effetto del trattamento, partecipazione alle politiche agro-ambientali, fermo restando alcune caratteristiche specifiche delle aziende (X); $E(O_1|X, D = 1)$ è il risultato derivante dalla partecipazione alle politiche agro-ambientali; $E(O_0|X, D = 1)$ rappresenta il gruppo di controllo casuale e che ci indica una stima dell'impatto della non partecipazione alle politiche agro-ambientali. Nella ricerca condotta non è possibile stimare il controfattuale ma è possibile ricavarlo dalle osservazioni ottenute dalle aziende che non hanno partecipato alle politiche agro-ambientali utilizzando il Propensity Score Matching (PSM) (Barath et al., 2020).

Il Propensity Score Matching (PSM) confronta l'effetto del trattamento tra i partecipanti alle politiche agro-ambientali e quelli non partecipanti stabilendo un *set* di caratteristiche comuni tra i due gruppi di confronto; l'obiettivo è quello di valutare la probabilità che una determinata unità statistica possa avere di essere inserita nel gruppo dei trattati avendo determinate caratteristiche (X) (Rosenbaum e Rubin, 1983).

Con il PSM si procede a definire un punteggio di propensione utilizzando un modello scelta discreta, quale il Probit, associando tra loro le aziende del campione osservate a cui è stato attribuito il punteggio di propensione. Tutto questo serve per creare un nuovo campione formato da aziende che potrebbero avere probabilità simili tra loro. In pratica, viene costituito un campione *ex novo* formato da tutte le imprese agricole, che hanno deciso di aderire alle politiche agro-ambientali, e le aziende che non hanno aderito ma che, in entrambi, i casi abbiano avuto un livello di propensione molto simile tra loro (Arata e Sckokai, 2026; Lombardi et al., 2015). La stima per valutare l'effetto del trattamento medio sul trattato o ATET ci consente di valutare la differenza nei risultati medi del gruppo trattato, ossia tra le aziende che hanno partecipato alle politiche agro-ambientali, e del gruppo di controllo a seguito dell'abbinamento (Arata e Sckokai 2016) e che in formulazione matematica è espressa come indicato e riportato di seguito nella formula 34 e che è possibile stimare con diversi metodi (Arata e Sckokai, 2016; Barath et al., 2020; Raimondo et al., 2020):

$$ATET = \{E(y1i|D = 1) - E(y0i |D = 1)\} \quad (34)$$

In questa formulazione, $y1i$ e $y0i$ sono i risultati ottenuti, rispettivamente, nel caso di trattamento e di non trattamento, e D è una *dummy* che assume il valore 1 per gli individui trattati e 0 per quelli non trattati.

La comparazione dei diversi metodi di Propensity Score Matching utilizzati consente di poter definire la robustezza delle stime (Becker e Ichino, 2002). Tra i metodi più impiegati in letteratura possiamo annoverare: lo Stratification Matching, il Nearest-Neighbor Matching, il Radius Matching e il Kernel Matching.

Con lo Stratification Matching le aziende agricole sono state suddivise in blocchi (o strati) in base al punteggio di propensione ottenuto; le aziende aderenti o non aderenti alle politiche agro-ambientali in ogni blocco hanno dimostrato di avere mediamente lo stesso punteggio di propensione, per cui calcolando all'interno di ogni blocco la differenza nei risultati medi, tra aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali e le aziende che non hanno aderito, è stato possibile effettuare il confronto tra i due trattamenti. In questo caso la stima dell'ATET è ottenuta come una media degli ATET di ciascun blocco pesata secondo la distribuzione delle osservazioni trattate nei blocchi.

Con l'approccio Nearest-Neighbor Matching ogni osservazione trattata viene comparata con l'osservazione di controllo avente il punteggio di propensione più vicino. La fase successiva ha previsto il calcolo della differenza tra il risultato ottenuto con il campione trattato e il risultato ottenuto con il campione non trattato e l'ATET è stato calcolato facendo la media di queste differenze.

Con il metodo dello Stratification Matching sono state escluse quelle aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali in quanto nello stesso blocco non sono presenti aziende che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali.

Con il metodo del Radius Matching ogni unità trattata è stata abbinata a tutte le unità vicine non trattate in termini di punteggio di propensione che ricadano all'interno di un raggio specifico (Becker e Ichino 2002). Infine, con il metodo Kernel Matching tutte le aziende di controllo, ossia l'insieme delle aziende non aderenti alle politiche agro-ambientali, sono abbinate ad una media pesata di tutte le aziende di controllo con pesi inversamente proporzionali alla distanza tra i punteggi di propensione del trattato e del controllo (Becker e Ichino 2002). In questo caso, quanto più l'azienda non aderisce alle politiche agro-ambientali (trattamento) tanto minore sarà il peso assegnato.

4.6. Composizione e caratteristiche del *dataset* e software impiegato

L'analisi è stata condotta su un campione di aziende facenti parte della RICA Italia nel periodo 2008-2018. Complessivamente nel campione RICA, composto da 185.000 osservazioni, sono state selezionate 11.918 aziende specializzate solo nella produzione di cereali quali frumento tenero, frumento duro, avena, orzo, mais escludendo quelle specializzate nella produzione di riso. Dal dataset RICA sono state eliminate le aziende cerealicole che hanno aderito a metodi di produzione biologica perché richiedenti degli impegni maggiori e più specifici rispetto alle altre misure finanziate dalle politiche agro-ambientali. Le aziende classificate come biologiche eliminate dal *dataset* sono state pari a 1.378 aziende, il che ha comportato di dover effettuare l'analisi su un campione di aziende specializzate nella produzione cerealicola di 10.475 aziende di cui il 10.1% costituito da aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali.

La stima dell'efficienza tecnica con un approccio non parametrico DEA ha utilizzato 5 variabili di input e 2 variabili di output, quali la produzione ottenuta dai cereali e gli output derivanti dalle altre attività presenti e svolte in azienda come l'agriturismo, la produzione di energia ed il contoterzismo (Tab. 4.1).

Tabella 4.1- Variabili di input e output utilizzate nella stima dell'efficienza tecnica nel *dataset* RICA Italia 2008-2018 aziende cerealicole specializzate.

Variabile	Descrizione	Unità di misura
Lavoro	Quantità totale di ore di lavoro utilizzate per la produzione in azienda	Ore
Terra	Superficie agricola usata (SAU)	Ettari
Costi variabili	Importo totale dei costi specifici totali e spese generali agricole dell'azienda	Euro
Costi fissi	Importo totale dei costi fissi, inclusi: ammortamento, affitti e interessi	Euro
Assets	Valore totale dei beni di proprietà, inclusi: terreni agricoli, fabbricati, macchinari e attrezzature, bestiame da allevamento e non e capitale circolante	Euro
Produzione cereali	Ricavi totali ottenuti dalla produzione dei cereali	Euro
Altri prodotti	Ricavi totali ottenuti da tutte le produzioni agricole e altre attività aziendali al netto della produzione cerealicola e dei pagamenti diretti	Euro

Le variabili di input sono state cinque: lavoro, terra, costi variabili, costi fissi e assets come definito analiticamente nella tabella 4.1. E' fondamentale sottolineare che, al fine di evitare di avere dei valori monetari disomogenei, tutte le variabili di input e output espresse in euro sono state depurate dall'inflazione, utilizzando gli indici dei prezzi dei mezzi di produzione agricola

per le variabili di input e gli indici dei prezzi dei prodotti agricoli per le variabili di output, pubblicati da Eurostat.

Le analisi statistiche dei dati è stata effettuata utilizzando il software STATA 13. Per l'analisi dell'efficienza tecnica, tramite DEA, e dei *patterns* di inefficienza stimati attraverso la MEA è stato utilizzato il software R con l'applicazione del pacchetto Benchmarking (Bogetoft e Otto, 2010).

Per valutare, infine la distribuzione regionale delle aziende agricole specializzate nella produzione dei cereali, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, e la superficie agricola classificata come sensibile ai nitrati, così come individuato dalla Direttiva Comunitaria 91/676/CEE, sono stati confrontati dei cartogrammi. Il cartogramma con la superficie sensibile ai nitrati ha descritto l'incidenza percentuale della superficie agricola, collocata all'interno delle Zone Vulnerabili ai Nitrati secondo i dati proposti e pubblicati dal Ministero dell'Ambiente e da quello delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. Il cartogramma della numerosità delle aziende agricole specializzate nella produzione dei cereali è stato ottenuto utilizzando i dati RICA Italia 2008-2018.

Risultati emersi durante la tesi

5.1. Stima dell'efficienza tecnica quale elemento di partecipazione alle politiche agro-ambientali

L'adesione a politiche agro-ambientali, comportando la sottoscrizione di vincoli e contratti a lunga durata, potrebbe avere un effetto dissuasivo e disincentivante sulla partecipazione delle imprese agricole.

Per verificare se la partecipazione alle politiche agro-ambientali delle imprese agricole italiane, specializzate nella produzione di cereali, facenti parte del dataset RICA 2008-2018, riguardasse imprese agricole caratterizzate da un livello di efficienza tecnica elevata, si è fatto ricorso ad una analisi su un *panel* bilanciato di aziende agricole. L'obiettivo è stato quello di valutare se l'efficienza tecnica fosse un *driver* nelle scelte di adesione alle politiche agro-ambientali. L'analisi ha confrontato due fasi di attuazione della PAC: una prima fase *ex ante* annualità 2008-2013 e una *ex post* annualità 2014-2018. Il *panel* bilanciato, formato da 600 aziende, è stato suddiviso in due gruppi di aziende RICA Italia 2008-2018: un gruppo *ex ante*, comprendente le aziende attive nel periodo 2008-2013, che non avevano aderito ad alcuna politica agro-ambientale, e l'altro comprendente le aziende agricole che, nella fase *ex post* 2014-2018, hanno aderito alle politiche agro-ambientali. La novità di questo approccio nella ricerca condotta, innovativo rispetto al lavoro proposto da Latruffe e Nauges (2014), è consistito nell'aver ampliato il periodo di confronto *ex ante* ed *ex post* e di aver considerato le stesse aziende che nel periodo *ex ante*, non avevano aderito a politiche agro-ambientali e nel periodo *ex post*, invece, avevano aderito. Infatti, Latruffe e Nauges (2014) avevano selezionato soltanto quelle aziende che erano presenti soltanto per un solo anno nel loro quinquennio di osservazione e che poi avevano scelto di partecipare alle politiche agro-ambientali nel periodo di riferimento successivo.

Delle 600 aziende italiane specializzate nella coltivazione cerealicola, facenti parte del *panel* bilanciato 2008-2018, 149 aziende sono condotte da donne e 451 da uomini. La maggior parte delle aziende, facenti parte del *panel* bilanciato, sono concentrate in Lombardia, Piemonte e Veneto (Tab. 5.1). Le aziende condotte da giovani al di sotto dei 40 anni sono state 45 mentre 555 sono state condotte da imprenditori con una età superiore ai 40 anni. A livello di macro-

regione geografica (Nord-Ovest, Nord-Est, Centro e Sud-Isole), 327 aziende si sono collocate nella macro-regione Nord-Ovest, 142 nel Nord-Est, 98 nella macro-regione Centro e solo 33 aziende si sono collocate nella macro-area Sud-Isole.

Tabella 5.1- Distribuzione geografica e per sesso dell'imprenditore delle aziende cerealicole facenti parte del *panel* bilanciato 2008-2018.

Regione	Aziende complessive	%	Aziende condotte da uomini	Aziende condotte da donne
Basilicata	9	1.5	7	2
Friuli Venezia Giulia	29	4.8	23	6
Lombardia	224	37.3	161	63
Marche	63	10.5	50	13
Molise	6	1.0	5	1
Piemonte	103	17.1	74	29
Puglia	8	1.33	7	1
Sardegna	10	1.66	10	-
Umbria	35	5.83	26	9
Veneto	113	18.33	88	25
Totale	600	100.0	451	149

Fonte: elaborazioni su dati RICA Italia 2008-2018

Per quanto riguarda le zone altimetriche 329 aziende su 600 si sono collocate in pianura, 190 in collina interna, 44 in collina litoranea e 37 in montagna interna. Per quanto attiene alla loro dimensione economica: 12 aziende sono classificabili come grandi¹ aziende, 118 come medio-grandi, 159 come medie, 163 medio-piccole e 148 piccole. La maggior parte delle aziende cerealicole del *panel* bilanciato è specializzata nella produzione di mais ibrido e a seguire frumento duro, frumento tenero, orzo ed avena.

5.2 Risultati dell'efficienza tecnica nel *panel* bilanciato

Il trattamento dei dati anomali nel *panel* bilanciato è stato effettuato con la tecnica della *super-efficiency* o super-efficienza secondo quanto proposto da Banker e Chang (2006), scartando le

¹ La classificazione delle aziende in piccole, medio-piccole, medie, medio-grandi e grandi è un sistema di classificazione stabilito dalla RICA che, fino all'Esercizio Contabile 2009, si basava sui Redditi Lordi Standard (RLS) complessivi. Dall'annualità 2010 e seguenti tale classificazione tiene conto delle Produzioni Standard (PS). La Produzione Standard è il valore medio della produzione agricola vegetale e animale, includente le vendite, i reimpieghi, l'autoconsumo e i cambiamenti nello stock dei prodotti, al prezzo "franco azienda" e che non comprende l'IVA, le imposte e altre tipologie di sovvenzioni. Aziende piccole hanno una UDE compresa tra da 2 a 8 UDE (2.400-9.600 euro) e in termini di RLS sono comprese tra 4.000 a meno di 25.000 euro. Le aziende medio-piccole sono comprese in una classe di UDE tra 8 e 16 UDE (9.600 a 19.200 euro) e in termini di RLS sono ricomprese tra 25.000 a meno di 50.000 euro. Le aziende medie hanno una UDE da 16 a 40 UDE (19.200 a 48.000 euro) e, in termini di RLS sono comprese in un intervallo da 50.000 a meno di 100.000 euro. Medio-grandi sono imprese della RICA comprese tra le 40 e le 100 UDE (48.000 a 120.000 euro), in termini di RLS sono comprese tra da 100.000 a meno di 500.000 euro. Le aziende grandi hanno una UDE che si colloca oltre il valore di 100 (>120.000 euro) pari, in termini di RLS, ad un valore pari o superiore a 500.000 euro.

aziende che presentavano dei valori di super-efficienza superiori a 1.2. I valori anomali scartati hanno rappresentato una percentuale al di sotto del 5% delle aziende del *dataset* RICA 2008-2018. Ciò ha consentito di dedurre che l'incidenza di valori anomali fosse non significativa e tale da inficiare la bontà della stima dell'efficienza tecnica nelle aziende rimaste nel *dataset* RICA 2008-2018.

La disamina delle statistiche descrittive nel *panel* bilanciato ha consentito di evidenziare come esista una dicotomia tra le aziende agricole che hanno aderito alle politiche agro-ambientali e quelle che, invece, non hanno aderito (Tab. 5.2).

Tabella 5.2- Principali statistiche descrittive nel *panel* bilanciato 2008-2018

Totale aziende				
	n	Media	St. dev	Mediana
Lavoro	600	3.124,56	1.737,60	2.568
Terra	600	44,56	42,42	29,18
Costi variabili	600	43.223,48	40.570	27.581,35
Costi fissi	600	13.843,36	23.194,81	7.920,84
Assets	600	1.036.801	3.613.849	484.108,6
Produzione cereali	600	75569,33	72608,23	47618
Altri prodotti	600	107.940,4	95.112,41	69.653,5
Contributi complessivi PAC	600	18.116,06	21.433,33	9.935
Pagamenti AES	600	1.740,61	7.926,335	0
Aziende non beneficiarie di AES e non aderenti alle politiche agro-ambientali				
Lavoro	539	3.078,86	1.770,78	2.450
Terra	539	38,78	35,79	26,63
Costi variabili	539	38.404,56	36.380,12	25.409,46
Costi fissi	539	13.061,74	23.791,65	7.426,75
Assets	539	969.278,7	3.767.333	413.890,1
Produzione cereali	539	67.477,47	64.365,89	43.490,89
Altri prodotti	539	96.685,51	85.605,51	63.167
Contributi complessivi PAC	539	14.763,2	16.305,33	9.077
Pagamenti AES	539	-	-	-
Aziende beneficiarie di AES e aderenti alle politiche agro-ambientali				
Lavoro	61	3.528,34	1.356,89	3.593
Terra	61	95,58	59,44	88,25
Costi variabili	61	85.803,76	50.123,91	89.994
Costi fissi	61	20.749,8	15.541,23	19.324,47
Assets	61	1.633.434	1.648.179	1.258.634
Produzione cereali	61	147.069,6	98.475,17	129.527,5
Altri prodotti	61	207.389,4	115.799,8	196.712
Contributi complessivi PAC	61	47.742,07	34.770,53	38.156
Pagamenti AES	61	17.120,84	18.960,74	8.875

Fonte: elaborazioni su dati RICA Italia 2008-2018

Per quanto riguarda il fattore lavoro, la disamina dei dati, ha evidenziato come le aziende agricole, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, hanno impiegato una maggiore quantità di ore di lavoro rispetto alle aziende che non hanno partecipato alle politiche agro-ambientali. Il capitale terra, espresso come SAU, i costi variabili, i costi fissi e gli assets sono stati più alti nelle aziende agricole del *panel* bilanciato che hanno ricevuto i pagamenti specifici perché aderenti alle politiche agro-ambientali.

Focalizzando l'attenzione sulle variabili di output, i ricavi totali ottenuti dai cereali prodotti in azienda sono stati maggiore nelle aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali rispetto a quelle che non hanno aderito. I ricavi totali ottenuti da tutte le produzioni agricole e altre attività aziendali, al netto della produzione cerealicola e dei pagamenti diretti, sono stati due volte maggiori nelle aziende, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, rispetto alle aziende agricole che non hanno aderito.

Dai primi risultati delle statistiche descrittive, è emerso come le aziende che hanno aderito alle misure di politica agro-ambientale abbiano dovuto aumentare la loro quota di lavoro, in termini di ore di lavoro svolte in azienda. Le aziende risultano avere una dotazione di asset superiore a quelle che non hanno partecipato a politiche agro-ambientali, hanno superfici agricole molto ampie e traggono una quota interessante del reddito complessivo aziendale da attività quali l'agriturismo, il contoterzismo o la produzione di energia. Tutto questo ha confermato l'ipotesi di lavoro che si è basata sulla bontà nella scelta del paradigma dei costi di transazione, rispetto a quella delle "determinanti" e riportata da Scorzelli (2007), secondo il quale, l'adesione alle politiche agro-ambientali ha implicato dei costi agli agricoltori come, prevalentemente, l'aumento della manodopera da utilizzare in alcune operazioni colturali e degli assets investiti. Per valutare se l'adesione alle politiche agro-ambientale fosse legato ai livelli già alti di efficienza tecnica nelle aziende agricole partecipanti, il campione *panel* è stato diviso in due gruppi omogenei: un gruppo di aziende, comprese nell'annualità 2008-2013 (fase *ex ante*), che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali, e un gruppo di aziende agricole che nel periodo 2014-2018 (fase *ex post*) avevano aderito alle politiche agro-ambientali. Nella fase *ex ante* erano presenti 310 aziende, che non avevano aderito alle politiche agro-ambientali, mentre le stesse aziende, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, sono state 33 nella fase *ex post*.

Dalla disamina dei dati è emerso come le aziende che hanno deciso di aderire alle politiche agro-ambientali sono caratterizzate da un maggiore livello di efficienza tecnica rispetto alle aziende che non aderiscono alle misure agro-ambientali con un $p\text{-value} < 0.001$ (Tab. 5.3). La

differenza tra le due medie risulta essere statisticamente diversa da zero con una statistica test per 341 gradi di libertà pari a 4.109 con un p-value < 0.0001.

Tabella 5.3- Confronto dell'efficienza tecnica tra le aziende non aderenti alle politiche agro-ambientali nel periodo 2008-2013 e le aziende aderenti alle politiche agro-ambientali nel periodo 2014-2018 nel *panel* data bilanciato

Aziende non aderenti alle misure agro-ambientali periodo 2008-2013				
n	Media	St. err.	Mediana	Min
310	0.761	0.175	0.767	0.339
Aziende aderenti alle misure agro-ambientali periodo 2014-2018				
n	Media	St. err.	Mediana	Min
33	0.632	0.132	0.621	0.426

Fonte: elaborazioni su dati RICA Italia 2008-2018

L'analisi della distribuzione di frequenza dei due sotto campioni di aziende cerealicole, nella fase *ex ante* ed *ex post*, ha dimostrato una eterogeneità delle distribuzioni dell'efficienza tecnica che è stata spostata verso il valore 1 nelle aziende, che hanno aderito alle misure agro-ambientali, rispetto alle aziende che non avevano aderito alle politiche agro-ambientali. (Fig. 5.1.). Tutto questo ha confermato i valori di efficienza tecnica più bassi nelle aziende, che non aderiscono alle politiche agro-ambientali, rispetto a quelle che hanno aderito alle politiche agro-ambientali.

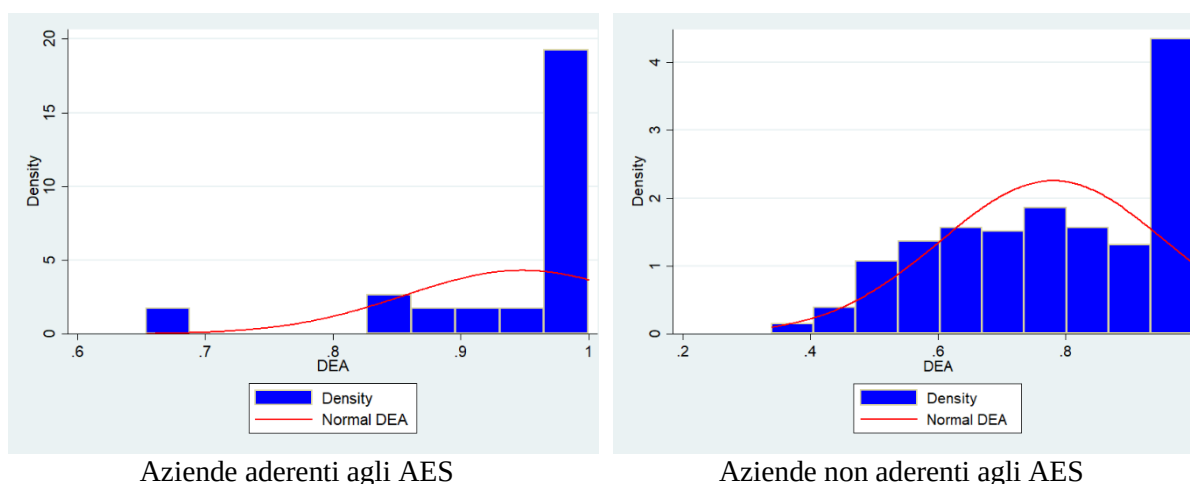


Figura 5.1. Confronto delle distribuzioni dell'efficienza tecnica rilevata nei due sotto campioni *ex ante* ed *ex post* di aziende cerealicole italiane
Fonte: elaborazioni su dati RICA Italia 2008-2018

Il confronto regionale ha dimostrato come solo in 4 regioni italiane su 20 ci siano state delle aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali e che si sono collocate nelle regioni settentrionali, quali Piemonte, Lombardia e Veneto, e solo una regione situata geograficamente

nell'Italia centrale quale l'Umbria (Fig. 5.2) Le aziende agricole che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, situate nella regione Umbria, hanno fatto rilevare il valore medio di efficienza tecnica più alto in assoluto e pari a 0.77 in tutte quelle facenti parte del *panel* bilanciato.

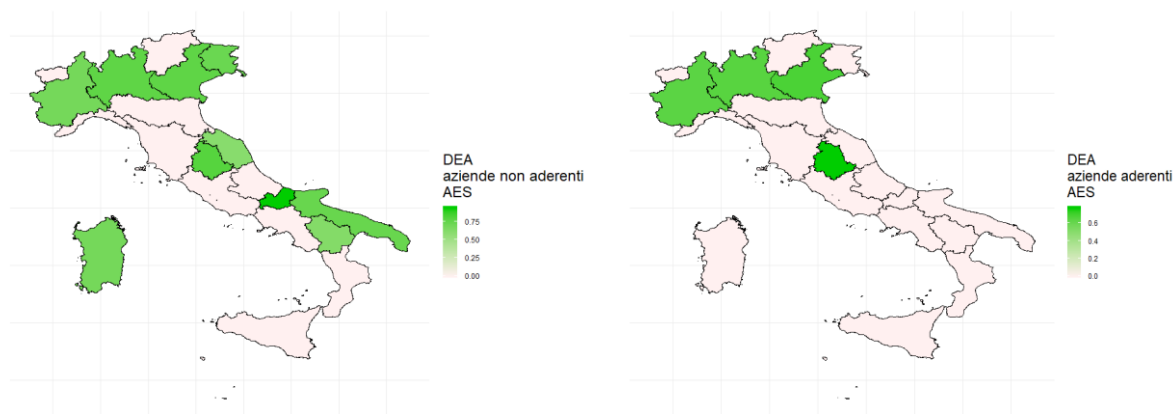


Figura 5.2- Cartogramma regionale con i diversi valori di efficienza tecnica in aziende aderenti (a destra) o non aderenti (a sinistra) alle politiche agro-ambientali.
Fonte: elaborazioni su dati RICA Italia 2008-2018

Nelle altre regioni settentrionali il valore dell'efficienza tecnica nelle aziende, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, è stato al di sotto di 0.70 il che implica un uso inefficiente delle risorse pari ad un 30%.

Per valutare l'esistenza di differenze significative tra i due sotto campioni si è utilizzato il test di Kruskal-Wallis, finalizzato a valutare se le mediane fossero anche loro statisticamente diverse da zero. Dall'analisi dei dati è emerso come ci sia una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi di aziende considerate. Tuttavia, da tale test non è possibile avere una indicazione di quale tra i due gruppi di aziende cerealicole messe a confronto sia stata statisticamente significativa. Per rispondere a ciò si è applicato il Dunn's test (Dinno, 2015; Dunn, 1964) da cui è risultato come le aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali nel periodo 2014-2018 sono state statisticamente diverse rispetto alle stesse aziende facenti parte del sotto-campione, che nel periodo 2008-2013, non avevano aderito alle politiche agro-ambientali.

A margine di questa fase di ricerca, anche per valutare l'ipotesi proposta da Latruffe e Nauges (2014), si è voluto testare su un campione di aziende più ampio, costituito da un *panel* non bilanciato, formato da aziende agricole del dataset RICA Italia 2008-2018 specializzate nella produzione di cereali, se le aziende con un alto valore di efficienza tecnica, quindi tecnicamente più efficienti, siano state e quelle che abbiano deciso di aderire alle politiche agro-ambientali. In questo caso, seguendo quanto proposto da Latruffe e Nauges nel 2014, si è costruito un *panel*

non bilanciato nelle due fasi di confronto, annualità 2008-2013 (fase *ex ante*) e annualità 2014-2018 (fase *ex post*). Nella fase *ex ante* sono state inserite tutte le aziende che non avevano mai aderito alle politiche agro-ambientali. Nella fase *ex post* sono state inserite tutte le aziende che avessero, anche solo per un anno, aderito alle politiche agro-ambientali.

La fase successiva ha estrapolato, dal campione complessivo, pari a 10.475 aziende RICA costituito dalle aziende cerealicole italiane annualità 2008-2018, le aziende facenti parte del *panel* bilanciato, pari a 6.183 aziende, (Tab. 5.4). In questo *panel* non bilanciato di 6.183 aziende, sono stati creati e confrontati, seguendo le indicazioni proposte da Latruffe e Nauges (2014), due gruppi di aziende: uno costituito dalle aziende che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali nel periodo 2008-2013 (fase *ex ante*), pari a 5.684 imprese, e un altro comprendente le aziende che hanno aderito, anche per un solo anno, alle politiche agro-ambientali nel periodo 2014-2018 (fase *ex post*), pari a 499.

Tabella 5.4- Dimensione del panel non bilanciato RICA Italia 2008-2018 nella comparazione *ex ante* versus *ex post* seguendo la proposta metodologica di Latruffe e Nauges (2014)

	Campione iniziale	Aziende biologiche	Aziende super- efficienza >1.20	Aziende RICA	Aziende panel non bilanciato
Totale	11.918	1.370	65	10.475	6.183
Aziende aderenti alle politiche agro-ambientali nella fase <i>ex post</i> 2014-2018	1.516	450	1	1.065	499
Aziende non aderenti alle politiche agro-ambientali nella fase <i>ex ante</i> 2008-2013	10.402	928	64	9.410	5.684

Fonte: elaborazioni su dati RICA Italia 2008-2018

Dai risultati è emerso come le aziende, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, hanno avuto un livello di efficienza tecnica superiore rispetto a quelle che non hanno aderito a tali politiche, confermando quanto proposto nella ricerca di Latruffe e Nauges (2014). I valori medi di efficienza tecnica tra i due gruppi sono stati di 0.67 e 0.57 con una differenza statisticamente significativa ad un p-value < 0.001 calcolata con il t-test e, confermata, anche con il test di Kruskal-Wallis, condotto sulle mediane.

5.3. La Multi-directional Efficiency Analysis (MEA) nella stima dell'inefficienza tecnica

L'utilizzo della Multi-directional Efficiency Analysis ha consentito di poter valutare se la partecipazione delle aziende cerealicole italiane alle politiche agro-ambientali, comportando

delle perdite di output prodotto, a seguito di una riduzione di alcuni input utilizzati, quali fertilizzanti e di aumento del fattore lavoro, abbia determinato un aumento di inefficienza di alcuni input.

L'utilizzo dell'approccio proposto da Banker e Chang (2006), per il trattamento dei valori anomali, ha portato alla rimozione di 65 aziende cerealicole sul totale del campione di 11.918 aziende nel dataset RICA periodo di osservazione 2008-2018 con una probabilità di contaminazione da *outlier* inferiore alla soglia stabilita pari allo 0.05 (Tab. 5.5). L'incidenza dei valori anomali è stata ben al di sotto della soglia critica, fissata al 6% dei dati complessivi (Banker e Chang, 2006). Pertanto, la presenza di valori anomali non ha avuto alcuna conseguenza sull'analisi dell'efficienza tecnica effettuata tramite la DEA.

Tabella 5.5- Dimensione del campione aziendale analizzato nelle aziende specializzate nella produzione di cereali

	Aziende cerealicole specializzate			
	Campione iniziale	Aziende biologiche	Aziende con super-efficienza > 1.20	Aziende analizzate
Totale	11.918	1.378	65	10.475
Aziende riceventi AES	1.516	450	1	1.065
Aziende non riceventi AES	10.402	928	64	9.410

Fonte: elaborazioni su dati RICA Italia 2008-2018

L'analisi del MTR tra i due gruppi di aziende ha evidenziato come non esista una tecnologia omogenea tra i due gruppi, confermando quanto già sostenuto da Mayen et alii nel 2010. Il valore del MTR, per le aziende, che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali, è stato pari a 0.99. Le aziende aderenti alle politiche agro-ambientali hanno avuto un valore di MTR pari a 0.77. La statistica test stimata ha dimostrato la significatività statistica nella differenza di tecnologia rilevata tra i due gruppi di aziende con valori di p-value < 0.01. Questo risultato suggerisce di rifiutare l'ipotesi nulla di una tecnologia omogenea tra i due gruppi di aziende agricole, risultato considerato in linea con altri studi sul ruolo della tecnologia nell'influenzare la produttività (Mayer et al., 2010).

La tabella 5.6 mostra i risultati dell'analisi condotta per calcolare l'efficienza tecnica tramite DEA, la MEA e il t-test tra due gruppi di aziende cerealicole italiane aderenti o meno alle politiche agro-ambientali. I risultati mostrano differenze molto piccole nell'efficienza tecnica delle aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali e le aziende che non hanno aderito. Tuttavia, l'efficienza tecnica complessiva, stimata tramite approccio DEA, delle aziende cerealicole, che ricevono i pagamenti per aver aderito alle politiche agro-ambientali, è

stata statisticamente inferiore rispetto a quelle aziende che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali. Tutto ciò ha ulteriormente confermato quanto evidenziato in precedenza dall'analisi sul *gap* tecnologico stimato con l'MTR, che ha consentito di affermare come si possa fermamente respingere l'ipotesi nulla circa l'esistenza di una tecnologia omogenea nei due gruppi di aziende analizzate (Mayen et al., 2010).

La dimensione delle aziende, in termini di dotazione di capitale terra, espressa come superficie agricola utilizzabile, ha confermato come il capitale terra sia un *driver* fondamentale nell'influenzare l'efficienza tecnica nei due gruppi di aziende cerealicole italiane partecipanti o meno alle politiche agro-ambientali. Ciò è risultato essere in linea con altri studi condotti in altri paesi europei, secondo i quali, l'efficienza tecnica risulta essere influenzata dalla variabile terra a disposizione dell'impresa agricola (Defrancesco et al., 2018).

Tabella 5.6- Risultati della Multi-directional Efficiency Analysis e Data Envelopment Analysis calcolati tra i due gruppi di aziende cerealicole considerate.

calcolati tra i due gruppi di aziende cerealicole considerate.								
	MEA							DEA
	Input					Output		
	Lavoro	SAU	Assets	Costi variabili	Costi fissi	Cereali	Altro	
Totale	0.756	0.767	0.727	0.762	0.706	0.584	0.688	0.552
Aziende non riceventi AES	0.756	0.768	0.727	0.763	0.706	0.584	0.687	0.553
Aziende riceventi AES	0.757	0.759	0.722	0.760	0.701	0.579	0.695	0.537
t-test	0.0008	-0.0088***	-0.0049	-0.0022	-0.0052*	-0.0047	0.0076	-0.0165***

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: elaborazioni su dati RICA Italia 2008-2018

I risultati ottenuti con la MEA hanno evidenziato differenze statisticamente significative nell'uso della variabile terra (SAU) e in quella dei costi fissi. In entrambi i casi, le aziende agricole, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, sono state meno efficienti rispetto a quelle che non aderito alle politiche agro-ambientali. Tutto questo conferma come esistano delle inefficienze tecniche nelle aziende che decidono di aderire alle politiche agro-ambientali e che la stima dell'efficienza tecnica, tramite l'approccio non parametrico DEA, come già evidenziato in altri studi, non è stato in grado di cogliere (Picazo-Tadeo et al., 2011).

I risultati dell'analisi sulle aziende cerealicole italiane hanno confermato quanto emerso nelle precedenti indagini condotte da altri autori, secondo i quali, l'effetto della partecipazione delle aziende agricole alle politiche agro-ambientali, sia nei confronti delle variabili di input che di quelle di output, risulta non essere abbastanza chiaro (Manevska-Tasevska, et al., 2021). In

particolare, le aziende agricole, che aderiscono alle politiche agro-ambientali, richiedono risorse aggiuntive in termini di manodopera (capitale lavoro) e costi fissi, che sono spesso utilizzate per generare altri output, diversificando la produzione complessiva dell'impresa agricola, con diverse attività aziendali quali l'agriturismo, il contoterzismo o la produzione di energia. Le aziende agricole che non aderiscono alle politiche agro-ambientali sembrano essere più efficienti nell'uso del fattore terra. Nella variabile lavoro i risultati ottenuti con la MEA non hanno dato una chiara indicazione se sia necessario fornire, da parte dell'imprenditore, lavoro extra in azienda per adeguarsi ai vincoli imposti dall'adesione alle politiche agro-ambientali, come riportato in altri studi precedenti (Manevska-Tasevska, et al., 2021; Hansson et al., 2020; Asmild et al., 2013).

Nella variabile costi fissi il valore ottenuto con la MEA, più basso nelle aziende agricole che hanno aderito alle politiche agro-ambientali può essere un'indicazione di come un miglioramento dell'efficienza del capitale impiegato in azienda sia associato ad una maggiore familiarità nell'utilizzo del capitale, conseguente ai cambiamenti strutturali intervenuti in seno all'impresa agricola. Confrontando le aziende che aderiscono alle politiche agro-ambientali e quelle che non aderiscono, i risultati hanno evidenziato come la variabile terra diverga tra questi due gruppi a causa di una diversa struttura e organizzazione delle aziende cerealicole italiane molto ampie, in termini di SAU, nelle aziende che aderiscono alle politiche agro-ambientali, rispetto a quelle che non hanno aderito a tali politiche.

Al fine di ridurre eventuali errori di selezione nel campione utilizzato, è stato utilizzato il Propensity Score Matching (PSM), necessario per confrontare i due gruppi di aziende partecipanti o non partecipanti alle politiche agro-ambientali, definendo come controfattuale i risultati ottenuti dalle aziende non partecipanti. A tal fine, sono state confrontate solo le aziende agricole specializzate nella produzione di cereali, aventi una simile propensione a partecipare alle politiche agro-ambientali, ottenuta mediante la stima dell'effetto medio del trattamento sul trattato (ATET), effettuata con l'impiego di 4 diversi metodi di matching: Stratification Matching, Nearest-Neighbour Matching, Radius Matching e il Kernel Matching.

La tabella 5.7 mostra le stime per l'effetto medio del trattamento sul trattato (ATET) con i metodi di Stratification, Nearest-Neighbor, Kernel e Radius. Le stime ATET mostrano che le imprese agricole cerealicole, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, sono caratterizzate da un'efficienza tecnica inferiore rispetto alle imprese che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali in tutti e quattro i modelli di matching utilizzati. L'analisi dell'efficienza tecnica su ciascun input e output considerato con l'approccio MEA ha evidenziato come le aziende agricole che hanno partecipato alle politiche agro-ambientali sono

state meno efficienti nell'uso del capitale terra in tutti e quattro i modelli di *matching*. Stime contrastanti di ATET, in termini di segno, e significatività sono emerse osservando gli altri indicatori di efficienza tecnica negli input e output ottenuti con la stima del Nearest-Neighbor e della Stratification, dove le aziende, che hanno partecipato alle politiche agro-ambientali, sono caratterizzate da una minore efficienza nell'input lavoro. Con il metodo del Radius Matching si è osservato esattamente l'opposto. Stesse osservazioni è possibile effettuare nelle voci costituenti l'output da cui è emerso un effetto diverso usando l'approccio Radius Matching nella stima del Propensity Score Matching. La stima dell' ATET ha confermato come le aziende agricole che aderiscono alle politiche agro-ambientali sono state meno efficienti in termini di costi variabili qualora si utilizzi la stima con il Nearest-Neighbor rispetto all'approccio Radius. Le aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali sono state meno efficienti di quelle che non hanno aderito per ciò che concerne la variabile di input costi fissi, la quale è risultata essere statisticamente significativa solo utilizzando la stima con il Nearest-Neighbor.

Tabella 5.7- Stima dell'ATET in tutte le aziende cerealicole italiane.

		Matching Method			
		Stratification	Nearest-Neighbor	Kernel	Radius
n° trattati		1,065	1,065	1,065	1,065
n° controllo		9,241	9,241	9,241	9,241
<i>MEA</i>					
<i>Input</i>					
	Lavoro	-0.0049***	-0.0046***	-0.0006	0.0048***
	SAU	-0.0054***	-0.0050***	-0.0052***	-0.0040***
	Costi Variabili	-0.0046	-0.0065***	-0.0017	0.0025*
	Costi fissi	-0.0039	-0.0041***	-0.0028	-0.0009
	Assets	-0.0063**	-0.0085***	-0.0040*	-0.0008
<i>Output</i>					
	Cereali	-0.0128***	-0.0213***	-0.0048***	0.0062*
	Altre attività	-0.0189***	-0.0195***	-0.0046	0.0115**
<i>Efficienza tecnica</i>					
	DEA	-0.0163***	-0.0178***	-0.0118***	-0.0045**

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: elaborazioni su dati RICA Italia 2008-2018

5.4. Analisi dell'efficienza e dei *pattern* di inefficienza nelle macro-regioni italiane

L'applicazione delle misure sostenute dalle politiche agro-ambientali è stata diversificata tra le varie regioni italiane, le quali hanno deciso di mettere in atto delle azioni diverse in funzione

delle peculiarità ed emergenze agro-climatiche-ambientali tipiche dei loro contesti. Questo aspetto, inerente alla diversità dei Programmi di Sviluppo Rurale regionali, oltre che a delle diversità strutturali dei contesti agricoli regionali, non è stato colto dalla stima dell'efficienza tecnica, stimata con metodi non parametrici quali la DEA, e la Multi-directional Efficiency Analysis. Per cercare di cogliere l'effetto delle specificità regionali si è cercato, in maniera innovativa rispetto a quanto emerso in letteratura, dove le analisi dell'efficienza tecnica a livello più dettagliato sono assenti, di intervenire raggruppando le regioni italiane in 4 macro-regioni secondo quanto proposto dall'Istat: Nord-Occidentale (Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria e Lombardia), Nord-Orientale (Veneto, Trentino Alto-Adige, Friuli Venezia-Giulia ed Emilia-Romagna), Centro (Toscana, Umbria, Marche e Lazio), Sud-Isole (Abruzzo, Molise, Campania, Calabria, Basilicata, Puglia, Sicilia e Sardegna).

La disamina comparativa nelle quattro macro-regioni italiane ha evidenziato come ci sia una differenza statisticamente significativa per l'efficienza tecnica media tra le aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali e quelle che non hanno aderito (Tab. 5.8). Se nella macro-regione Nord-Est l'efficienza tecnica media, tra aziende aderenti o meno alle politiche agro-ambientali, è stata quasi identica e non significativa, nelle macro-regioni Nord-Ovest e Sud-Isole, le aziende che non hanno partecipato alle politiche agro-ambientali hanno avuto dei valori medi di efficienza tecnica superiori alle aziende che hanno partecipato alle politiche agro-ambientali. Nella macro-regione Italia Centrale le aziende che hanno partecipato alle politiche agro-ambientali hanno fatto registrare dei valori medi di efficienza tecnica statisticamente significativi e superiori di quelli riscontrati in quelle aziende che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali.

Tabella 5.8- Valori medi stimati con la MEA e DEA in ciascuna macro-regione italiana considerata.

	Nord-Ovest			Nord-Est			Centro			Sud e Isole		
	AES (obs. 292)	No AES (obs. 2156)	p- value	AES (obs.172)	No AES (obs. 2652)	p- value	AES (obs. 504)	No AES (obs. 2343)	p- value	AES (obs. 97)	No AES (obs. 2359)	p- value
MEA												
Lavoro	0.746	0.749	0.70	0.780	0.771	-1.33	0.758	0.738	-5.14***	0.738	0.761	2.80****
Terra	0.750	0.776	4.85***	0.793	0.799	-0.48	0.757	0.741	-4.10***	0.727	0.759	3.77***
Costi Variabili	0.746	0.761	2.81***	0.770	0.768	-0.21	0.767	0.752	-3.73***	0.748	0.766	2.11**
Costi Fissi	0.685	0.702	3.24***	0.717	0.717	-0.08	0.706	0.691	-3.72***	0.692	0.712	2.32**
Assets	0.711	0.729	3.31***	0.736	0.731	-0.61	0.725	0.714	-2.26**	0.713	0.730	1.80*
Cereali	0.592	0.633	3.49***	0.664	0.632	-2.21**	0.587	0.525	-4.30***	0.449	0.540	4.44***
Altre attività	0.689	0.699	1.34	0.728	0.698	-2.27**	0.694	0.659	-4.25***	0.661	0.688	1.69*
DEA												
Efficienza tecnica	0.512	0.565	4.90***	0.587	0.587	0.002	0.545	0.511	-3.96***	0.472	0.542	3.91***

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: elaborazione su dati RICA Italia 2008-2018

Il confronto delle medie ottenute nella stima dei *pattern* di inefficienza tecnica, analizzata attraverso la MEA, in tutte le quattro macro-regioni italiane ha fatto emergere delle situazioni abbastanza interessanti cogliendo degli aspetti significativi, che le precedenti analisi svolte su tutto il *dataset* della RICA non avevano saputo cogliere. Tutto questo ci indica come, a livello di macro-regioni, esistano delle differenze statisticamente significative, in termini di efficienza nell'uso degli input usati e degli output prodotti, tra aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali e quelle che non hanno aderito.

La macro-regione Nord-Ovest e quella meridionale con le isole maggiori hanno fatto osservare una maggiore efficienza tecnica nell'utilizzo degli input utilizzati nelle aziende che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali. Il fattore lavoro nella macro-regione Nord-Ovest non è stato in media tecnicamente efficiente e statisticamente significativo tra aziende aderenti alle politiche agro-ambientali e non aderenti alle politiche agro-ambientali. Nella macro-regione Meridionale, comprendente le due isole maggiori (Sicilia e Sardegna), il fattore lavoro è stato meno inefficiente, ovvero più efficiente tecnicamente, nelle aziende che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali rispetto a quelle che vi hanno aderito. Pertanto, le aziende che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali sono state caratterizzate da un minore eccesso dell'input lavoro rispetto alle aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, confermando l'ipotesi del paradigma dei costi di transazione presente in letteratura. Infatti, in queste ultime aziende, la scelta di mettere in atto politiche a favore dell'ambiente ha richiesto un maggiore impegno lavorativo in azienda, impegno necessario per attuare delle agrotecniche e fitotecniche rispettose dell'ambiente.

La macro-regione Nord-Est ha dimostrato in tutti gli input impiegati nel processo produttivo la non esistenza di una differenza statisticamente significativa nell'efficienza tecnica di questi input tra aziende che hanno partecipato a politiche agro-ambientali rispetto a quelle che non hanno partecipato. Tuttavia, focalizzando l'attenzione sulle variabili di output prodotto, è emerso come esista una differenza statisticamente significativa in termini di efficienza nei singoli output ottenuti tra le aziende che hanno aderito o non aderito alle politiche agro-ambientali. Infatti, le aziende aderenti alle politiche agro-ambientali hanno avuto dei livelli di efficienza tecnica nell'output ottenuto dalla produzione dei cereali e da quelli ricavati da altre attività superiori rispetto alle aziende che non hanno partecipato alle politiche agro-ambientali. Per quanto concerne la macro-regione Centro, la differenza, in termini di efficienza tecnica tra aziende aderenti e non aderenti alle politiche agro-ambientali, è stato abbastanza netto. Infatti, le imprese agricole che hanno partecipato alle politiche agro-ambientali hanno fatto riscontrare dei livelli di efficienza tecnica superiori in tutte le variabili di input impiegato e nell'output

prodotto rispetto alle aziende agricole cerealicole che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali.

Focalizzando l'attenzione sulle quattro macro-regioni italiane, è emerso come nella macro-regione Italia meridionale ed isole e in quella del Nord-Ovest l'effetto medio del trattamento tra le aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali e quelle che non vi hanno aderito non ha avuto alcuna differenza (Tab. 5.9). Nella macro-regione Italia centrale, le aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali sono state tecnicamente più efficienti rispetto a quelle che non hanno aderito. Nella macro-regione Italia Nord-Occidente la situazione è stata opposta; le imprese agricole che hanno aderito alle politiche agro-ambientali hanno avuto un livello di efficienza tecnica inferiore a quelle che non hanno aderito.

Tabella 5.9- Confronto dell'effetto del trattamento medio sul trattato (ATET) nelle diverse macro-regioni italiane.

	Nord-Ovest		Nord-Est		Centro		Sud e Isole maggiori	
	(obs. 2.448)		(obs. 2.824)		(obs. 2.847)		(obs. 2.456)	
	ATET	t-test	ATET	t-test	ATET	t-test	ATET	t-test
MEA								
Lavoro	-0.009	-1.98**	0.0039	0.52	0.015	3.21***	0.0034	0.29
Terra	-0.004	-0.76	0.0009	0.11	0.015	3.03***	0.0017	0.17
Costi variabili	-0.005	-0.97	-0.004	-0.52	0.015	3.05***	0.0028	0.24
Costi fissi	-0.004	-0.81	0.002	0.30	0.014	2.80***	0.007	0.59
Assets	-0.008	-1.42	-0.003	-0.40	0.013	2.39***	0.005	0.43
Output cereali	-0.018	-1.33	-0.013	-0.73	0.045	3.67***	-0.041	-1.50
Altri output	-0.017	-1.63*	-0.012	-0.84	0.030	3.12***	-0.022	-0.95
DEA								
Efficienza tecnica	-0.021	-1.90*	-0.012	-0.71	0.031	2.99***	-0.016	-0.67

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: elaborazione su dati RICA Italia 2008-2018

Nella macro-regione Italia Nord-Occidentale i risultati dell'ATET ottenuti sulla MEA hanno confermato una differenza del trattamento nelle variabili di input lavoro e in quella di output derivanti da altre attività, le quali hanno dimostrato come le aziende, che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali, sono state tecnicamente più efficienti di quelle che vi hanno aderito. Nella macro-regione Italia Centrale si è potuto osservare come in tutte le variabili di input e di output ci sia stato un effetto statisticamente significativo del trattamento (partecipazione alle politiche agro-ambientali) rispetto alle aziende che non hanno aderito a politiche agro-ambientali. In conclusione, è emerso come ci sia stato in alcune macro-regioni italiane un effetto

statisticamente significativo del trattamento (partecipazione alle politiche agro-ambientali) in grado di influenzare sia il livello di efficienza tecnica, stimato tramite la DEA, che dei vari percorsi di inefficienza stimati nei singoli input e output dalla MEA. La tabella 5.10 mostra le stime per l'effetto medio del trattamento sul trattato (ATT) in base rispettivamente a tre metodologie di calcolo utilizzate quali il Nearest Neighbor, il Kernel e il Radius.

Tabella 5.10- Confronto tra i valori di ATT nella quattro macro-regioni italiane ottenuti con diversi approcci nella stima del Propensity Score Matching.

		Macro-regione Nord-Ovest			Macro-regione Nord-Est		
		Nearest Neighbor	Kernel	Radius	Nearest Neighbor	Kernel	Radius
n° trattati		292	292	116	172	172	138
n° controllo		233	2135	324	159	2639	1358
MEA							
Input							
Lavoro		-0.01	-0.010**	-0.016	0.004	0.001	0.005
Terra		-0.004	-0.015***	-0.021	0.011	-0.003	0.001
Costi Variabili		-0.006	-0.013**	-0.021	-0.004	-0.007	-0.006
Costi Fissi		-0.005	-0.009**	-0.022*	0.003	-0.005	-0.005
Assets		-0.009	-0.015***	-0.023*	-0.004	-0.004	-0.002
Output							
Output cereali		-0.019	-0.038***	-0.046	-0.013	0.012	0.023
Altri output		-0.018	-0.021***	-0.015	-0.013	0.014	0.026*
Efficienza tecnica							
DEA		-0.022	-0.040***	-0.053***	-0.012	-0.016	0.007
		Macro-regione Centro			Macro-regione Sud e Isole		
		Nearest Neighbor	Kernel	Radius	Nearest Neighbor	Kernel	Radius
n° trattati		504	504	415	97	97	73
n° controllo		417	2240	1216	86	2333	688
MEA							
Input							
Lavoro		0.015**	0.016***	0.012**	0.003	-0.019**	-0.011
Terra		0.014**	0.013***	0.009*	0.002	-0.024***	-0.016
Costi Variabili		0.015**	0.012***	0.010*	0.003	-0.013	-0.011
Costi Fissi		0.014**	0.011***	0.008	0.008	-0.015	-0.008
Assets		0.013*	0.008*	0.004	0.005	-0.012	-0.007
Output							
Output cereali		0.045**	0.041***	0.049***	-0.041	-0.078***	-0.059**
Altri output		0.030**	0.034***	0.033***	-0.022	-0.024*	-0.018
Efficienza tecnica							
DEA		0.031**	0.028***	0.022**	-0.017	-0.060***	-0.048*

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fonte: elaborazione su dati RICA Italia 2008-2018

Le stime ATT mostrano che le aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali sono caratterizzati da un'efficienza tecnica inferiore rispetto a quelle che non hanno aderito utilizzando i tre metodi di *matching*. L'analisi dei dati ha dimostrato come l'utilizzo dei tre metodi di *matching* nella macro-regione Italia Centrale abbia confermato una efficienza tecnica maggiore nelle imprese agricole che hanno aderito alle politiche agro-ambientali rispetto a quelle che non hanno aderito.

La disamina dell'efficienza tecnica nelle singole voci di input e output, stimata attraverso la MEA, nelle aziende collocate nella macro-regione Nord-Ovest, ha evidenziato una maggiore efficienza tecnica nelle imprese che hanno partecipato alle politiche agro-ambientali nell'uso di tutti i fattori produttivi e dell'output prodotto sia dai cereali che da altre attività connesse all'azienda.

La macro-regione Nord-Est ha dimostrato che nelle singole voci di input, stimate con la MEA, non esistono differenze statisticamente significative tra aziende aderenti alle politiche agro-ambientali e aziende cerealicole non aderenti alle politiche agro-ambientali. In questa macro-regione, le aziende cerealicole aderenti alle politiche agro-ambientali sono state tecnicamente più efficienti, di quelle che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali, solo per quanto riguarda l'output proveniente da altre attività, quali l'agriturismo, le agro-energie o il contoterzismo, stimato con il Radius Matching.

Nella macro-regione Italia Centrale le aziende che hanno aderito alle politiche agro-ambientali hanno avuto dei valori di efficienza tecnica maggiore in tutti gli input utilizzati e negli output prodotti rispetto alle imprese agricole che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali. Tutti i metodi di *matching* utilizzati hanno presentato segno concorde.

Nella macro-regione Italia meridionale e insulare solo nelle variabili di input, lavoro e terra, e nella variabili di output ottenuto dalla produzione cerealicola e dalle altre attività aziendali connesse si sono riscontrati dei valori di inefficienza maggiore nelle aziende agricole che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali.

Nel quadriennio 2012-2015, secondo i dati del Ministero dell'Ambiente il 13.4 % della superficie totale è inserita all'interno delle Zone Vulnerabili ai Nitrati ai sensi della Direttiva Comunitaria 91/676/CEE. Per cercare di capire se la scelta di adesione alle politiche agro-ambientali da parte delle aziende agricole italiane, facenti parte del *dataset* RICA, sia stata dettata dalla localizzazione dell'impresa agricole all'interno di regioni nelle quali significativa, o comunque superiore alla media nazionale, sia stata l'incidenza della area vulnerabile ai nitrati sulla superficie agricola complessiva, è stato utile confrontare due cartogrammi.

Nel primo cartogramma sono state riportate, per le diverse regioni italiane, la percentuale di incidenza della zona sensibile ai nitrati sulla superficie agricola utilizzabile (Fig. 5.3).

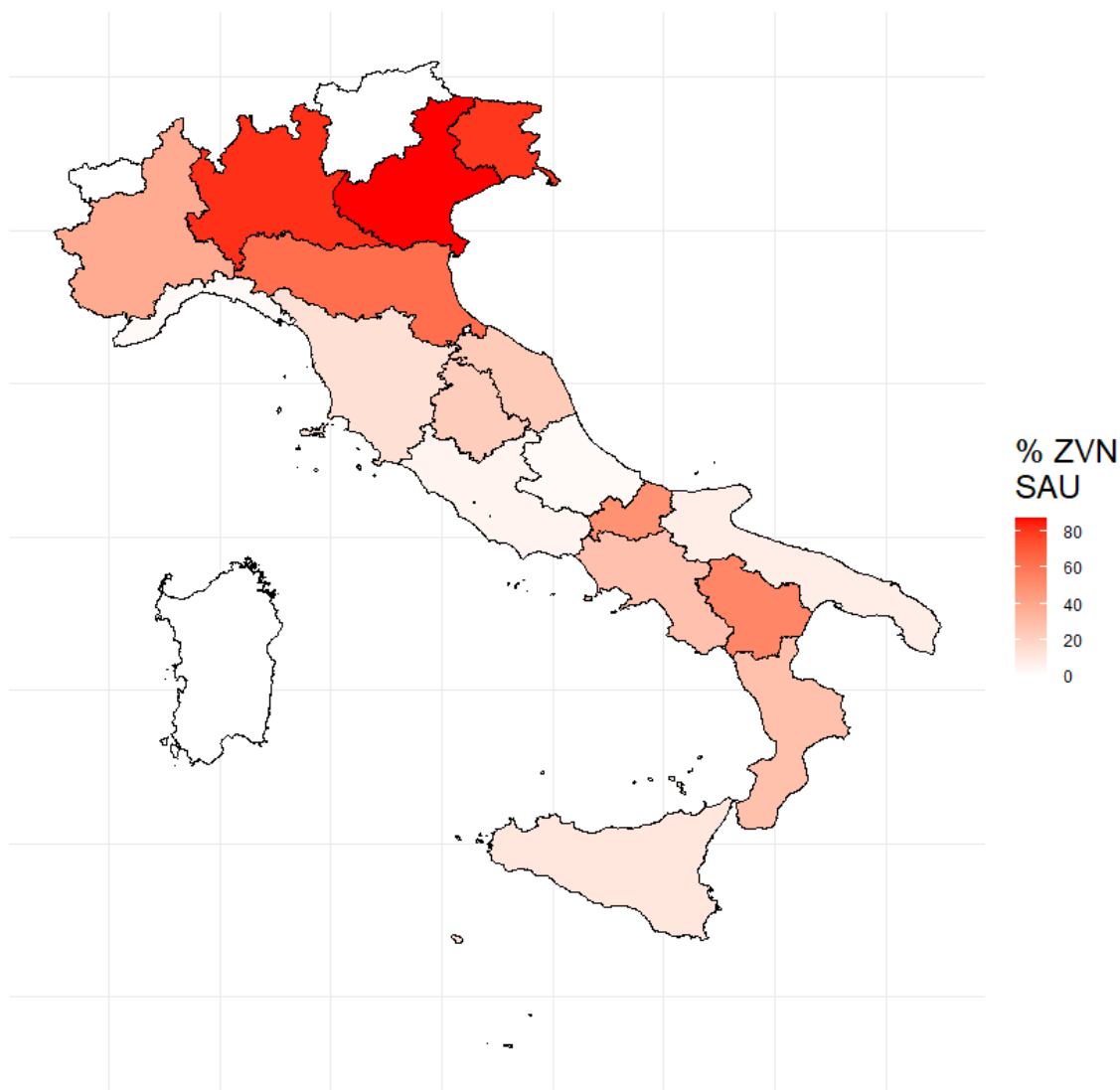


Figura 5.3- Cartogramma dell'incidenza regionale della superficie vulnerabile ai nitrati (ZVN) individuata ai sensi della Direttiva Comunitaria 91/676/CEE sul totale della superficie agricola utilizzabile (SAU) nelle diverse regioni italiane.

Fonte: elaborazione su dati Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali e Ministero dell'Ambiente

Nel secondo cartogramma, invece, è stata riportato per ciascuna regione la numerosità delle aziende agricole RICA aderenti alle politiche agro-ambientali (Fig. 5.4).

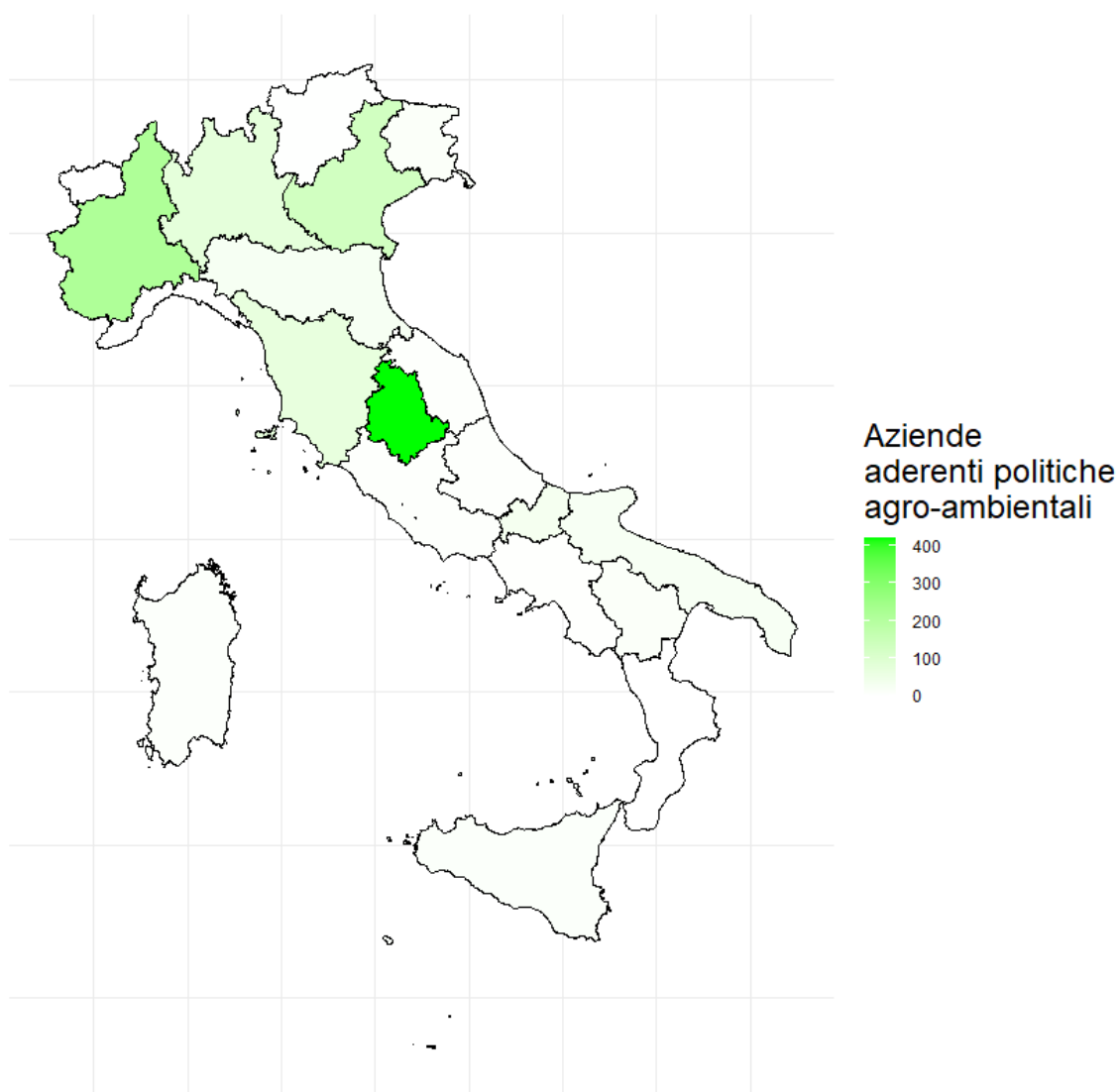


Figura 5.4- Cartogramma della diffusione delle aziende agricole RICA specializzate nella produzione di cereali aderenti alle politiche agro-ambientali.

Fonte: elaborazione su dati RICA Italia 2008-2018

Dalla comparazione dei due cartogrammi è emerso come, ad eccezione della regione Umbria, che ha registrato la maggiore concentrazione di aziende cerealicole aderenti a politiche agro-ambientale nella macro-regione Centro, nelle regioni di Nord-Est, dove la percentuale di superficie sensibile ai nitrati è stata superiore all’ottanta per cento della SAU, abbastanza significativa è stata la presenza di aziende agricole aderenti alle politiche agro-ambientali.

Discussione e conclusioni

6.1 Cosa ha dimostrato la tesi condotta?

Questa tesi ha confrontato l'efficienza tecnica tra le aziende cerealicole italiane che hanno aderito o non aderito alle politiche agro-ambientali. Tutto questo rappresenta un elemento molto rilevante considerato il forte interesse verso il mondo agricolo nel migliorare la sostenibilità ambientale e la allocazione quanti-qualitativa delle risorse della UE verso le politiche agro-ambientali.

Gli elementi di novità che questo studio ha prodotto ed evidenziato sono stati molteplici:

- 1) stimare l'efficienza tecnica su un campione di aziende depurato da eventuali valori anomali, che avrebbero potuto pregiudicare la stima stessa, con l'utilizzo della *super-efficiency*. Con la presente ricerca è stato possibile introdurre un primo elemento di originalità, insita nella eliminazione dei valori anomali nella stima dell'efficienza tecnica, che non si riscontra sovente in letteratura;
- 2) creare un *panel* bilanciato di aziende per valutare se l'efficienza tecnica sia stato un elemento in grado di influire sulle scelte di adesione alle politiche agro-ambientali;
- 3) stimare non solo l'efficienza tecnica complessiva, con la DEA, ma anche l'efficienza tecnica di ciascun input e output coinvolto nel processo produttivo attraverso la MEA;
- 4) sviluppare, a differenza degli studi precedenti condotti a livello nazionale, un'analisi a livello macro-regionale, in grado di tenere conto dell'eterogeneità regionale esistente;
- 5) valutare, attraverso il Propensity Score Matching (PSM), se i risultati ottenuti nelle aziende partecipanti o non partecipanti alle politiche agro-ambientali, abbiano risentito di un *bias* di selezione per quanto riguarda le diverse caratteristiche strutturali ed economiche presenti nei due gruppi osservati.

Per quanto riguarda i risultati del lavoro, essi hanno permesso di rispondere alle domande di ricerca già discusse nel secondo capitolo della tesi, che sono state le seguenti:

- 1) Le imprese agricole che aderiscono alle politiche agro-ambientali sono state più o meno efficienti di quelle che decidono di non aderire?. L'efficienza tecnica, quindi, può rappresentare un *driver* in grado di influenzare l'adesione alle politiche agro-ambientali?;

- 2) Esiste un *gap* di tecnologia tra le aziende che aderiscono alle politiche agro-ambientali e quelle che non vi aderiscono?;
- 3) L'adesione alle politiche agro-ambientali ha ripercussioni sul livello complessivo di efficienza tecnica?;
- 4) L'adesione alle politiche agro-ambientali modifica l'efficienza tecnica? Per dimostrare ciò, quali input e output sono stati coinvolti e quali sono stati più o meno inefficienti?

L'analisi dell'efficienza tecnica, quale elemento in grado di guidare la scelta dell'imprenditore ad aderire alle politiche agro-ambientali ha confermato come l'approccio non parametrico DEA sia stato un utile strumento per valutare l'efficienza tecnica quale *driver* in grado di agire sulla partecipazione a tali politiche. Dall'analisi dei dati sul *panel* bilanciato è emerso come le aziende, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, sono state caratterizzate da maggiori livelli di efficienza tecnica. Tali risultati sono stati in sintonia con quelli individuati da Latruffe e Nauges nel 2014. Rispetto a questi autori, tuttavia, l'analisi ha avuto due elementi di originalità: l'aver considerato un tipo di aziende specializzate in una determinata produzione agricola e l'aver ampliato il periodo di comparazione *ex ante* ed *ex post* per valutare gli effetti dell'adesione alle politiche agro-ambientali considerando le stesse aziende. Le aziende che hanno scelto di aderire alle politiche agro-ambientali sono state quelle caratterizzate da una maggiore dotazione di capitale terra. Pertanto, la scelta di aderire alle politiche agro-ambientali è stata una diretta conseguenza dell'utilizzo di un minore livello di input (lavoro e assets). Inoltre, la scelta di aderire alle politiche agro-ambientali ha implicato un *surplus* di lavoro impiegato rispetto alle aziende che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali. Il *surplus* del fattore lavoro e del fattore terra potrebbero aver reso necessario all'imprenditore di dover diversificare la propria attività con l'agriturismo, il contoterzismo e la produzione di energia. Tutto questo risulta essere in linea con quanto osservato in alcune aziende agricole italiane da Forleo et al. (2021) ed estere (Galluzzo, 2021).

La seconda domanda di ricerca ha valutato l'esistenza di un *gap* tecnologico tra i due gruppi di aziende. L'analisi sull'efficienza tecnica, attraverso la *metafrontier analysis*, ha confermato come esista un *gap* di tecnologia tra le imprese, che non aderiscono alle politiche agro-ambientali e quelle che vi aderiscono, come evidenziato in precedenti studi in letteratura (Mayen et al., 2010). Questo risultato suggerisce di rifiutare l'ipotesi di una tecnologia omogenea tra i due gruppi di aziende agricole e che è risultato in linea con altri studi condotti sul ruolo della tecnologia nell'influenzare la produttività (Mayer et al., 2010). Le aziende agricole che partecipano alle politiche agro-ambientali hanno avuto un alto livello di *gap*

tecnologico richiedendo più input in termini di lavoro e capitali investiti. Tutto questo ha avuto delle conseguenze sia in termini di costi fissi che di utilizzazione della variabile terra.

La terza domanda di ricerca ha cercato di valutare se l'adesione alle politiche agro-ambientali ha avuto ripercussioni sul livello complessivo di efficienza tecnica. I risultati della stima dell'efficienza tecnica hanno mostrato la complessità del problema, come già evidenziato da studi precedenti (Minviel e Latruffe, 2017, Garrone et al., 2019). Tutto questo ha indicato come gli effetti dell'adesione alle politiche agro-ambientali siano diversi e poco chiari. In particolare, i risultati mostrano che la differenza di efficienza tecnica delle aziende agricole, che hanno aderito o non hanno aderito alle politiche agro-ambientali, sono stati diversi nelle macro-regioni considerate. Le differenze in termini di efficienza tecnica esistono sia a livello complessivo che tra singole macro-regioni. Da un punto di vista politico, i risultati sono rilevanti perché suggeriscono che i requisiti di adesione alle politiche agro-ambientali potrebbero non essere sempre vincolanti. In due delle quattro macro-regioni le aziende, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, risultano avere un'efficienza tecnica complessiva inferiore a quello delle aziende che non hanno aderito alle politiche agro-ambientali. Questo può indicare come i vincoli imposti per la partecipazione alle politiche agro-ambientali siano stati più o meno stringenti nelle diverse macro-regioni analizzate. Tutto ciò potrebbe indicare, da un punto di vista politico, se il supporto politico sia effettivamente necessario in alcune macro-regioni rispetto ad altre.

La partecipazione delle aziende cerealicole, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, è risultata essere fortemente influenzata dalla presenza di superficie agricola inserita all'interno delle Zone Vulnerabili ai Nitrati, così come individuate dalla Direttiva Comunitaria 91/676/CEE. La disamina dei dati ha confermato come, nelle regioni di Nord-Ovest e di Nord-Est (Piemonte, Lombardia e Veneto), dove la percentuale di superficie sensibile ai nitrati è stata superiore all'ottanta per cento della superficie agricola utilizzabile, la presenza di aziende agricole aderenti alle politiche agro-ambientali è stata rispettivamente di 216, 76 e 131 imprese. Tutto ciò ha dimostrato come alcune scelte imprenditoriali abbiano risentito della localizzazione di alcune aziende in Zone Vulnerabili ai Nitrati come presentato in alcune ricerche condotte da Semaan et alii nel 2007. Le scelte produttive e di adesione ad alcune politiche agro-ambientali hanno risentito, a livello di macro-regioni, dei vincoli presenti nella Direttiva Comunitaria 91/676/CEE e dell'orientamento più improntato alla produttività delle aziende agricole situate nelle regioni dell'Italia settentrionale come osservato dagli studi condotti da Coluccia et alii (2020).

Nella quarta domanda di ricerca si era voluto analizzare se l'adesione alle politiche agro-ambientali abbia modificato l'efficienza tecnica e quali siano stati gli input e output meno inefficienti. Le differenze, sia a livello complessivo che tra le macro-regioni, sono state rilevate anche in termini di modello di inefficienza tra i due gruppi di aziende agricole. Tutto questo è stato evidenziato dai parametri di efficienza tecnica nei singoli input e output. Ciò ha confermato la limitata utilità di analisi che stimano solo l'efficienza tecnica e la necessità di trovare degli altri approcci metodologici, quali la MEA, necessari per valutare i *pattern* di inefficienza tecnica. Inoltre, da un punto di vista politico, la ricerca ha dimostrato come la progettazione di misure di politica agro-ambientale debba tener conto delle diverse caratteristiche regionali. La disamina delle singole voci di input e output ha dimostrato come, nelle aziende aderenti a politiche agro-ambientali ci sia stato un uso più efficiente della risorsa terra e del lavoro con un significativo ruolo della diversificazione produttiva attraverso le attività connesse. Nelle macro-regioni del Nord-Ovest e del Sud-Isole, le aziende, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, sono state meno efficienti; tra i fattori di input, che hanno spinto ad una loro minore efficienza tecnica, possiamo ricordare il fattore terra e, per quanto riguarda l'output, la quantità complessiva di output ottenuto dai cereali coltivati. E' da osservare, infine, come la macro-regione Nord-Est non abbia fatto registrare differenze statisticamente significative nell'efficienza tecnica tra i due gruppi di aziende partecipanti o non partecipanti alle politiche agro-ambientali.

La ricerca condotta ha dimostrato come, a livello di teoria economica, il paradigma dei costi di transazione sia stato più adeguato di quello delle "determinanti" in linea con quanto proposto da studi precedenti (Scorzelli, 2007). Il paradigma delle "determinanti" non sarebbe stato rispondente agli studi condotti perché avrebbe richiesto analisi socio-economiche e psicologiche molto complesse e di difficile realizzazione. La tesi ha confermato come il paradigma dei costi di transazione sia idoneo a valutare le relazioni costi-benefici derivanti dalla scelta dell'imprenditore agricolo di partecipare alle politiche agro-ambientali così come sostenuto da Hynes e Garvey nel 2009. I risultati, infatti, hanno confermato, anche se in maniera non omogenea tra le diverse macro-regioni italiane, la partecipazione alle politiche agro-ambientali imponga dei costi diretti, come l'aumento della manodopera da utilizzare, e un diverso impiego dei capitali investiti in termini di assets, confermando quanto sostenuto da altri autori (Lastra-Bravo et al., 2015; Hynes e Garvey, 2009; McGurk et al., 2020).

In termini di questioni metodologiche, l'applicazione empirica della ricerca ha mostrato la presenza di *outlier* che possono influenzare fortemente i risultati ottenuti con la stima non parametrica dell'efficienza tecnica.

Inoltre, secondo i risultati ottenuti, i metodi che tengono conto di possibili *bias* di selezione, con l'applicazione del Propensity Score Matching, possono dare, in alcuni casi, un risultato diverso dal semplice confronto dei risultati ottenuti con la stima dell'efficienza tecnica. L'utilizzo del Propensity Score Matching, e della diverse metodiche utilizzate per la sua stima, ha dimostrato come, sia nel campione complessivo Italia che nelle varie macro-regioni analizzate, non ci siano stati evidenti problemi di *bias* di selezione occorse nei due gruppi di aziende confrontate (aziende aderenti alle politiche agro-ambientali *versus* aziende non aderenti). Questi risultati, confermano quanto evidenziato con la stima dell'inefficienza tecnica attraverso la MEA e dell'efficienza tecnica tramite la DEA. Tuttavia, i diversi approcci di *matching* possono fornire, in alcuni casi, risultati diversi. Ciò, quindi, rappresenta un limite che può essere superato usando diversi approcci di stima del Propensity Score Matching per valutare la robustezza dei risultati.

6.2 Le implicazioni di *policy* e una possibile agenda di ricerca

A livello di *policy*, è opportuno sottolineare come la decisione di aderire alle politiche agro-ambientali ha interessato delle aziende che già avevano dei livelli di efficienza tecnica significativamente più alta, con delle elevate dotazioni di capitali investiti e che, attraverso la diversificazione produttiva aziendale, con l'agriturismo, l'agro-energia e il contoterzismo, hanno parzialmente compensato le riduzioni di reddito dovute alla partecipazione alle politiche agro-ambientali. Pertanto, sarebbe auspicabile, a livello politico, considerare attentamente il ruolo che i pagamenti agro-ambientali hanno per l'impresa agricola, considerando che l'adesione alle politiche agro-ambientali comporta la sottoscrizione di impegni di lunga durata e con vincoli molto stringenti per gli imprenditori. Inoltre, a livello di implicazioni di *policy*, è opportuno rilevare come la ricerca condotta con la MEA ha individuato quali siano stati gli input tecnicamente meno efficienti a seguito della adesione alle politiche agro-ambientali. Tutto questo potrebbe indirizzare il *policy maker* nel definire i sostegni da assegnare all'imprenditore, quale costo opportunità, per trovare un punto di incontro tra la sostenibilità ecologica e quella economica e sociale dell'impresa agricola.

A margine di ciò, è utile richiamare l'attenzione della politica sulle decisioni di *policy* inerenti al settore primario, sottolineando come le imprese, che hanno aderito alle politiche agro-ambientali, attraverso la diversificazione aziendale con l'agriturismo e il contoterzismo, hanno garantito un diverso impiego del fattore lavoro in azienda. Tuttavia, il quadro applicativo risulterà in Italia, più complesso rispetto ad altri paesi dell'Unione Europea, per due ordini di

fattori: un territorio geograficamente disomogeneo, che ha avuto delle implicazioni significative in termini di efficienza tecnica, come evidenziato nella comparazione tra le varie macro-regioni italiane, e la presenza di piccole imprese agricole, aventi delle peculiarità, che agiscono sulla scelta dell'imprenditore di aderire o non aderire a politiche agro-ambientali.

La ricerca condotta, tuttavia, ha dimostrato dei limiti, che dovrebbero essere affrontati in ulteriori ricerche. Un primo limite è legato all'aspetto geografico dell'analisi condotta solo su un unico paese e non confrontato con altre nazioni dell'Unione Europea. Un confronto tra più paesi risulta essere necessario a causa della grande eterogeneità delle condizioni socio-economiche, che si possono incontrare nell'UE, al fine di valutare il ruolo delle politiche agro-ambientali sull'efficienza tecnica delle imprese agricole europee. In secondo luogo potrebbe essere interessante valutare se le differenze di efficienza tecnica e di inefficienza nelle aziende, che aderiscono o non aderiscono alle politiche agro-ambientali, possa cambiare nei diversi periodi di programmazione della Politica Agricola Comunitaria. Infine, sarebbe opportuno, come futura agenda di ricerca, valutare se la collocazione delle aziende cerealicole, facenti parte della RICA, in Zone Vulnerabili ai Nitrati, così come individuate dalla Direttiva Comunitaria 91/676/CEE, possa aver rappresentato un elemento di scelta necessario, se non addirittura obbligatorio, per l'impresa agricola nel percorso di adesione alle politiche agro-ambientali e che questa tesi di ricerca ha analizzato solo in maniera marginale. Si potrebbe, infatti, valutare se l'adesione alle politiche agro-ambientali sia stato un atto necessario per poter, da un lato rispettare i vincoli, che la Direttiva Comunitaria 91/676/CEE impone alle aziende, e dall'altro essere uno strumento per cercare di ottenere una compensazione economica, da parte dell'imprenditore, che l'adesione alle politiche agro-ambientali ha comportato.

- Abay, C., Miran, B., & Günden, C. (2004). An analysis of input use efficiency in tobacco production with respect to sustainability: the case study of Turkey. *Journal of sustainable Agriculture*, 24(3), 123-143.
- Andersen, P., & Petersen, N.C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management science*, 39(10), 1261-1264.
- Arata, L., & Sckokai, P. (2016). The impact of agri-environmental schemes on farm performance in five EU member states: a DID-matching approach. *Land Economics*, 92(1), 167-186.
- Asmild, M., Baležentis, T., & Hougaard, J.L. (2016). Multi-directional program efficiency: the case of Lithuanian family farms. *Journal of Productivity Analysis*, 45(1), 23-33.
- Asmild, M., Hougaard, J. L., Kronborg, D., & Kvist, H. K. (2003). Measuring inefficiency via potential improvements. *Journal of productivity analysis*, 19(1), 59-76.
- Audibert, M. (1997). Technical inefficiency effects among paddy farmers in the villages of the 'Office du Niger', Mali, West Africa. *Journal of Productivity Analysis*, 8(4), 379-394.
- Baležentis, T. (2014). On measures of the agricultural efficiency: a review. *Transformations in Business & Economics*, 13(3), 110-131.
- Baležentis, T., & De Witte, K. (2015). One-and multi-directional conditional efficiency measurement—Efficiency in Lithuanian family farms. *European Journal of Operational Research*, 245(2), 612-622.
- Baležentis, T., Baležentis, A., & Kriščiukaitienė, I. (2013). Returns to scale in Lithuanian family farms: a qualitative approach. *Ekonomika ir vadyba: aktualijos ir perspektyvos*, (3), 180-189.
- Banker, R.D., & Chang, H. (2006). The super-efficiency procedure for outlier identification, not for ranking efficient units. *European journal of operational research*, 175(2), 1311-1320.
- Banker, R.D., & Gifford, J.L. (1988). A relative efficiency model for the evaluation of public health nurse productivity. Pittsburgh: Carnegie Mellon University.
- Banker, R.D., Charnes, A., & Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.
- Baráth, L., Fertő, I., & Bojnec, Š. (2020). The effect of investment, LFA and agri-environmental subsidies on the components of total factor productivity: the case of Slovenian farms. *Journal of Agricultural Economics*, 71(3), 853-876.
- Barnes, A.P., & Revoredo-Giha, C. (2011). A metafrontier analysis of technical efficiency of selected European agricultures (No. 726-2016-49731).
- Battese G.E., Rao D.S.P. & O'Donnell C.J. (2004). A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology potentials for firms operating under different technologies. *Journal of Productivity Analysis*, 21, 91-103.
- Battese, G.E., & Coelli, T.J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. *Journal of productivity analysis*, 3(1-2), 153-169.
- Battese, G.E., & Coelli, T.J. (1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical economics*, 20(2), 325-332.
- Baylis, K.R., Peplow, S., Rausser, G.C., & Simon, L.K. (2006). Agri-environmental Policy in the European Union: Who's in charge? (No. 1617-2016-134593).

- Becker, S.O. & Ichino, A. (2002). Estimation of average treatment effects based on propensity scores. *The Stata Journal*, 4, 358-377.
- Bielik, P., & Rajčániová, M. (2004). Scale efficiency of agricultural enterprises in Slovakia. *Agricultural Economics*, 50(8), 331.
- Bogetoft, P. & Hougaard, J.L. (2003). Rational inefficiencies. *Journal of Productivity Analysis*, 20, 243-271.
- Bogetoft, P., & Otto, L. (2010). *Benchmarking with DEA, SFA, and R* (Vol. 157). Springer Science & Business Media.
- Bojnec, Š., & Latruffe, L. (2011). Financing availability and investment decisions of Slovenian farms during the transition to a market economy. *Journal of Applied Economics*, 14(2), 297-317.
- Bojnec, Š., & Latruffe, L. (2013). Farm size, agricultural subsidies and farm performance in Slovenia. *Land use policy*, 32, 207-217.
- Bonfiglio, A., Henke, R., Pierangeli, F., & Pupo D'Andrea, M.R. (2020). Effects of redistributing policy support on farmers' technical efficiency. *Agricultural Economics*, 51(2), 305-320.
- Bravo-Ureta, B.E., & Pinheiro, A.E. (1993). Efficiency analysis of developing country agriculture: a review of the frontier function literature. *Agricultural and resource economics Review*, 22(1), 88-101.
- Bravo-Ureta, B.E., Greene, W., & Solís, D. (2012). Technical efficiency analysis correcting for biases from observed and unobserved variables: an application to a natural resource management project. *Empirical Economics*, 43(1), 55-72.
- Bravo-Ureta, B.E., Solís, D., López, V.H.M., Maripani, J.F., Thiam, A., & Rivas, T. (2007). Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis. *Journal of productivity Analysis*, 27(1), 57-72.
- Brümmer, B. (2001). Estimating confidence intervals for technical efficiency: the case of private farms in Slovenia. *European review of agricultural economics*, 28(3), 285-306.
- Buckley, C., & Carney, P. (2013). The potential to reduce the risk of diffuse pollution from agriculture while improving economic performance at farm level. *Environmental science & policy*, 25, 118-126.
- Buller, H., Wilson, G.A., & Holl, A. (Eds.). (2017). *Agri-environmental policy in the European Union*. Routledge.
- Byrnes, P., Färe, R., Grosskopf, S., & Kraft, S. (1987). Technical efficiency and size: the case of Illinois grain farms. *European Review of Agricultural Economics*, 14(4), 367-381.
- Carillo, F., Caracciolo, F., & Cembalo, L. (2017). Do durum wheat producers benefit of vertical coordination?. *Agricultural and food economics*, 5(1), 1-13.
- Chandra, S. (1979). Technical efficiency in farming: the relationship with the age of the farm manager. *Fiji Agricultural Journal*, 41:31-36.
- Charnes, A., Cooper, W.W. & Rhodes, E. (1978), Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.
- Chavas, J. P., & Aliber, M. (1993). An analysis of economic efficiency in agriculture: a nonparametric approach. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 1-16.
- Chen, Y. (2005). Measuring super-efficiency in DEA in the presence of infeasibility. *European Journal of Operational Research*, 161(2), 545-551.
- Cloutier, L. M., & Rowley, R. (1993). Relative technical efficiency: data envelopment analysis and Quebec's dairy farms. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroéconomie*, 41(2), 169-176.
- Coelli, T.J., Rao, D.S.P., O'Donnell, C.J. & Battese, G.E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Verlag.

- Coluccia, B., Valente, D., Fusco, G., De Leo, F., & Porrini, D. (2020). Assessing agricultural eco-efficiency in Italian Regions. *Ecological Indicators*, 116, 106483.
- Cooper W.W, Lawrence M.S. & Tone K. (2007). *Data Envelopment Analysis. A comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver Software*. Springer.
- Darku, A.B., Malla, S., & Tran, K.C. (2013). Historical review of agricultural efficiency studies. CAIRN Research Network, 2.
- Dawson, P.J. (1985). Measuring technical efficiency from production functions: some further estimates. *Journal of Agricultural Economics*, 36(1), 31-40.
- De Koeijer, T.J., Wossink, G.A.A., Smit, A.B., Janssens, S.R.M., Renkema, J.A., & Struik, P.C. (2003). Assessment of the quality of farmers' environmental management and its effects on resource use efficiency: a Dutch case study. *Agricultural Systems*, 78(1), 85-103.
- De Koeijer, T.J., Wossink, G.A.A., Struik, P.C., & Renkema, J.A. (2002). Measuring agricultural sustainability in terms of efficiency: the case of Dutch sugar beet growers. *Journal of environmental management*, 66(1), 9-17.
- De Putter, J. (1995). The greening of Europe's agricultural policy: The "agri-environmental regulation" of the MacSharry Reform. Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries. The Hague, The Netherlands.
- Deblitz, C., & Plankl, R. (1998). EU-wide synopsis of measures according to Regulation (EEC) 2078/92 in the EU. Federal Agricultural Research Centre (FAL), Braunschweig.
- Defrancesco, E., Gatto, P., & Mozzato, D. (2018). To leave or not to leave? Understanding determinants of farmers' choices to remain in or abandon agri-environmental schemes. *Land Use Policy*, 76, 460-470.
- Dhungana, B. R., Nuthall, P. L., & Nartea, G. V. (2004). Measuring the economic inefficiency of Nepalese rice farms using data envelopment analysis. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 48(2), 347-369.
- Espinosa-Goded, M., Barreiro-Hurlé, J., & Dupraz, P. (2013). Identifying additional barriers in the adoption of agri-environmental schemes: The role of fixed costs. *Land Use Policy*, 31, 526-535.
- Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281.
- Featherstone, A. M., Langemeier, M. R., & Ismet, M. (1997). A nonparametric analysis of efficiency for a sample of Kansas beef cow farms. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 29(1), 175-184.
- Fernandez-Cornejo, J. (1994). Nonradial technical efficiency and chemical input use in agriculture. *Agricultural and Resource Economics Review*, 23(1), 11-21.
- Fletschner, D.K., & Zepeda, L. (2002). Efficiency of small landholders in Eastern Paraguay. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 554-572.
- Forleo, M. B., Giaccio, V., Mastronardi, L., & Romagnoli, L. (2021). Analysing the efficiency of diversified farms: Evidences from Italian FADN data. *Journal of Rural Studies*, 82, 262-270.
- Fraser, I., & Cordina, D. (1999). An application of data envelopment analysis to irrigated dairy farms in Northern Victoria, Australia. *Agricultural Systems*, 59(3), 267-282.
- Galluzzo, N. (2021). A quantitative analysis on Romanian rural areas, agritourism and the impacts of European Union's financial subsidies. *Journal of Rural Studies*, 82, 458-467.
- Garrone, M., Emmers, D., Lee, H., Olper, A., & Swinnen, J. (2019). Subsidies and agricultural productivity in the EU. *Agricultural Economics*, 50(6), 803-817.

- Gerdessen, J.C., & Pascucci, S. (2013). Data Envelopment Analysis of sustainability indicators of European agricultural systems at regional level. *Agricultural Systems*, 118, 78-90.
- Gillespie, J., Schupp, A., & Taylor, G. (1997). Factors affecting production efficiency in a new alternative enterprise: the case of the Ratite industry. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 29(2), 409-418.
- Guth, M., & Smędzik-Ambroży, K. (2020). Economic resources versus the efficiency of different types of agricultural production in regions of the European union. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 33(1), 1036-1051.
- Hansson, H., Manevska-Tasevska, G., & Asmild, M. (2020). Rationalising inefficiency in agricultural production: the case of Swedish dairy agriculture. *European Review of Agricultural Economics*, 47(1), 1-24.
- Howley, P. (2015). The happy farmer: the effect of nonpecuniary benefits on behavior. *American Journal of Agricultural Economics*, 97, 1072-1086.
- Hynes, S. & Garvey, H. (2009). Modelling farmers' participation in an agri-environmental scheme using panel data: an application to the rural environment protection scheme in Ireland. *Journal of Agricultural Economics*, 60(3): 546-562.
- Jaforullah, M., & Whiteman, J. (1999). Scale efficiency in the New Zealand dairy industry: a non-parametric approach. *Australian journal of agricultural and resource economics*, 43(4), 523-541.
- Johnson, A. L., & McGinnis, L. F. (2008). Outlier detection in two-stage semiparametric DEA models. *European Journal of Operational Research*, 187(2), 629-635.
- Kalaitzandonakes, N.G., & Dunn, E.G. (1995). Technical efficiency, managerial ability and farmer education in Guatemalan corn production: a latent variable analysis. *Agricultural and Resource Economics Review*, 24(1), 36-46.
- Kalaitzandonakes, N.G., Wu, S., & Ma, J.C. (1992). The Relationship between Technical Efficiency and Firm Size Revisited. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 40(3), 427-442.
- Kumbhakar, S. C., Tsionas, E. G. & Sipilainen, T. (2009). Joint estimation of technology choice and technical efficiency: an application to organic and conventional dairy farming. *Journal of Productivity Analysis* 31, 151-161.
- Kumbhakar, S.C. & Lien, G. (2010). Impact of Subsidies on Farm Productivity and Efficiency. In: Ball, V., Fanfani, R., Gutierrez, L. (eds) *The Economic Impact of Public Support to Agriculture. Studies in Productivity and Efficiency*, vol 7, pp. 109-124, Springer.
- Kumbhakar, S.C., Wang, H.J., & Horncastle, A.P. (2015). *A practitioner's guide to stochastic frontier analysis using Stata*. Cambridge University Press.
- Kwon, O.S., & Lee, H. (2004). Productivity improvement in Korean rice farming: parametric and non-parametric analysis. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 48(2), 323-346.
- Lakner, S., & Breustedt, G. (2017). Efficiency analysis of organic farming systems a review of concepts, topics, results and conclusions. *German Journal of Agricultural Economics*, 66(2), 85-108.
- Lansink, A.O., & Reinhard, S. (2004). Investigating technical efficiency and potential technological change in Dutch pig farming. *Agricultural systems*, 79(3), 353-367.
- Lansink, A.O., Pietola, K., & Bäckman, S. (2002). Efficiency and productivity of conventional and organic farms in Finland 1994–1997. *European Review of Agricultural Economics*, 29(1), 51-65.
- Lastra-Bravo, X.B., Hubbard, C., Garrod, G., & Tolón-Becerra, A. (2015). What drives farmers' participation in EU agri-environmental schemes?: Results from a qualitative meta-analysis. *Environmental Science & Policy*, 54, 1-9.

- Latruffe, L., & Nauges, C. (2014). Technical efficiency and conversion to organic farming: the case of France. *European Review of Agricultural Economics*, 41(2), 227-253.
- Latruffe, L., Balcombe, K., Davidova, S., & Zawalinska, K. (2004). Determinants of technical efficiency of crop and livestock farms in Poland. *Applied economics*, 36(12), 1255-1263.
- Latruffe, L., Balcombe, K., Davidova, S., & Zawalinska, K. (2005). Technical and scale efficiency of crop and livestock farms in Poland: does specialization matter?. *Agricultural economics*, 32(3), 281-296.
- Lissitsa, A., & Odening, M. (2005). Efficiency and total factor productivity in Ukrainian agriculture in transition. *Agricultural Economics*, 32(3), 311-325.
- Lombardi, A., Migliore, G., Verneau, F., Schifani, G. & Cembalo, L. (2015). Are “good guys” more likely to participate in local agriculture? *Food quality and preference*, 45, 158-165.
- Lovell, C.K. (1993). Production frontiers and productive efficiency. The measurement of productive efficiency: Techniques and applications, 3, 67.
- Manevska-Tasevska, G., Hansson, H., Asmild, M., & Surry, Y. (2021). Exploring the regional efficiency of the Swedish agricultural sector during the CAP reforms—multi-directional efficiency analysis approach. *Land Use Policy*, 100, 104897.
- Martinez Cillero, M., Thorne, F., Wallace, M., Breen, J., & Hennessy, T. (2018). The effects of direct payments on technical efficiency of Irish beef farms: A stochastic frontier analysis. *Journal of agricultural economics*, 69(3), 669-687.
- Mayen, C.D., Balagtas, J.V. & Alexander, C.E. (2010). Technology adoption and technical efficiency: Organic and conventional dairy farms in the United States. *American Journal of Agricultural Economics*, 92(1), 181-195.
- McGurk, E., Hynes, S., & Thorne, F. (2020). Participation in agri-environmental schemes: A contingent valuation study of farmers in Ireland. *Journal of Environmental Management*, 262, 110243.
- Mehdian, S., Herr, W.M., Eberle, P., & Grabowski, R. (1988). Toward an appraisal of the FMHA farm credit program: a case study of the efficiency of borrowers in southern Illinois. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 20(2), 93-100.
- Mikus, O., Vrtar, D., Hadelan, L., Susac, M.Z., & Rogelj, M.J. (2021). Policy impact and factors of farmers’ participation in agri-environmental measures. *Scientific Papers: Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 21(1), 517-524.
- Minviel, J.J., & De Witte, K. (2017). The influence of public subsidies on farm technical efficiency: A robust conditional nonparametric approach. *European Journal of Operational Research*, 259(3), 1112-1120.
- Minviel, J.J., & Latruffe, L. (2017). Effect of public subsidies on farm technical efficiency: a meta-analysis of empirical results. *Applied Economics*, 49(2), 213-226.
- Nguyen, T.P.L., Seddaiu, G., & Roggero, P.P. (2014). Hybrid knowledge for understanding complex agri-environmental issues: Nitrate pollution in Italy. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 12(2), 164-182.
- Nowak, A., & Kubik, R. (2019). Changes in agricultural productivity in new and old member states of the European Union. *European Research Studies Journal*, 22(4), 101-114.
- Nowak, A., Kijek, T., & Domańska, K. (2015). Technical efficiency and its determinants in the European Union. *Agricultural Economics*, 61(6), 275-283.
- O’Donnell C.J. & Griffiths W.E. (2006). Estimating state-contingent production frontiers. *American Journal of Agricultural Economics*, 88(1), 249-266.
- O’Donnell, C.J., Rao, D.P., & Battese, G.E. (2008). Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. *Empirical economics*, 34(2), 231-255.

- Oltmer, K., Nijkamp, P., Florax, R., & Brouwer, F. (2009). Sustainability and agri-environmental policy in the European Union: a meta-analytic investigation. *Traditional Food Production and Rural Sustainable Development: A European Challenge*, 27.
- Onâte, J.J., Andersen, E., Peco, B. & Primdahl, J., (2000). Agri-environmental schemes and the European agricultural landscapes: the role of indicators as valuing tools for evaluation. *Landscape Ecology*, 15, 271-280.
- Peco, B., Malo, J.E., Onâte, J.J., Suarez, F., & Sumpsi, J.M. (1999). Agri-environmental indicators for extensive land-use systems in the Iberian Peninsula. In: Brouwer, F., Crabtree, R. (eds.), *Agriculture and environment in Europe: the role of indicators in agricultural policy development*, CAB International, pp. 137-156.
- Perelman, M. (2011). Retrospectives X-efficiency. *The Journal of Economic Perspectives* 25: 211–222.
- Picazo-Tadeo, A.J., Gómez-Limón, J.A., & Reig-Martínez, E. (2011). Assessing farming eco-efficiency: a data envelopment analysis approach. *Journal of environmental management*, 92(4), 1154-1164.
- Piesse, J., Thirtle, C., & Turk, J. (1996). Efficiency and ownership in Slovene dairying: a comparison of econometric and programming techniques. *Journal of Comparative Economics*, 22(1), 1-22.
- Primdahl, J., Peco, B., Schramek, J., Andersen, E., & Onâte, J. J. (2003). Environmental effects of agri-environmental schemes in Western Europe. *Journal of environmental management*, 67(2), 129-138.
- Radam, A., & Latiff, I. (1995). Decomposition measures of technical efficiency for paddy farming in Northwest Selangor integrated agricultural development project, Malaysia. *Indian Journal Agricultural Economics*, 50, 200-206.
- Raimondo, M., Caracciolo, F., Nazzaro, C. & Marotta, G. (2021). Organic farming increases the technical efficiency of olive farms in Italy. *Agriculture*, 11: 209.
- Reinhard, S., & Thijssen, G. (2000). Nitrogen efficiency of Dutch dairy farms: a shadow cost system approach. *European Review of Agricultural Economics*, 27(2), 167-186.
- Rosenbaum, P.R., & Rubin, D.B. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55.
- Rowland, W.W., Langemeier, M.R., Schurle, B.W., & Featherstone, A.M. (1998). A nonparametric efficiency analysis for a sample of Kansas swine operations. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 30(1), 189-199.
- Sarker, D., & De, S. (2004). Non-parametric approach to the study of farm efficiency in agriculture. *Journal of Contemporary Asia*, 34(2), 207-220.
- Scorzelli, D. (2007). La partecipazione degli agricoltori alle misure agroambientali. Un'analisi socioeconomica attraverso le aziende RICA del Veneto. INEA.
- Semaan, J., Flichman, G., Scardigno, A., & Steduto, P. (2007). Analysis of nitrate pollution control policies in the irrigated agriculture of Apulia Region (Southern Italy): A bio-economic modelling approach. *Agricultural Systems*, 94(2), 357-367.
- Shafiq, M., & Rehman, T. (2000). The extent of resource use inefficiencies in cotton production in Pakistan's Punjab: An application of Data Envelopment Analysis. *Agricultural Economics*, 22(3), 321-330.
- Shahnavazi, A. (2020). Study of inputs productivity changes in potato cultivation. *Agricultural Economics Research*, 12(46), 35-46.
- Sharma, K.R., Leung, P., & Zaleski, H.M. (1997). Productive efficiency of the swine industry in Hawaii: stochastic frontier vs. data envelopment analysis. *Journal of productivity analysis*, 8(4), 447-459.

- Sharma, K.R., Leung, P., & Zaleski, H.M. (1999). Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii: a comparison of parametric and nonparametric approaches. *Agricultural economics*, 20(1), 23-35.
- Sherlund, S.M., Barrett, C.B., & Adesina, A.A. (2002). Smallholder technical efficiency controlling for environmental production conditions. *Journal of development economics*, 69(1), 85-101.
- Simar, L. (2003). Detecting outliers in frontier models: A simple approach. *Journal of Productivity Analysis*, 20(3), 391-424.
- Smith, J.A., & Todd, P.E. (2005). Does matching overcome LaLonde's critique of nonexperimental estimators?. *Journal of econometrics*, 125(1-2), 305-353.
- Stigler, G. J. (1976). The Xistence of X-efficiency. *The American Economic Review* 66: 213–216.
- Tauer, L.W. (1993). Short-run and long-run efficiencies of New York dairy farms. *Agricultural and Resource Economics Review*, 22(1), 1-9.
- Tauer, L.W. (1998). Productivity of New York dairy farms measured by nonparametric Malmquist indices. *Journal of Agricultural Economics*, 49(2), 234-249.
- Thiele, H., & Brodersen, C.M. (1999). Differences in farm efficiency in market and transition economies: empirical evidence from West and East Germany. *European Review of Agricultural Economics*, 26(3), 331-347.
- Thomas, A.C., & Tauer, L.W. (1994). Linear input aggregation bias in nonparametric technical efficiency measurement. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 42(1), 77-86.
- Timmer, C.P. (1971). Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency. *Journal of Political Economy*, 79(4), 776-794.
- Uehleke, R., Seifert, S., & Hüttel, S. (2020). Animal welfare and production efficiency in German pork production (No. 2353-2020-553). Contributed Paper prepared for presentation at the 94th Annual Conference of the Agricultural Economics Society, KU Leuven, Belgium 15-17 April 2020.
- Uthes, S., & Matzdorf, B. (2016). Budgeting for government-financed PES: Does ecosystem service demand equal ecosystem service supply?. *Ecosystem Services*, 17, 255-264.
- Vieri, S. (2012). *Agricoltura: settore multifunzionale allo sviluppo*. Edagricole.
- Wadud, A., & White, B. (2000). Farm household efficiency in Bangladesh: a comparison of stochastic frontier and DEA methods. *Applied economics*, 32(13), 1665-1673.
- Wąs, A., Malak-Rawlikowska, A., Zavalloni, M., Viaggi, D., Kobus, P., & Sulewski, P. (2021). In search of factors determining the participation of farmers in agri-environmental schemes—Does only money matter in Poland?. *Land Use Policy*, 101, 105190.
- Weersink, A., Turvey, C.G., & Godah, A. (1990). Decomposition measures of technical efficiency for Ontario dairy farms. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 38(3), 439-456.
- Wilson, G.W., & Jadow, J.M. (1982). Competition, profit incentives, and technical efficiency in the provision of nuclear medicine services. *The Bell Journal of Economics*, 472-482.
- Wilson, P.W. (1995). Detecting influential observations in data envelopment analysis. *Journal of productivity analysis*, 6(1), 27-45.
- Wilson, P.W. (1993). Detecting outliers in deterministic nonparametric frontier models with multiple outputs. *Journal of Business & Economic Statistics*, 11(3), 319-323.
- Wu, S., Devadoss, S., & Lu, Y. (2003). Estimation and decomposition of technical efficiency for sugarbeet farms. *Applied Economics*, 35(4), 471-484.

Ringraziamenti

Durante questo triennio di studio, ho incontrato moltissime persone che mi hanno aiutato a crescere professionalmente ed intellettualmente.

A tutte va il mio personale ringraziamento. Non le citerò tutte perché, sono certo, di ometterne qualcuna.

Sento, tuttavia, di ringraziare doverosamente, oltre al tutor, che mi ha seguito durante il “dipanarsi” dello studio, professor Simone Severini, la professoressa Gordana Manevska-Tasevska della Swedish University of Agricultural Science, Department of Economics, AgriFood Economic Centre in Uppsala (Svezia) per avermi fatto conoscere ed approfondire la Multi-directional Efficiency Analysis e Cesare Meloni, dottorando dell’Università della Tuscia, il quale mi ha introdotto allo studio del Propensity Score Matching.

Infine, un ringraziamento lo devo anche alla professoressa Ornella Wanda Maietta, prematuramente scomparsa, che, molti anni fa, mi ha insegnato e fatto conoscere a Portici, durante la frequenza del Master Avanzato in Economia e politica agraria, i primi rudimenti e concetti teorici dell’analisi dell’efficienza tecnica.

Dedica

Dedico queste pagine alla memoria di due bambini di 12 e 9 anni: Nobile e Michelina.

A Nobile per il suo coraggio di affrontare da solo, nel 1943, una colonna di Tedeschi sbarrando loro la strada e convincendoli ad arrendersi pacificamente ai partigiani. A Michelina, che mentre giocava, ha visto sua madre morire insieme ad altri bambini, colpita da un colpo di cannone sparato dai soldati tedeschi per rappresaglia.

Entrambi hanno vissuto una vita senza sogni poiché vissuta, forse, senza alcun rimpianto? Michelina, mia madre, mi ha lasciato pochi mesi prima di iniziare il dottorato e Nobile, mio papà, ha abbandonato questa vita terrena durante la fase finale del mio dottorato. A loro va la mia dedica e responsabilità di quanto scritto nella tesi di dottorato senza dimenticare chi mi ha sostenuto durante questi studi: i miei fratelli Gabriele e Gaetano, la mia cognata Tiziana e la mia amatissima nipote Sofia. A tutti voi va la mia infinita riconoscenza ed il mio grazie.

Nicola