

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

**DOTTORATO DI RICERCA IN
SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE AMBIENTALI E
ALIMENTARI**

Ciclo XXIX

Settore Concorsuale di afferenza: 07/A1 – ECONOMIA AGRARIA ED ESTIMO

Settore Scientifico disciplinare: AGR/01 – ECONOMIA ED ESTIMO RURALE

**LA CAPACITÀ DI ADATTAMENTO DELLE IMPRESE
VITIVINICOLE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI: IL CASO
DEL SANGIOVESE IN EMILIA-ROMAGNA**

Presentata da: EVA MERLONI

Coordinatore Dottorato

Prof. GIOVANNI DINELLI

Relatore

Prof. GIULIO MALORGIO

Correlatore

Prof. LUCA CAMANZI

Esame finale anno 2017

Indice

Lista delle figure	5
Indice delle tabelle	7
INTRODUZIONE	9
CAPITOLO 1 – IL CAMBIAMENTO CLIMATICO: definizioni, cause e politiche pubbliche	15
1.1 Definizioni e cause del cambiamento climatico	15
1.2 Le strategie e le politiche per far fronte al cambiamento climatico	23
1.2.1 Gli accordi multilaterali	26
1.2.2 Le politiche sovra-nazionali	28
1.2.3 Le politiche nazionali e regionali	31
CAPITOLO 2 – IL CAMBIAMENTO CLIMATICO NEL SISTEMA AGRICOLO E VITIVINICOLO: impatti e adattamenti	35
2.1 I cambiamenti climatici e il sistema agricolo	35
2.2 I cambiamenti climatici e il sistema vitivinicolo	38
2.2.1 Impatti sulla qualità delle produzioni	43
2.2.2 Impatti sulla produttività	46
2.2.3 Impatti sul <i>Terroir</i>	47
2.2.4 Impatti sulla componente fitoparassitaria	52
2.2.5 Impatti sulle aziende vitivinicole	53
2.2.6 Impatti sul mercato	56
2.3 L'adattamento in agricoltura	58
2.4 L'adattamento del settore vitivinicolo	62
CAPITOLO 3 – CONTRIBUTI TEORICI E METODOLOGICI ALLO STUDIO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO NELLA LETTERATURA ECONOMICA	69
3.1 Principali contributi teorici	70
3.1.1 Approccio analitico: le teorie marginaliste	70
3.1.1.1 Il contributo della teoria dell'equilibrio economico generale	74
3.1.1.2 Il contributo della teoria della prossimità	75
3.1.2 Approccio olistico: le teorie sperimentali	76
3.1.2.1 Il contributo dell'Economia comportamentale	84
3.1.2.2 Il contributo dell'approccio Environmental Life Cycle Thinking e della Natural Resource-Based View theory	87
3.2 Principali contributi metodologici	89
3.2.1 L'impiego del modello di equazioni strutturali	91

3.2.2 L'impiego delle funzioni di produzione	92
3.2.3 L'impiego dell'analisi costi-benefici.....	95
3.2.4 L'impiego dell'approccio ricardiano	98
3.2.5 L'impiego dell'equilibrio generale	100
3.2.6 L'impiego dell'approccio di rete (Network).....	100
3.3 Portata dei risultati ottenuti nella letteratura economica	104
CAPITOLO 4 – APPROCCIO METODOLOGICO DELLA RICERCA E STRUMENTI DI ANALISI	107
4.1 Il quadro concettuale di riferimento	108
4.2 L'area geografica oggetto di studio	114
4.3 Il campione oggetto di studio e le modalità di rilevazione.....	119
4.4 Metodologia di elaborazione e analisi.....	123
4.4.1 Analisi dei dati climatici	123
4.4.2 Cluster analysis	130
4.4.3 Bayesian network analysis.....	132
4.4.3.1 Confronto con la statistica classica.....	134
4.4.3.2 Il Bayesian network applicato alla ricerca	137
CAPITOLO 5 – PRESENTAZIONE E DISCUSSIONE DEI RISULTATI	139
5.1 Analisi del campione.....	139
5.2 Caratteristiche climatiche dei vigneti	157
5.3 I risultati della Cluster analysis	162
5.3.1 Caratteristiche strutturali dell'azienda.....	163
5.3.2 Percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico	166
5.3.3 Certificazione ambientale e di processo.....	169
5.4 Test di ipotesi relativamente alla dipendenza tra le variabili.....	171
5.5 I risultati della Bayesian network analysis.....	173
CONCLUSIONI	189
BIBLIOGRAFIA.....	197
ALLEGATI	231
Annex 1: Il questionario.....	231
Annex 2: Le variabili climatiche, gli effetti in vigna e in cantina, le pratiche e le strategie di adattamento	239

Lista delle figure

Figura 1: Le emissioni totali annue di gas serra di origine antropica per gruppi di gas tra il 1970 e il 2010 ...	17
Figura 2: Concentrazione media di biossido di carbonio mensile rilevata presso il Mauna Loa Observatory (MLO) a partire dal 1950	18
Figura 3: Medie mensili recenti di anidride carbonica misurate a Mauna Loa Observatory, Hawaii	18
Figura 4: Cambiamento osservato nelle temperature medie annue nell'arco temporale 1901-2012	20
Figura 5: Variazione osservata e proiettata della temperatura media annua globale rispetto al 1986-2005 secondo due scenari RCP.....	21
Figura 6: Variazioni nelle temperature annue globali osservate e previste.....	21
Figura 7: Variazione delle precipitazioni medie annuali prevista dai modelli al 2100 per gli scenari RCP 2.6 e 8.5	22
Figura 8 Mappa delle temperature durante le stagioni di crescita delle aree vitivinicole derivante dall'osservazione e dai modelli sviluppati da Community Climate System Model (CCSM)	48
Figura 9: Range climatici in relazione ai requisiti fenologici e al clima per la produzione di vini di alta qualità nelle regioni di produzione di riferimento al mondo per ciascuna varietà.....	50
Figura 10: i produttori della Borgogna (Francia) alle prese con le anomalie gelate manifestatesi a maggio 2014.....	68
Figura 11. Teoria del comportamento pianificato (adattato da Ajzen 1991).....	85
Figura 12. La "rete vigneto" creata da esperti.....	103
Figura 13: Il quadro concettuale di riferimento dell'indagine.....	110
Figura 14: Il quadro logico dell'indagine	113
Figura 15. Rappresentazione della zona di produzione del Sangiovese DOP (in rosso) e del Sangiovese DOP Superiore (in viola). Fonte: Consorzio Vini di Romagna	115
Figura 16. Anomalie della temperatura minima in Emilia-Romagna dal 1991 al 2015	117
Figura 17. Anomalie della temperatura massima in Emilia-Romagna dal 1991 al 2015	117
Figura 18. Tendenza della temperatura media annua nel periodo 1961- 2008 in °C	118
Figura 19.: Tendenza delle precipitazioni annue nel periodo 1961- 2008 in mm/decennio	118
Figura 20: Rappresentazione grafo aciclico diretto.....	133
Figura 21: Rappresentazione delle tabelle delle probabilità condizionate associate ai nodi	134
Figura 22: Tipologie di vino prodotto	142
Figura 23: Percezione dei vitivinicoltori dell'influenza dei fattori ambientali, quali temperatura, piovosità. Eventi estremi e siccità, sulla produzione del vino.....	146
Figura 24: Percezione dei vitivinicoltori dell'effetto del cambiamento climatico in vigna e in cantina.....	147
Figura 25: Percezione dei vitivinicoltori sull'incidenza del cambiamento climatico nelle pratiche da mettere in atto in vigna e in cantina	147
Figura 26: Sensibilità del Sangiovese al cambiamento climatico	148
Figura 27: Annate che hanno subito fenomeni climatici particolarmente marcati negli ultimi 15 anni.....	150
Figura 28: Variazione delle pratiche di adattamento nelle annate calde, secche e piovose	152
Figura 29: Dettaglio della variazione delle principali pratiche di adattamento annate calde, secche e piovose	153
Figura 30: Rappresentazione dei centroidi dei vigneti delle 56 aziende e delle celle climatiche di riferimento	157
Figura 31: Rappresentazione geografica della variabilità termica basata sui valori della deviazione standard dell'indice di Winkler	158

Figura 32: Rappresentazione geografica della variabilità termica basata sui valori della deviazione standard della radiazione solare.....	159
Figura 33: Rappresentazione geografica della variabilità idrica basata sui valori della deviazione standard dello stress idrico.....	159
Figura 34: Rappresentazione geografica della variabilità idrica basata sui valori della deviazione standard del surplus idrico	160
Figura 35: Rappresentazione geografica del valore medio dell'indice di Winkler	162
Figura 36: Misura della silhouette di coesione e separazione del cluster basato sulle caratteristiche strutturali dell'azienda	164
Figura 37: Misura della silhouette di coesione e separazione del cluster basato sulla percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico	167
Figura 38: La struttura del network Bayesiano dell'indagine.....	177
Figura 39: La relazione tra bassi valori di variabilità climatica e l'implementazione di strategie di lungo periodo	180
Figura 40: La relazione tra alti valori di variabilità climatica e l'implementazione di strategie di lungo periodo	180
Figura 41: I risultati dell'analisi di sensitività del modello Bayesiano per testare l'influenza delle variabili strutturali sul numero di pratiche implementate nelle annate di riferimento	185
Figura 42: I risultati dell'analisi di sensitività del modello Bayesiano per testare l'influenza delle variabili sulla impossibilità di effettuare talune pratiche di adattamento.....	186
Figura 43. I risultati dell'analisi di sensitività del modello Bayesiano per testare l'influenza delle variabili sulle strategie di lungo periodo	186

Indice delle tabelle

Tabella 1. Esempio di misure di adattamento in campo agricolo in aree soggette a desertificazione (Kurukulasulya e Rosenthal, 2003).....	97
Tabella 2. Area geografica selezionata.....	116
Tabella 3. Temperature massime mensili (°/mese) nelle colline della Romagna, dal 2000 al 2014.	125
Tabella 4: Temperature minime mensili (°/mese) nelle colline della Romagna, dal 2000 al 2014.	125
Tabella 5. Precipitazione media mensile (mm/mese) nelle colline della Romagna, dal 2000 al 2014.....	126
Tabella 6. Temperature massime mensili (°/mese) nella pianura della Romagna, dal 2000 al 2014.	127
Tabella 7. Temperature minime mensili (°/mese) nella pianura della Romagna, dal 2000 al 2014.	127
Tabella 8. Precipitazione media mensile (mm/mese) nella pianura della Romagna, dal 2000 al 2014.....	128
Tabella 9: Caratteristiche socio-demografiche dei produttori intervistati.....	140
Tabella 10: Fonti di informazione per gestire la vigna a livello tecnico-agronomico.....	141
Tabella 11: Ragione sociale delle aziende intervistate.....	141
Tabella 12: Posizione del vigneto delle aziende intervistate.....	142
Tabella 13: Totale ettari di vigneto iscritti alla DOC/DOP, IGP o destinati alla produzione di vino da tavola .	142
Tabella 14: Principali canali di vendita	143
Tabella 15: Principali mercati di destinazione.....	144
Tabella 16: Pratiche per favorire la sostenibilità ambientale maggiormente utilizzate	145
Tabella 17: Condizioni per l'utilizzo di pratiche di sostenibilità	145
Tabella 18: Previsioni di lungo periodo	149
Tabella 19: Investimenti previsti nel lungo periodo.....	149
Tabella 20: Previsione che sarà necessaria una variazione del disciplinare nel lungo periodo	149
Tabella 21 Principali difficoltà nella messa in atto di talune pratiche di adattamento.....	154
Tabella 22: Strategie di lungo periodo	155
Tabella 23: Scostamento percentuale di resa, gradazione alcolica, costo di produzione in vigna e in cantina nelle tre annate di riferimento.....	156
Tabella 24: Media dei prezzi minimi e massimi delle bottiglie nelle tre annate e tasso di crescita in percentuale dal 2003 al 2014.....	156
Tabella 25: Media dei prezzi minimi e massimi del vino sfuso nelle tre annate e tasso di crescita in percentuale dal 2003 al 2014.....	156
Tabella 26: I valori di variabilità climatica classificate in base alla mediana.....	161
Tabella 27: Variabili di segmentazione del cluster basato sulle caratteristiche strutturali dell'azienda	163
Tabella 28: Caratterizzazione del cluster basato sulle caratteristiche strutturali dell'azienda sulla base delle variabili di segmentazione.....	165
Tabella 29: Caratterizzazione del cluster basato sulle caratteristiche strutturali dell'azienda sulla base delle variabili esplicative.....	166
Tabella 30: Variabili di segmentazione del cluster basato sulla percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico.....	167
Tabella 31: Caratterizzazione del cluster basato sulla percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico sulla base delle variabili usate.....	168
Tabella 32: Caratterizzazione del cluster basato sulla percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico sulla base delle variabili descrittive.....	169
Tabella 33: Variabili di segmentazione del cluster basato sulla certificazione ambientale e di processo.....	170

Tabella 34: Caratterizzazione del cluster basato sulla certificazione ambientale e di processo sulla base delle variabili usate	170
Tabella 35: Caratterizzazione del cluster basato sulla certificazione ambientale e di processo sulla base delle variabili descrittive	171
Tabella 36: Test chi-quadrato per valutare la dipendenza tra i cluster di caratteristica delle aziende e percezione	172
Tabella 37: Test chi-quadrato per valutare la dipendenza tra i cluster di caratteristica delle aziende e la certificazione ambientale e di processo	172
Tabella 38: Test chi-quadrato per valutare la dipendenza tra i cluster di caratteristica delle aziende e variabilità di Winkler e surplus idrico	173
Tabella 39: Lo stato, la fonte e le assunzioni che stanno alla base delle variabili del modello Bayesiano	176
Tabella 40: La relazione tra il numero delle pratiche di adattamento messe in atto dai vitivinicoltori e l'entità degli impatti del cambiamento climatico	182
Tabella 41: La relazione tra le caratteristiche aziendali, la percezione del fenomeno del cambiamento climatico, e la variabilità climatica con l'implementazione di pratiche e strategie di adattamento volte a fronteggiare il cambiamento climatico	183
Tabella 42: La relazione tra la certificazione ambientale e di processo delle aziende e l'entità degli impatti del cambiamento climatico	184
Tabella 43: Effetti dei cambiamenti climatici su un'azienda vitivinicola e pratiche di adattamento in vigna .	241
Tabella 44: Effetti dei cambiamenti climatici su un'azienda vitivinicola e pratiche di adattamento in cantina	242
Tabella 45: Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici nel lungo periodo	242

INTRODUZIONE

Il **cambiamento climatico** è una delle principali sfide per le società nel 21° secolo. Vi è infatti un consenso diffuso nella comunità scientifica internazionale riguardo sia all'origine del fenomeno, dovuto ad attività antropica, che per quanto riguarda l'entità e il segno degli effetti da esso indotti.

In particolare, si ritiene che il fenomeno è destinato a incidere profondamente sulle future possibilità di sviluppo, soprattutto nel caso in cui la temperatura media planetaria aumenti di 2°C o più (IPCC, 2015). La sfida è ancora più urgente, vista l'inadeguatezza dei risultati ottenuti finora dai negoziati che si sono prefissi l'obiettivo, a partire dal Protocollo di Kyoto, firmato nel dicembre 1997, di ridurre le emissioni dei gas a effetto serra e contenere il cambiamento in atto.

Il cambiamento climatico è stato descritto sia come 'sorpresa prevedibile' (Bazerman, 2006) e come un "brutto" problema in quanto comprende un sistema aperto, complesso e inavvertibile (Prins & Rayner, 2007). Se la certezza circa il verificarsi dei cambiamenti climatici a lungo termine e dei suoi impatti è scientificamente accertata, non vi è certezza circa il tipo, la gravità o il tempo di insorgenza di tali impatti (Winn et al. 2011). Barriere cognitive, organizzative e politiche ostacolano ulteriormente le aziende che devono adattarsi a questi cambiamenti (Bazerman, 2006).

La crescita prevista per le temperature minime e massime e l'aumento in frequenza e intensità degli eventi meteorologici estremi – pur con una riduzione complessiva delle precipitazioni – rischiano di impattare negativamente diversi settori economici, tra i quali, in particolare, il settore agricolo, riducendo potenzialmente la produttività di molte colture (IPCC, 2014).

Gli effetti del cambiamento climatico in agricoltura non sono uniformi e variano sia in funzione delle regioni sia delle produzioni. Il settore vitivinicolo, ad esempio, è estremamente sensibile agli effetti del cambiamento climatico in quanto la vite (*Vitis vinifera L.*), come tutte le colture permanenti che rimangono economicamente produttive lunghi periodi, è soggetta a variazioni climatiche significative. Le relazioni tra le variabili climatiche e la vite rappresentano l'interazione fondamentale per la produzione del vino ma il cambiamento climatico a cui stiamo assistendo oggi sta modificando questa relazione naturale. Tramite l'utilizzo di diversi metodi e scale di analisi, numerosi studi hanno dimostrato che gli impatti del cambiamento climatico influenzano direttamente la produttività dei vigneti, la qualità del vino, il *terroir* e, indirettamente, i prezzi del vino. In particolare, per quanto riguarda la produttività dei vigneti, Hannah et al. (2013) suggeriscono che, a causa di un aumento delle temperature, potrebbe verificarsi, entro il 2050, un calo della produzione di vino del 85% a Bordeaux (Francia) e in Toscana (Italia); in California, la percentuale si aggira attorno al 70%; in Sud Africa, al 55% e in Cile, la cifra è del 40%. Invece, variazioni importanti di temperatura possono influenzare la qualità e il potenziale produttivo di uva in relazione alle diverse fasi di sviluppo:

1- durante la fioritura e durante la crescita degli acini, picchi di calore estremi possono causare l'invasatura precoce, la mortalità dell'uva per abscissione, l'inattivazione degli enzimi e il fallimento parziale o totale della maturazione del sapore (Mullins et al., 1992)

2- durante la fase di maturazione, l'elevata temperatura diurna può portare alla sintesi di tannini, zuccheri e aromi sbilanciati (Gladstones, 1992)

Il riscaldamento globale può determinare concreti effetti sulle condizioni pedo-climatiche e produttive a livello territoriale e quindi sulle caratteristiche del *terroir*. Infatti, un contesto caratterizzato da importanti variazioni climatiche, può comportare un cambiamento geografico delle aree storicamente a vocazione vitivinicola. Ad esempio, vaste porzioni d'Europa sulla costa mediterranea, in particolare l'Italia, la Grecia e la Francia, potrebbero diventare nel 2050 completamente inospitali per la produzione di uva (Lallanilla, 2013), mentre aree non tradizionalmente a vocazione vitivinicola potrebbero diventarlo. Infine, anche il prezzo di un vino può essere condizionato dal clima. Ashenfelter (2009) stabilisce che i vini con i prezzi più elevati si concentrano nelle estati calde e secche, mentre i prezzi diminuiscono in situazioni di elevata piovosità e temperature eccessive.

Dunque il cambiamento climatico rappresenta uno dei fattori principali che condizionerà lo sviluppo agricolo nelle prossime decadi. La lotta ai cambiamenti climatici è quindi una prerogativa irrinunciabile per il settore agricolo e, in particolare, per quello vitivinicolo, ed impone due tipi di risposta. La prima consiste nel ridurre le emissioni di gas serra (intervento di mitigazione), mentre la seconda nell'intervenire in termini di adattamento per affrontarne gli impatti inevitabili.

Il settore agricolo si trova a dover rispondere in entrambe le direzioni: da un lato gli sforzi dovranno essere diretti ad una riduzione delle emissioni tramite l'utilizzo di tecnologie e sistemi di produzione a basso impatto ambientale e, dall'altro, i produttori dovranno mettere in campo conoscenze e investimenti per adattare e quindi salvaguardare la produzione in termini quali-quantitativi.

Tra i fattori che influenzano la capacità di mitigazione e adattamento vi sono la gestione delle pratiche agricole, i fattori socio-culturali (educazione, informazione, pratiche locali tradizionali) e gli incentivi pubblici (OECD, 2012).

Per rafforzare lo sviluppo del settore agricolo dovranno, quindi, essere tenuti in considerazione tanto i fattori socio-economici e tecnologici quanto gli scenari e le tendenze agro-climatiche, così come le pratiche e le strategie di adattamento.

Per quanto riguarda il settore vitivinicolo in particolare, è necessario e urgente che il sistema vitivinicolo metta in campo efficaci strategie di adattamento in grado di contrastare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici e favorire la competitività aziendale (Yohe e Tol, 2002; Smit e Pilofosova, 2003). Negli ultimi anni sempre più autori si stanno concentrando, infatti, sull'analisi del fenomeno dell'adattamento climatico a livello aziendale (Belliveau et al., 2006; Bardaji e Iraizoz, 2015; Milesta et al., 2012; Porter & Reinhardt, 2007; De Salvo et al., 2015; Fraga et al. 2013), in quanto capire la mentalità degli agricoltori, le interazioni tra le attività famigliari nelle aziende, i

diversi approcci alla gestione della produzione, la visione dell'azienda e le opzioni per aumentare l'autonomia degli agricoltori sono temi centrali per affrontare le sfide del cambiamento climatico.

Pertanto, l'indagine si pone come **obiettivo generale** quello di **valutare la capacità di adattamento al cambiamento climatico da parte delle imprese del settore agroalimentare, con particolare riferimento alle aziende vitivinicole dell'Emilia-Romagna che producono Sangiovese**. Per capacità di adattamento si intende la capacità di un sistema di recuperare o adattarsi (*cooping* o resilienza) alle mutevoli condizioni esterne, riducendone gli impatti negativi, e prevedere il cambiamento per il futuro, adottando strategie di lungo periodo. In particolare, per raggiungere tale obiettivo, l'indagine si pone la finalità di indagare i seguenti **obiettivi specifici**:

1. Quantificare gli impatti del cambiamento climatico su resa, gradazione alcolica e costi, in vigna e in cantina, in annate calde, secche e piovose
2. Valutare l'incidenza della variabilità climatica degli ultimi 15 anni sulla percezione di lungo periodo del cambiamento climatico
3. Analizzare il numero e la tipologia di pratiche di adattamento che i produttori mettono in atto in annate calde, secche e piovose
4. Individuare i fattori che incidono sulle performance aziendali, sia a livello agronomico che economico
5. Identificare le strategie di lungo periodo per salvaguardare la produzione in futuro

Inoltre, considerato che a livello locale permane però una forte incertezza sugli effetti del cambiamento climatico e dato che l'adattamento è da considerarsi come un fenomeno *site-specific* (Vincent, 2007), molti autori sostengono la necessità di analizzare l'adattamento più a livello locale, al fine di ottenere una migliore comprensione dei processi fondamentali che stanno alla base dell'adattamento e migliorare l'orientamento delle politiche di adattamento da parte dei governi nazionali e locali, ONG e donatori bilaterali (Boko et al, 2007;. Mano e Nhemachena, 2007; Smit e Wandel, 2006).

L'indagine si pone, quindi, un ulteriore obiettivo specifico:

6. di sviluppare un metodo per la valutazione delle capacità di adattamento, sufficientemente specifico da catturare la variazione locale, ma che sia trasferibile in seguito anche ad altri siti.

Poiché la capacità di adattamento deve essere analizzata per i sistemi ben definiti, in cui sono disponibili le variabili per sviluppare ragionamenti deduttivi (Hinkel, 2011), l'indagine focalizza la propria attenzione su:

- un settore specifico, economicamente rilevante, soggetto all'innovazione e rappresentativo di un'economia locale: il settore vitivinicolo
- una varietà sensibile al cambiamento climatico: il Sangiovese
- un'area geografica soggetta a variabilità climatica: l'Emilia-Romagna

In risposta agli obiettivi specifici si è scelto di investigare cinque **ipotesi di ricerca** sulla base di un quadro concettuale di riferimento. L'approccio utilizzato è prevalentemente olistico, integrato con alcuni aspetti di quello analitico, in quanto induce a considerare un insieme di dati eterogenei.

In particolare, l'approccio olistico, rappresentato dalle teorie sperimentali (economia evolutiva (NRBV), economia comportamentale e Environmental Life Cycle Thinking), è funzionale a spiegare la relazione esistente tra risorse, beni, capacità e competenze degli imprenditori che caratterizzano un'impresa (Barney 1991; Galbreath 2005), i processi intenzionali dell'individuo nell'adozione di comportamento rispettosi del clima (Tikir and Lehmann, 2010) e la relazione tra un comportamento socialmente e ambientalmente responsabile e il vantaggio competitivo dell'impresa (Troina, 2010).

Inoltre, è importante tenere in considerazione che, considerata la complessità della tematica dell'adattamento, non esistono studi che applicano un approccio olistico finalizzato ad analizzare le relazioni tra le numerose variabili che devono essere prese in considerazione quando si vuole valutare la capacità di adattamento di un'azienda.

L'inquadramento analitico, invece, fa riferimento alla Teoria della Prossimità Geografica, secondo la quale le imprese interagiscono all'interno di un territorio ad un livello meso-economico, permettendo la riduzione dei costi, lo scambio di conoscenze e l'incremento del livello di innovazione delle singole imprese (Audretsch, 1998; Jaffe et al., 1993; Pouder and St. John, 1996; Tallman et al., 2004; Camagni, 1991; Keeble e Wilhelm Kinson, 1999). L'utilizzo di questa teoria è funzionale all'identificazione dell'area di riferimento e delle unità statistiche oggetto dello studio.

I dati e le informazioni che devono essere analizzati per rispondere agli obiettivi dell'indagine sono, quindi, di natura eterogenea (strutturali, economici e climatici) e provengono da fonti diverse. Per questo motivo la scelta della metodologia di analisi è ricaduta su un'indagine empirica che combina le varie tipologie di dati provenienti da due principali fonti: l'analisi dei dati climatici degli ultimi 15 anni e un'indagine diretta tramite la somministrazione di un questionario ai vitivinicoltori dell'Emilia-Romagna che producono Sangiovese.

Le **metodologie selezionate** per l'analisi di tali dati ricadono nella classificazione dei metodi "spazio-analogici", che sfruttano le differenze osservate nel clima e nei livelli di produzione tra le diverse Regioni e che sono riconducibili ad un approccio olistico, in quanto si concentrano su un livello di indagine più ampio, includendo numero maggiori di variabili e interazioni.

Per quanto riguarda i dati climatici, sono stati calcolati gli indici climatici di temperatura e precipitazione nei periodi di crescita in cui la vite è più sensibile alle specifiche variazioni climatiche; per quanto riguarda, invece, i dati provenienti dall'indagine diretta, questi sono stati analizzati con la statistica di base, aggruppati secondo gruppi omogenei tramite la procedura della *cluster analysis* e integrati tramite il metodo del Network Bayesiano in quanto fornisce la possibilità di combinare conoscenze, informazioni e dati provenienti da fonti diverse e con diversi gradi di precisione (Uusitalo, 2007), oltre alla capacità di integrare variabili sociali, economiche e ambientali all'interno di un unico modello. Inoltre questa metodologia risulta particolarmente utile per incorporare nelle analisi le opinioni soggettive degli esperti (Lynam et al., 2006; Uusitalo, 2007), di funzionare correttamente in mancanza di dati o in presenza di dati non distribuiti omogeneamente (Uusitalo 2007), di facilitare i processi di sviluppo partecipativo (Castelletti & Soncini-Sessa, 2007) e di essere

potenzialmente migliorabili e aggiornabile con nuovi dati e nuove conoscenze disponibili (Ordóñez Galán et al., 2009).

Alla luce della letteratura analizzata, i **risultati attesi** dovrebbero evidenziare un'associazione tra la capacità di adattamento e gli aspetti strutturali delle aziende (es. dimensione, parcellizzazione del vigneto, raccolta meccanizzata), le caratteristiche produttori (età, livello di istruzione, percezione del cambiamento climatico), la certificazione ambientale e di processo (certificazioni, produzione biologica) e la variabilità climatica (temperatura, precipitazioni).

In particolare pare plausibile che aziende di grandi dimensioni siano più propense ad adottare pratiche e strategie di adattamento in quanto hanno a disposizione quote maggiori di capitale e di risorse e che la percezione dei produttori rispetto al tema del cambiamento sia direttamente correlata alla variabilità climatica e ad una visione di lungo periodo.

La portata dei risultati raggiunti tramite il percorso proposto è descrittiva di un'area ristretta ed è relativa alla significatività del campione di riferimento ma può essere in seguito applicata ad altri contesti geografici e ad altri settori.

Coerentemente con il percorso proposto, la **struttura della tesi** si articola in cinque capitoli.

Il capitolo 1 fornisce un inquadramento teorico sul fenomeno del cambiamento climatico, con una particolare attenzione rivolte alle cause, alle definizioni e alle politiche di adattamento. Il capitolo 2 riporta una panoramica della problematica attraverso un'analisi della letteratura scientifica maggiormente rilevante sugli impatti e sugli adattamenti al cambiamento climatico nel settore agricolo e vitivinicolo. Il capitolo 3 espone i principali contributi teorici e metodologici allo studio del cambiamento climatico nella letteratura economica, al fine di identificare l'inquadramento teorico di riferimento della ricerca. Il capitolo 4 riporta gli obiettivi e la scelta metodologica ai fini dell'indagine. Sulla base di un approccio prevalentemente olistico che induce a considerare un insieme di dati eterogeneo, è stata strutturata un'indagine empirica per combinare vari tipi di dati (strutturali, economici e climatici) provenienti da fonti diverse (fonti secondarie per l'analisi dei dati climatici ed indagine diretta). I risultati sono stati classificati ed elaborati mediante tecniche statistiche multivariate e modello Bayesiano. Il capitolo 5 elabora e interpreta i risultati dell'indagine e il percorso della tesi si conclude con una lettura critica dei risultati e una prospettiva per il futuro, sia del settore produttivo sia della ricerca scientifica nel campo dell'innovazione tecnologica e gestionale.

CAPITOLO 1 – IL CAMBIAMENTO CLIMATICO: definizioni, cause e politiche pubbliche

“Il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile e, a partire dagli anni '50, molti dei cambiamenti osservati sono senza precedenti su scale temporali che variano da decenni a millenni. L'atmosfera e gli oceani si sono riscaldati, le quantità di neve e ghiaccio si sono ridotte, il livello del mare si è alzato, e le concentrazioni di gas serra sono aumentate”

IPCC, 2013

Il cambiamento climatico è un fenomeno ampiamente riconosciuto dalla comunità scientifica internazionale che comporterà non solo un aumento di temperatura ma una modifica dell'intero sistema climatico, ivi compresi precipitazioni, venti, nonché la frequenza e l'intensità degli eventi estremi, con modalità diverse in differenti regioni del mondo (IPCC, 2001). Questi fattori comportano significativi impatti all'ambiente naturale e sulla funzionalità dei servizi ecosistemici, con una conseguente ripercussione sui settori economici e sulla redditività di talune aziende. A livello locale permane però una forte incertezza sugli specifici effetti del cambiamento climatico.

Le evidenze del cambiamento climatico vengono, però, riconosciute in maniera ineguale a livello politico nelle diverse parti del mondo. Alcuni stati hanno intrapreso varie iniziative a livello multilaterale e nazionale e l'Unione Europea, in particolare, è impegnata in prima linea in un'attività costruttiva per giungere ad un accordo globale inteso a controllare il cambiamento climatico e sta assumendo un ruolo di primo piano mediante l'adozione di ambiziose iniziative proprie.

Per affrontare in profondità il tema del cambiamento climatico la tesi si apre con un inquadramento generale del problema, apportando le opportune definizioni e analizzando, in maniera chiara e sintetica, le cause e le conseguenze del fenomeno. In seguito viene proposta una rassegna dei principali accordi e strumenti politici proposti a supporto del cambiamento climatico, a partire dal 1979, quando a Ginevra fu organizzata la Prima Conferenza Mondiale sul Clima, coordinata dall'Organizzazione Mondiale per la Meteorologia (*World Meteorological Organization, WMO*). L'approccio politico è, in questa tesi, analizzato a partire dal contesto internazionale per arrivare ad inquadrare le scelte dell'unione Europea, le politiche nazionale e regionali, con un focus prioritario sugli strumenti idonei per l'adattamento.

1.1 Definizioni e cause del cambiamento climatico

In climatologia con il termine “mutamenti climatici” ci si riferisce alle variazioni a livello globale del clima della Terra, ovvero variazioni a diverse scale spaziali e storico-temporali di uno o più parametri ambientali e climatici: temperature (media, massima e minima), precipitazioni,

nuvolosità, temperature degli oceani, distribuzione e sviluppo di piante e animali (cambiamento dei valori medi).

Grazie alla paleoclimatologia, la scienza che studia il clima della Terra in prospettiva storica, si sa che la Terra attraversa continue fasi di cambiamenti climatici, dovuti a cause naturali, ma nuove evidenze scientifiche rafforzano e confermano i dati grazie ad una vasta serie di osservazioni e modelli di nuova generazione. La comunità scientifica internazionale sostiene che l'immissione dei gas serra derivanti dalle attività antropiche, in particolare dall'uso dei combustibili fossili, dalla deforestazione, dalla digestione del bestiame, dalle discariche ecc., ha incrementato la concentrazione di tali gas presenti naturalmente in atmosfera. I gas serra svolgono un ruolo fondamentale per il mantenimento del calore terrestre, sono infatti trasparenti alla radiazione solare in entrata sulla Terra, ma riescono a trattenere, in maniera consistente, la radiazione infrarossa emessa dalla superficie terrestre, dall'atmosfera e dalle nuvole. I gas serra assorbono ed emettono a specifiche lunghezze d'onda nello spettro della radiazione infrarossa. Questa loro proprietà causa il fenomeno noto come effetto serra che consente alla superficie terrestre di trattenere una quantità di calore tale da permettere la vita sulla terra.

Vapore acqueo (H₂O), anidride carbonica (CO₂), protossido di azoto (N₂O), metano (CH₄) ed esafluoruro di zolfo (SF₆) sono i gas serra principali nell'atmosfera terrestre. Oltre a questi gas, di origine sia naturale che antropica, esiste un'ampia gamma di gas serra rilasciati in atmosfera di origine esclusivamente antropica, come gli alocarburi, tra i quali i più conosciuti sono i clorofluorocarburi (CFC), e molte altre molecole contenenti cloro e fluoro.

Le emissioni totali di gas serra di origine antropica hanno continuato ad aumentare nel periodo 1970-2010 raggiungendo in assoluto i maggiori aumenti a scala decennale verso la fine di questo periodo; il che ha portato una buona parte della comunità scientifica internazionale a sostenere che le concentrazioni attuali dei gas serra in atmosfera non permettono la fuoriuscita della radiazione solare e quindi comportano il riscaldamento globale. Nonostante un numero crescente di politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici, le emissioni annuali di gas serra sono cresciute in media di 1,0 GtCO₂eq (2,2%) negli anni 2000-2010 rispetto alle 0,4 GtCO₂eq (1,3%) per anno nel 1970-2000. Il totale delle emissioni di gas serra di origine antropica è il più alto nella storia umana dal 2000 al 2010 e ha raggiunto 49 (±4.5) GtCO₂eq/yr nel 2010 (Figura 1)¹. In particolare, il Mauna Loa Observatory (MLO), primo strumento per il monitoraggio continuo e la raccolta dei dati relativi al cambiamento atmosferico dal 1950, situato alle Hawaii, ha registrato un incremento della CO₂ atmosferica, misurata come frazione molare in aria secca, da una concentrazione pre-industriale di circa 280 ppmv di circa 398.29 ppm attualmente (ppmv = parti per milione in volume). I dati riferiti alla concentrazione di CO₂ prima del 1958 sono derivati da misurazioni sulle carote di ghiaccio prelevate in Antartide. Risulta evidente che il rapido aumento della concentrazione di CO₂ si è

¹ Il grafico riporta le emissioni totali annue di gas serra di origine antropica (GtCO₂eq/yr) per gruppi di gas 1970-2010: CO₂ dalla combustione di combustibili fossili e processi industriali; CO₂ dalle foreste e altri usi del suolo (FOLU); metano (CH₄); protossido di azoto (N₂O); gas fluorurati coperti dal Protocollo di Kyoto (F - gas). Sul lato destro della figura le emissioni di gas serra nel 2010 sono mostrate di nuovo scomposte nelle stesse componenti con i livelli di incertezze associati (intervallo di confidenza del 90%) indicati dalle barre di errore (IPCC, 2014)

verificato a partire dall'epoca industriale, in concomitanza con il crescente aumento dei combustibili fossili. Le Figura 1 e Figura 2 mostrano i valori di CO₂ a Mauna Loa con maggior dettaglio temporale.

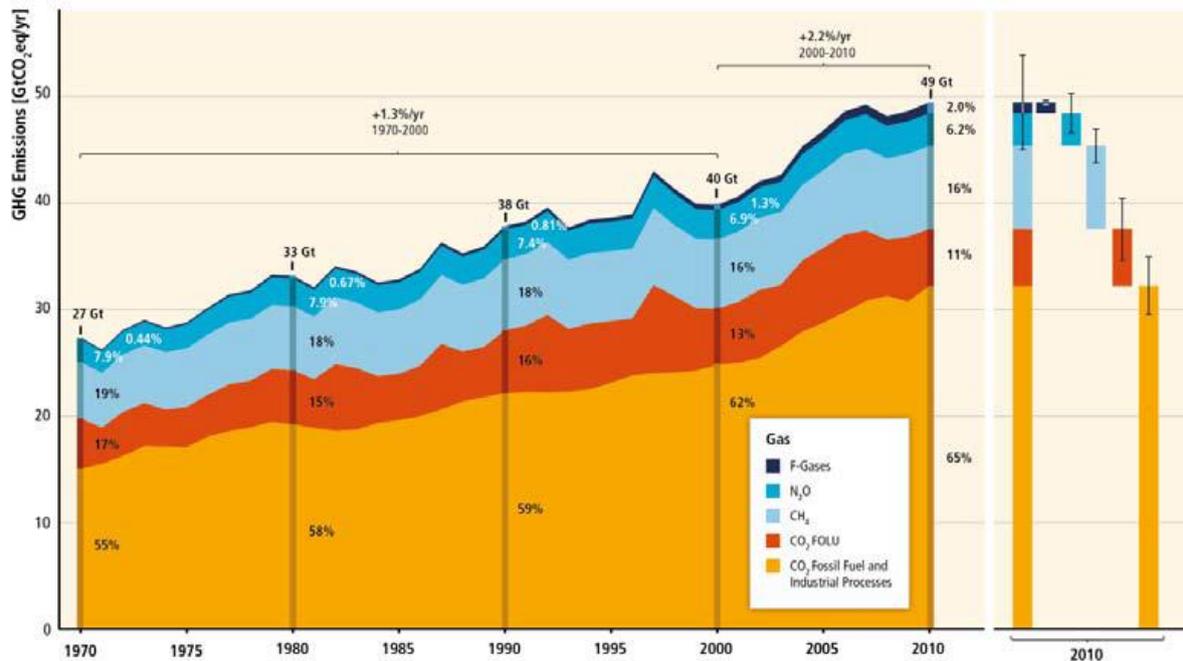


Figura 1: Le emissioni totali annue di gas serra di origine antropica per gruppi di gas tra il 1970 e il 2010

² I dati sono riportati come una frazione molare di aria secca definita come il numero di molecole di biossido di carbonio diviso per il numero di tutte le molecole di aria, CO₂ compresa, dopo che il vapore acqueo è stato rimosso. La frazione molare è espressa in parti per milione (ppm). La linea rossa tratteggiata con i simboli dei diamanti rappresenta i valori medi mensili, centrati sulla metà di ogni mese. La linea nera con i simboli quadrati rappresenta la stessa, dopo la correzione per il ciclo medio stagionale. Quest'ultimo è determinato come una media mobile di sette cicli stagionali adiacenti centrati sul mese da correggere, escludendo i dati del primo e dell'ultimo di tre anni e mezzo in cui il ciclo stagionale è stato una media di oltre il primo e l'ultimo di sette anni, rispettivamente. I dati dell'ultimo anno sono ancora preliminari, mancando la necessaria ricalibratura dei gas di riferimento e di altri controlli di qualità. I dati Mauna Loa sono ottenuti ad un'altitudine di 3.400 m nelle regioni subtropicali del nord, e non possono essere considerati identici alla concentrazione di CO₂ media globale alla superficie.

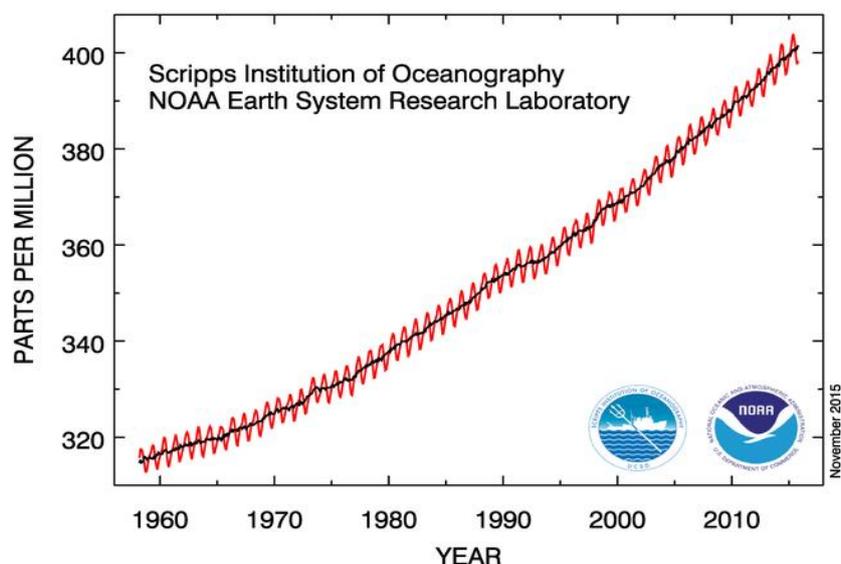


Figura 2: Concentrazione media di biossido di carbonio mensile rilevata presso il Mauna Loa Observatory (MLO) a partire dal 1950

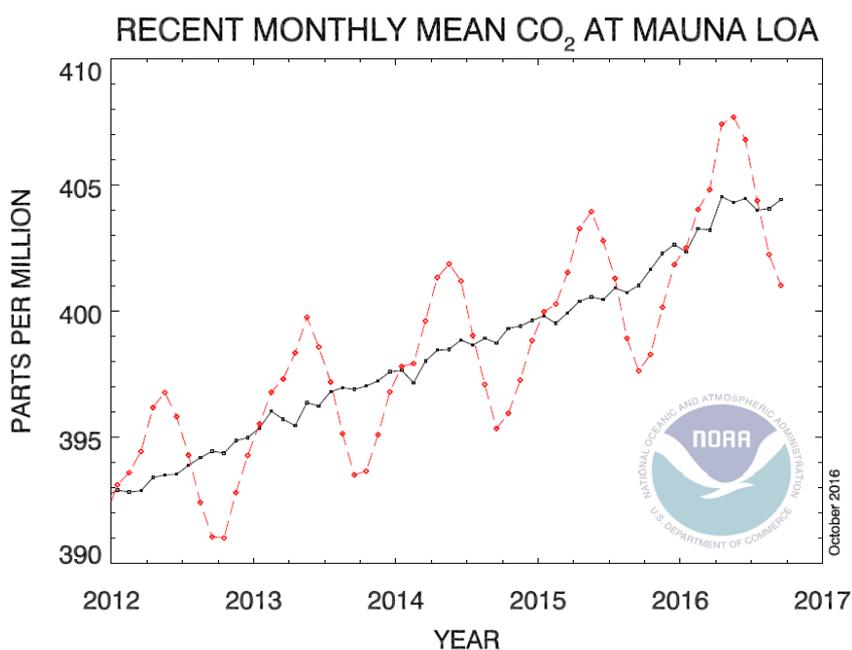


Figura 3: Medie mensili recenti di anidride carbonica misurate a Mauna Loa Observatory, Hawaii

La crescente concentrazione di gas ad effetto serra di origine antropica, l'evoluzione del fenomeno e i suoi potenziali effetti dirompenti hanno reso necessaria una revisione della definizione del problema. L'IPCC, infatti, definisce i "cambiamenti climatici" come qualsiasi modifica del clima nel corso del tempo, sia essa dovuta a variabilità naturale sia come risultato delle attività umane. Questa definizione è diversa da quella della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (*United Nations Framework Convention on Climate Change* o UNFCCC) che

utilizza il termine *mutamenti climatici* solo per riferirsi ai cambiamenti climatici prodotti dall'uomo e quello di *variabilità climatica* per quello generato da cause naturali.

Nonostante siano esistiti, o esitano in minima parte ancora oggi, gli "scettici"³ sulla stretta relazione di dipendenza tra attività antropica, aumento dei gas ad effetto serra, e aumento della temperatura, la comunità scientifica internazionale sostiene all'unanimità che, "la causa dominante del riscaldamento osservato fin dalla metà del XX secolo è costituita da attività umane" (IPCC, 2014).

Indipendentemente dalle cause che stanno alla base del cambiamento climatico, le proiezioni climatiche⁴ mostrano che entro la fine di questo secolo la temperatura globale superficiale del nostro pianeta probabilmente raggiungerà 1.5°C oltre il livello del periodo 1850 – 1900. Senza iniziative mirate alla mitigazione e alla riduzione delle emissioni globali di gas serra, l'incremento della temperatura media globale rispetto al livello preindustriale potrebbe superare i 2°C e arrivare anche oltre i 5°C.

La Figura 4, riportata nel AR5 dell'IPCC (2014), illustra la mappa del cambiamento osservato nelle temperature medie annue nell'arco temporale 1901-2012⁵. La Figura 55 riporta la variazione osservata e proiettata della temperatura media annua globale rispetto al 1986-2005 secondo due scenari RCP (*Representative Concentration Pathways*): lo scenario RCP2.6 che prevede riduzioni pesantissime

³ Tra gli "scettici" vi sono, tra gli altri, anche il premio Nobel Kary Mullis, oltre che ex membri dei vari comitati IPCC come i meteorologi Hajo Smit, Philip Lloyd e Roy Spencer, nonché fisici dell'atmosfera come Fred Singer e i climatologi John Christy e William D. Braswell. Morano (2009) riporta, nel suo studio "Imperversa il dibattito sui cambiamenti climatici" il parere di numerosi scienziati che dissentono dalle tesi proposte dall'IPCC, sostenendo che:

- il cambiamento climatico è in massima parte determinato da forze naturali;
- il contributo umano è irrilevante;
- i cambiamenti dell'attività solare sono i principali responsabili delle variazioni registrate a livello climatico

La maggior parte degli scienziati che non sostengono la teoria dell'IPCC, sostengono i modelli climatici previsionali (Global Climate Models – GCM) impiegati per delineare scenari di riscaldamento globale mostrano notevoli margini di incertezza, ed è da considerarsi marginale il ruolo della CO₂, visto che il raddoppio della sua concentrazione nell'atmosfera (da 280 ppm del periodo preindustriale a 560 ppm che dovrebbero realizzarsi fra alcuni decenni) potrebbe comportare, secondo metodologie accreditate dallo stesso IPCC, un aumento inferiore a 1°C.

⁴ Le proiezioni climatiche sono generalmente basate sui modelli di circolazione generale dell'atmosfera (GCM o, se accoppiati atmosfera-oceano, AOGCM) o i modelli climatici globali (GCM). Alcuni dei GCM comunemente utilizzati nella letteratura scientifica sono il modello HadCM3 (Collins et al. 2001), sviluppato presso il Centro Hadley nel Regno Unito, il modello ECHAM5 (Roeckner et al, 2003), sviluppato presso l'Istituto Max Planck per la Meteorologia e il GFDL CM2 (Delworth et al., 2006) sviluppato presso la NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory negli Stati Uniti. Le proiezioni del cambiamento climatico realizzate utilizzando GCM (o RCM) in diversi scenari di emissione sono intrinsecamente soggette ad un significativo grado di incertezza (Paeth et al., 2008). Tale incertezza per quanto riguarda il cambiamento delle previsioni climatiche ha portato all'utilizzo di insiemi di simulazioni finalizzate alla creazione di un quadro delle potenziali gamme di esiti (Collins, 2007). Ad esempio, il progetto PRUDENZA aveva l'obiettivo di effettuare un numero insieme di simulazioni dei cambiamenti climatici regionali per l'Europa tra il 2070 e il 2100 (Christensen and Christensen, 2007). PRUDENZA è stata seguita dal progetto ENSEMBLES il cui obiettivo principale era quello di consentire che l'incertezza nei modelli di cambiamento climatico potesse essere misurata con la produzione di proiezioni probabilistiche del clima in Europa. Per adattare i modelli climatici su scala regionale, sono stati sviluppati appositi modelli climatici regionali (RCM). Sono necessari però almeno 5-30 anni di lavoro per migliorare le simulazioni di temperatura a livello regionale e almeno 30-50 anni per la simulazioni delle precipitazioni con dati sufficientemente accurati da poter essere direttamente inseriti all'interno dei modelli di impatto (Ramirez-Villegas et al., 2013).

⁵ Le aree bianche della figura non presentano un numero sufficiente di dati mentre i colori solidi indicano le aree in cui le tendenze sono significative per una quota maggiore del 10%. Le linee diagonali indicano le aree in cui le tendenze non sono significative.

delle emissioni entro pochi decenni e lo scenario RCP8.5 che non prevede riduzioni⁶ (IPCC, 2014). La Figura 6: mostra la proiezione della variazione della temperatura media annuale stimata attraverso il multi-modello CMIP5 per il periodo 2081–2100 secondo i RCP2.6 e 8.5, rispetto al 1986–2005⁷ (IPCC, 2014).

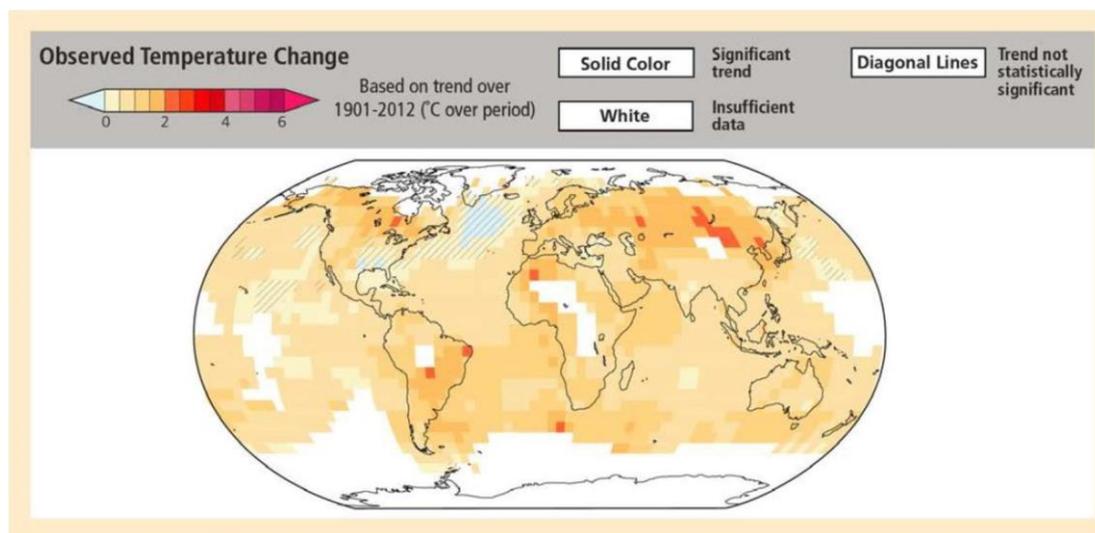


Figura 4: Cambiamento osservato nelle temperature medie annue nell'arco temporale 1901-2012

⁶ Nel rapporto AR5 le proiezioni dei cambiamenti del sistema climatico sono realizzate utilizzando una gerarchia di modelli climatici che spaziano da modelli climatici semplici, a modelli di complessità intermedia, o più alta, a Modelli del Sistema Terra. Questi modelli simulano i cambiamenti sulla base di una serie di scenari di forzanti antropogenici. Il nuovo set di scenari sviluppato, i Representative Concentration Pathways (RCP), è stato utilizzato per le nuove simulazioni del modello climatico realizzate nell'ambito del Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) del Programma mondiale di ricerca sul clima (World Climate Research Programme). Le proiezioni climatiche sono quindi state effettuate applicando quattro nuovi scenari RCP che sono individuati dal loro forzante radiativo totale, ossia la misura dell'influenza dei GHG nell'alterazione del bilancio tra energia entrante ed energia uscente nel sistema terra-atmosfera, nel 2100 rispetto al 1750: 2.6 W/m² per RCP2.6, 4.5 W/m² per RCP4.5, 6.0 W/m² per RCP6.0, 8.5 W/m² per RCP8.5. Questi quattro scenari comprendono uno scenario di forte mitigazione (RCP2.6), due scenari di stabilizzazione di emissioni di gas serra (RCP4.5 e RCP6) e uno scenario con emissioni alte (RCP8.5). Quindi gli scenari RCP usati nell'AR5 includono l'attuazione di possibili politiche climatiche a livello globale e maniera diversa dai precedenti scenari SRES (che sono "no climate policy scenarios") usati nell'AR4.

⁷ Le variazioni nelle temperature annue globali osservate e previste nel Quinto Rapporto dell'IPCC (AR5) sono basate su simulazioni CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project), un modello previsionale per la circolazione atmosfera-oceano.

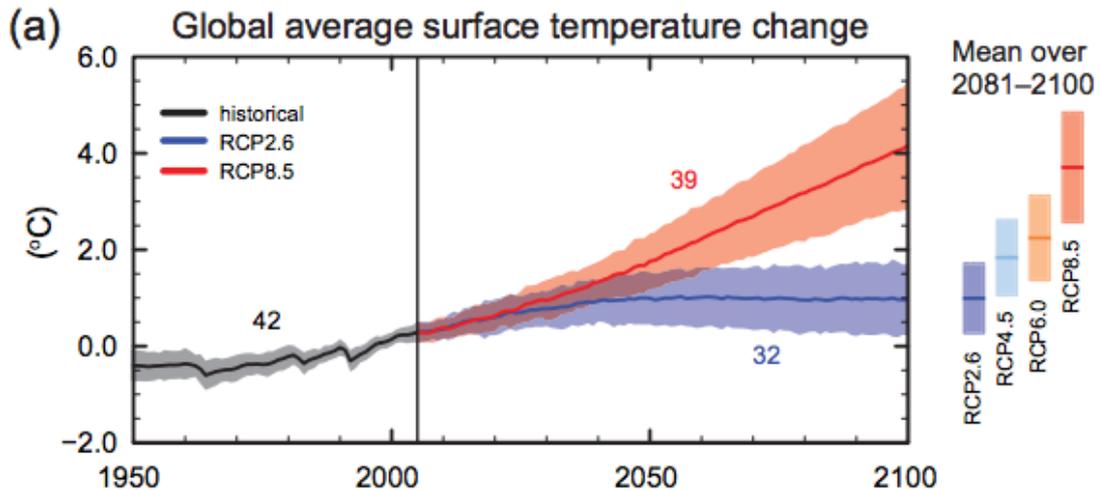


Figura 5: Variazione osservata e proiettata della temperatura media annua globale rispetto al 1986-2005 secondo due scenari RCP

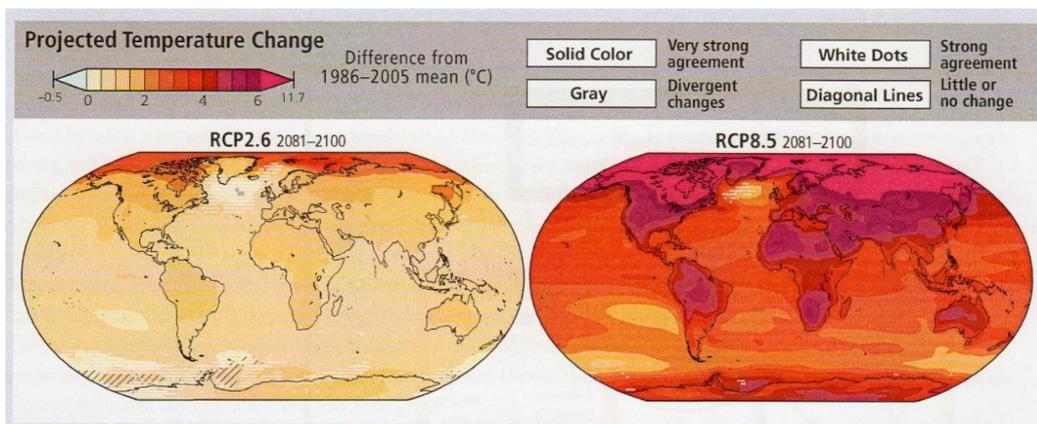


Figura 6: Variazioni nelle temperature annue globali osservate e previste

Anche se le previsioni variano ampiamente, il riscaldamento globale è un dato di fatto e causerà cambiamenti nella temperatura dell'aria, degli oceani, nel ciclo dell'acqua, nel livello dei mari, nella criosfera, in alcuni eventi estremi e nella acidificazione oceanica (IPCC, 2014). Tuttavia, anche per ridotti aumenti di temperatura, il pianeta si troverà ad affrontare seri problemi, quasi catastrofici: fusione dei ghiacciai, innalzamento del livello del mare, eventi meteorologici estremi, modifica delle condizioni metereologici che tra cui scarsità d'acqua e siccità, grave riduzione dei terreni agricoli, salinizzazione delle acque dolci, boom delle popolazioni di insetti ed esplosione di nuovi patogeni, estinzione delle specie, migrazione delle popolazioni, interruzione delle interazioni economiche, malattie, carenza di cibo, ed incremento di mortalità (Mozell & Thach, 2014; Tate 2001; Venkataramanan & Smitha, 2011; IPCC, 2013).

In particolare, dal 1950 sono stati osservati cambiamenti negli eventi estremi meteorologici e climatici. Nel Quinto Report dell'IPCC (AR5) si sostiene che "a livello globale "molto probabilmente"

il numero di giorni e notti fredde è diminuito e il numero di giorni e notte calde è aumentato; in alcune aree del pianeta la frequenza di ondate di calore “probabilmente” è aumentata in vaste aree dell’Europa, Asia e Australia; ci sono “probabilmente” più terre emerse con un aumento del numero di eventi di intensa precipitazione che non una diminuzione del loro numero; in Europa e Nord America la frequenza o l’intensità di forti precipitazioni è “probabilmente” aumentata.” Infatti, nell’arco del secolo il cambiamento climatico influenzerà in maniera crescente il ciclo dell’acqua a scala globale, sebbene con alcune differenze a scala regionale. Le zone equatoriali e le alte latitudini assisteranno “probabilmente” ad una crescita delle precipitazioni, con l’intensificarsi dei fenomeni estremi e susseguenti piene, mentre le zone tropicali aride andranno verosimilmente incontro a precipitazioni sempre minori (Figura 7). Le aree soggette a precipitazioni di matrice monsonica verosimilmente incrementeranno e si verificherà un allungamento della stagione monsonica, con eventi intensi sempre più frequenti.

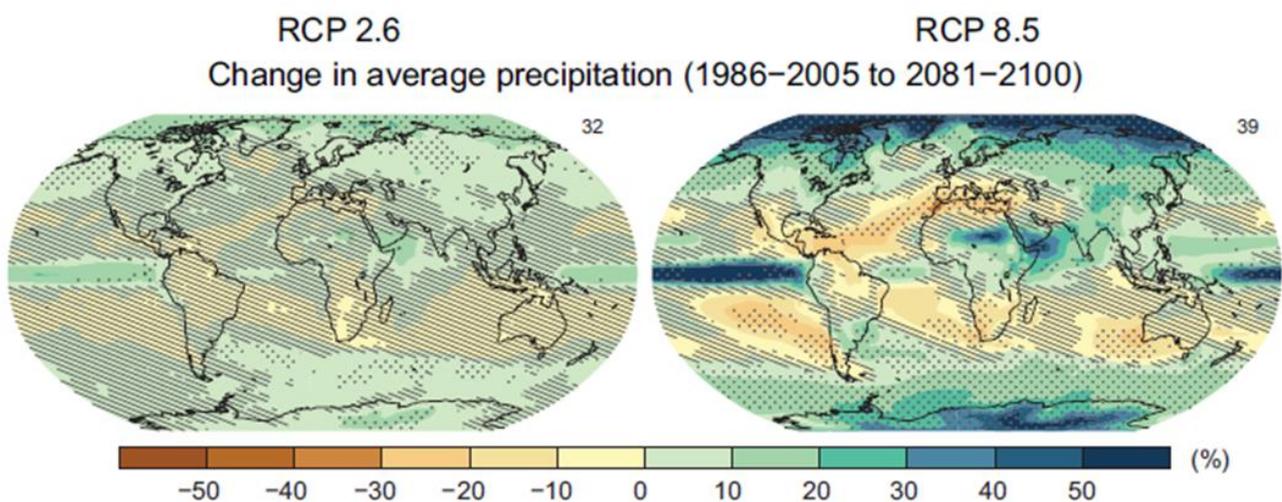


Figura 7: Variazione delle precipitazioni medie annuali prevista dai modelli al 2100 per gli scenari RCP 2.6 e 8.5

È perciò evidente la non uniformità spaziale del riscaldamento globale, come dimostrano numerosi studi condotti su lunghe serie storiche di dati climatici. In particolare, a livello europeo, si è registrato un aumento della temperatura annuale di circa 0,8 °C e una variazione delle precipitazioni, differenziata in funzione della latitudine, contrassegnata da un aumento del 40% nei paesi del nord Europa e da una riduzione del 20% nel sud dell’Europa (Maracchi et al., 2005). Lo studio delle serie temporali contenuto nel rapporto ISPRA del 2012, basato sulla valutazione degli scarti delle temperature medie del periodo 1961-2008 rispetto alla media del trentennio 1961-1990, mette in risalto, in Italia, una diminuzione contenuta della temperatura media dal 1961 al 1981 ed un successivo rapido incremento di tale variabile fino al 2008, per un aumento complessivo di circa 1°C. L’analisi dei valori estremi di temperatura contenuta nel suddetto rapporto, evidenzia nel periodo 1961-2008, un aumento del 12% del numero di giorni con temperatura massima dell’aria maggiore di 25°C ed un aumento del 42% del numero di giorni con temperatura minima

maggiore di 20°C rispetto al trentennio 1961-1990. Le precipitazioni nell'arco di 50 anni in Italia, secondo gli studi del CNR (Brunetti et al., 2006), presentano andamenti di solito tendenzialmente negativi, anche se solo di lieve entità e spesso poco significativi dal punto di vista statistico.

1.2 Le strategie e le politiche per far fronte al cambiamento climatico

Come descritto nel paragrafo precedente, il cambiamento climatico produce impatti importanti sulle risorse naturali e con particolare riferimento alle foreste e alla pesca, alle zone costiere, all'agricoltura, al turismo, alla sanità e alle aree urbane.

Pertanto, il cambiamento climatico ha forti ripercussioni economiche sulle attività produttive e sui servizi associati all'ambiente, anche se gli effetti osservati e previsti possono variare notevolmente in base alle regioni ed ai settori. Tali effetti potrebbero, in alcuni casi, essere positivi e comportare un miglioramento di talune condizioni ma la maggior parte dei modelli previsionali indica la tendenza verso impatti potenzialmente negativi, in particolare in Europa sud-orientale e nell'area del Mediterraneo. Si prevede che i maggiori impatti riguarderanno la domanda di energia, la produttività agricola, la disponibilità di acqua, gli effetti sulla salute, il turismo estivo e gli ecosistemi naturali (IPCC, 2013).

Dunque, oltre a sviluppare politiche e azioni di mitigazione, diversi autori hanno dimostrato come sia indispensabile articolare risposte adattative proporzionate per minimizzare gli impatti negativi generati dal cambiamento climatico e favorire nuove opportunità di sviluppo economico e territoriale (Galbreath 2011; Hoffmann et al. 2009). In particolare, l'adattamento prevede l'adozione di misure volte a contrastare gli effetti e le vulnerabilità, di oggi e di domani, al cambiamento climatico, così come la variabilità che si verifica in assenza di cambiamenti climatici, nel contesto di una società in continuo cambiamento.

Secondo quanto stabilito dall'IPCC, per adattamento possiamo intendere "un adeguamento dei sistemi naturali o antropici in risposta a stimoli climatici in atto o prevedibili (variabilità, estremi, e variazioni) o ai loro effetti, che limita i danni o trae opportunità benefiche" (IPCC, 2001).

Il concetto di adattamento non vuole quindi solo significare protezione contro gli impatti negativi, ma anche creazione di una maggiore flessibilità al cambiamento, traendo vantaggio dai suoi possibili benefici.

Nell'atlante on-line Climaps (EMAPS)⁸, l'adattamento può seguire approcci diversi:

1. Può essere reattivo (affrontare un rischio immediato) o anticipatore (ridurre una vulnerabilità a lungo termine)
2. Può ridurre la vulnerabilità (l'esposizione ai rischi climatici) o aumentare la resilienza (la capacità di adattamento ai cambiamenti)

⁸ L'atlante on-line Climaps.eu è stato sviluppato nell'ambito del progetto europeo EMAPS, finanziato dal 7° Programma Quadro (<http://climaps.org/#!/home>).

3. Può essere conservativo (che mira a mantenere lo stato attuale) o trasformativo (finalizzato all'adattamento dei sistemi sociali)

Quando si tratta di individuare adeguate misure di adattamento, un approccio prudente inizia riconoscendo che esistono diverse opzioni praticabili che conducono ad un efficace adattamento o che minimizzano i rischi connessi ad interventi (e sono convenienti) di incerta efficacia. Il gruppo di lavoro del Programma della Gran Bretagna (UKCIP) per gli Impatti del Clima (United Kingdom Climate Impacts Programme, 2007) ha indicato le opzioni di adattamento come misure *no-regrets*, *lowregrets*, *win-win and flexible or adaptive* (*Nessun rimpianto, pochi rimpianti, win-win, flessibili o adattabili*).

No-Regrets Adaptation Options – misure di adattamento che producono miglioramenti (es. offrono benefici socioeconomici evidenti) qualunque sia la consistenza dei futuri cambiamenti climatici. Questi tipi di misure comprendono quelle giustificate (in termini di costo-efficacia) alle condizioni climatiche attuali (incluse quelle variabili e quelle estreme) e sono ulteriormente giustificate quando la loro introduzione è coerente con i rischi connessi al cambiamento climatico previsto. L'adozione di questi tipi di opzione deve essere considerata alla luce delle barriere esistenti e dei potenziali conflitti. Sono particolarmente appropriate per interventi a breve termine avendo maggiori probabilità di essere rese operative (con benefici evidenti e immediati) e potendo fornire l'esperienza su cui costruire ulteriori valutazioni dei rischi climatici e di provvedimenti adattativi. Ne sono esempio:

- Azioni o attività dirette alla costruzione della capacità di adattamento, come parte di una strategia adattativa complessiva;
- Evitare costruzione nelle zone ad alto rischio (ad es. pianure alluvionali);
- Riduzione delle perdite dalle infrastrutture di distribuzione dell'acqua;
- Costruire / progettare edifici in grado di ridurre al minimo il surriscaldamento nei mesi estivi;
- Ridurre le conseguenze delle inondazioni attraverso l'uso di materiali resistenti all'acqua per pavimenti, pareti e infissi, e la localizzazione di comandi elettrici, cavi e apparecchi a un livello superiore al normale;
- introduzione di strutture per un turismo multistagionale.

Tali misure/strategie richiedono investimenti accettabili se si considerano l'immediatezza dei rischi e la realizzazione di benefici mirati.

Low-regrets (or limited regrets) options - misure di adattamento che richiedono costi associati relativamente bassi e possono offrire benefici discreti se realizzate precocemente. Ad esempio:

- Nuove costruzioni compatibili con gli andamenti climatici previsti (ad es. con maggiore ventilazione, con migliore drenaggio);
- Limitare il tipo e l'entità di sviluppo in zone soggette a inondazioni;

- Promuovere la creazione e la conservazione di zone che favoriscono la biodiversità (es. bordure erbose, terreni agricoli, verde urbano, tetti vegetati).
- Condivisione dello sviluppo e del funzionamento dei servizi di raccolta idrica (ad es. costruzione e gestione di riserve idriche condivise).

Entrambi le opzioni **No-regrets** e **Low-regrets** sono valide, nel senso che sono dirette a massimizzare i risultati degli investimenti quando la certezza del rischio associato è basso.

Win-Win options - misure di adattamento che minimizzano i rischi climatici o sfruttano opportunità potenziali ed hanno anche altri benefici sociali, ambientali o economici. Ad esempio:

- Gestione degli eventi alluvionali tramite la creazione o la risistemazione di aree alluvionabili che favoriscono anche la conservazione degli habitat naturali e la biodiversità;
- Perfezionamento delle capacità di previsione e di intervento in emergenza (compresi rischi climatici);
- Miglioramento della refrigerazione abitativa con l'aumento di ombreggiatura e / o con strategie di raffreddamento alternative efficaci ma che richiedono meno energia delle tradizionali;
- Tetti e pareti vegetate, utili a ridurre la temperatura dell'edificio e il deflusso idrico; aumento degli spazi verdi nelle aree urbane; riduzione del consumo di energia per il riscaldamento e il raffreddamento.

Flexible or adaptive management options – anziché mirare direttamente ad obiettivi su vasta scala si può intervenire con misure graduali. Questo approccio riduce i rischi di errori attraverso l'adattamento incrementale dell'intervento. Le misure sono introdotte attraverso una valutazione di ciò che ha senso oggi, ma sono progettate per consentire il cambiamento incrementale a seguito dell'evoluzione della conoscenza, dell'esperienza e della tecnologia. "Ritardare" può essere parte di una misura di adattamento specifico (o di una serie di misure) che considera la strategia di gestione flessibile o di adattamento, purché la decisione sia accompagnata dal necessario impegno per continuare a migliorare le capacità di intervento e continuare a monitorare e valutare l'evoluzione dei rischi. La decisione di ritardare l'introduzione di un'azione specifica può essere presa quando i rischi climatici sono al di sotto di soglie definite o quando la possibilità di intervento (ad es. per limiti regolamentari o circostanze istituzionali) non consentono un'azione efficace. Ad esempio:

- Ritardare l'attuazione di misure specifiche di adattamento mentre si studiano le opzioni e gli interventi per garantire adeguati supporti istituzionali e impostare gli standard e il quadro normativo necessari;
- Programmazione progressiva del ritiro dalle zone costiere e creazione o ripristino di pianure alluvionali coerenti con i rischi e compatibili con le esigenze delle persone;
- Sviluppo progressivo di investimenti in attività ricreative compatibili con i cambiamenti climatici previsti (ad es. attività ricreative multi-stagionale).

Oltre all'individuazione delle misure di adattamento è necessario considerare che l'adattamento può intervenire su diverse scale geografiche (grande o piccola), temporali (a lungo termine o a breve termine) e finanziarie. In particolare, se si considera il ruolo della politica nella salvaguardia delle risorse naturali e dei settori rispetto al fenomeno del cambiamento climatico, è importante riflettere sui possibili strumenti di supporto e sulle fonti di finanziamento disponibili, che possono essere riassunti come segue:

- Gli accordi multilaterali specificatamente dedicati al cambiamento climatico
- Le politiche sovra-nazionali
- Le politiche nazionali e regionali

Anche il settore privato, in particolare il settore assicurativo, risponde alle necessità di adattamento al cambiamento climatico, tramite ad esempio strumenti come la microassicurazione e il microcredito utili alla prevenzione delle catastrofi (Mills, 2005).

1.2.1 Gli accordi multilaterali

Gli accordi di cooperazione internazionale sul cambiamento climatico esistenti e quelli proposti variano nel grado di focalizzazione, di centralizzazione e di coordinamento. Essi comprendono: accordi multilaterali, politiche nazionali armonizzate e politiche nazionali decentrate ma coordinate, così come politiche regionali e coordinate regionalmente.

L'approccio multilaterale proposto inizialmente, nel tempo ha mostrato alcuni limiti e più recentemente si è assistito allo sviluppo di politiche nazionali e/o regionali con vari gradi di armonizzazione.

Il dibattito internazionale sui temi dei cambiamenti climatici ebbe inizio nel febbraio del 1979, a Ginevra, con la Prima Conferenza Mondiale sul Clima, coordinata dall'Organizzazione Mondiale per la Meteorologia (*World Meteorological Organization*, WMO), nella quale fu riconosciuta la gravità del problema climatico e fu fatto appello ai governi al fine di "prevedere e prevenire potenziali cambiamenti del clima ad opera dell'uomo che possano contrastare con il benessere dell'umanità". Nello stesso anno la Convenzione di Ginevra si occupò dell'inquinamento atmosferico cercando di regolare l'emissione di alcuni gas inquinanti. Tuttavia, dovettero passare quasi dieci anni per vedere effettivamente applicato, con il Protocollo di Montreal del 1987, il principio delle "responsabilità comuni ma differenziate", ossia della condivisione, tra i vari Stati, dei doveri derivanti dall'emissione di sostanze inquinanti, ma con impegni diversificati per ciascuno a seconda dei diversi ruoli giocati.

L'anno successivo, 1988, il WMO ed il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (*United Nations Environment Program*, UNEP) costituirono il Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento del Clima (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC), organismo avente il compito di valutare:

- lo stato delle conoscenze scientifiche sui problemi del clima mondiale;

- i possibili impatti ambientali e socio-economici di eventuali variazioni climatiche;
- le potenziali strategie di prevenzione, limitazione o adattamento a tali variazioni del clima.

Il primo Rapporto di Valutazione dell'IPCC fu presentato a Ginevra alla Seconda Conferenza Generale sul Clima (1990) e nel dicembre dello stesso anno un'Assemblea Generale delle Nazioni Unite avviò i negoziati per il trattato creando l'*Intergovernmental Negotiating Committee for a Framework Convention on Climate Change* (INC/FCCC).

Il 9 maggio del 1992 fu presentata la Convenzione Quadro sul Cambiamento Climatico (*Framework Convention on Climate Change*, FCCC) con l'obiettivo fondamentale di "stabilizzare [...] le concentrazioni di gas ad effetto serra nell'atmosfera a un livello tale che escluda qualsiasi pericolosa interferenza delle attività umane sul sistema climatico" (UNFCCC, 1992).

Dalla Convenzione prende origine la Conferenza delle Parti (COP, art. 7), suo organo supremo, formato da tutti gli Stati che hanno già ratificato il documento; tale organismo si riunisce annualmente per promuovere e controllare l'applicazione della Convenzione e adottare nuovi impegni. In particolare, alla terza sessione della Conferenza delle Parti (COP-3) fu presentato e adottato quello che in seguito venne definito il Protocollo di Kyoto (1/CP.3), a completamento del Mandato di Berlino. Il Protocollo di Kyoto, firmato nel dicembre 1997, rappresenta lo strumento attuativo della Convenzione Quadro sul Cambiamento Climatico. Il Protocollo di Kyoto, sulla base del principio di "comuni, ma differenziate responsabilità", impegna paesi industrializzati e quelli ad economia in transizione ad una riduzione delle emissioni dei principali gas ad effetto serra rispetto ai valori del 1990. L'Italia, insieme agli altri paesi dell'Unione Europea, rientra fra i paesi che hanno ratificato il Protocollo di Kyoto e che si impegna a ridurre le emissioni del 20% entro il 2020.

Dal 1990 ad oggi, l'IPCC ha prodotto 5 rapporti, l'ultimo dei quali risale al 2014: il Quinto rapporto dell'IPCC (AR5). L'obiettivo del documento è quello di stimolare i leader mondiali ad agire con maggiore decisione per ridurre le emissioni di gas serra e per attuare misure significative per la resilienza del sistema socio-economico. Gli aspetti emersi dal AR5 sono stati discussi durante la COOP 21, tenutasi a Parigi nel 2015, durante la quale delegazioni di 196 paesi hanno sottoscritto un accordo che dovrà essere ratificato, accettato o approvato da almeno 55 paesi che rappresentano complessivamente il 55 per cento delle emissioni mondiali di gas serra, per poi entrare in vigore a partire dal 2020. L'accordo prevede:

- **Aumento della temperatura entro i 2°.** Alla conferenza sul clima che si è tenuta a Copenaghen nel 2009, i circa 200 paesi partecipanti si diedero l'obiettivo di limitare l'aumento della temperatura globale rispetto ai valori dell'era preindustriale. L'accordo di Parigi stabilisce che questo rialzo va contenuto "ben al di sotto dei 2 gradi centigradi", sforzandosi di fermarsi a +1,5°. Per centrare l'obiettivo, le emissioni devono cominciare a calare dal 2020
- **Consenso globale.** A differenza di sei anni fa, quando l'accordo si era arenato, questa volta ha aderito tutto il mondo, compresi i quattro più grandi inquinatori: oltre all'Europa, anche la Cina, l'India e gli Stati Uniti si sono impegnati a tagliare le emissioni.

- **Controlli ogni cinque anni.** Il testo prevede un processo di revisione degli obiettivi che dovrà svolgersi ogni cinque anni. Ma già nel 2018 si chiederà agli stati di aumentare i tagli delle emissioni, così da arrivare pronti al 2020. Il primo controllo quinquennale sarà quindi nel 2023 e poi a seguire.
- **Fondi per l'energia pulita.** I paesi di vecchia industrializzazione erogheranno cento miliardi all'anno (dal 2020) per diffondere in tutto il mondo le tecnologie verdi e decarbonizzare l'economia. Un nuovo obiettivo finanziario sarà fissato al più tardi nel 2025. Potranno contribuire anche fondi e investitori privati.
- **Rimborsi ai paesi più esposti.** L'accordo dà il via a un meccanismo di rimborsi per compensare le perdite finanziarie causate dai cambiamenti climatici nei paesi più vulnerabili geograficamente, che spesso sono anche i più poveri.

1.2.2 Le politiche sovra-nazionali

Considerata, quindi, l'importanza dell'adattamento al cambiamento climatico, sia gli stati nazionali che i governi sovranazionali hanno predisposto strategie e politiche con queste finalità.

Per quanto riguarda in particolare l'Unione Europea, diversi sono stati gli strumenti messi a punto negli ultimi anni per favorire, insieme ai programmi nazionali, il raggiungimento degli obiettivi internazionali di mitigazione fissati dal Protocollo di Kyoto, tra i quali:

- il Programma Europeo per i Cambiamenti Climatici (European Programme for climate change);
- la Direttiva 2003/87/CE che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissione dei gas-serra (emissions trading) nella Comunità (Parlamento Europeo e Consiglio Europeo, 2003);
- il meccanismo di monitoraggio delle emissioni comunitarie dei gas-serra, emendato in ultima istanza dalla Decisione 2004/280/CE (Parlamento Europeo e Consiglio Europeo, 2004).

Questi strumenti hanno come obiettivo la riduzione dei gas-serra del 20% (rispetto ai livelli del 1990) entro il 2020, che la UE mira a raggiungere principalmente con un aumento dell'efficienza energetica e con un utilizzo sempre crescente di energia derivante da fonti rinnovabili.

Mentre la mitigazione è materia consolidata all'interno della politica climatica europea, l'adattamento è un tema relativamente recente e in rapida evoluzione.

In particolare, gli ultimi sette anni sono stati cruciali per lo sviluppo dell'azione politica sull'adattamento all'interno dell'UE⁹. Il Libro Verde "L'adattamento ai cambiamenti climatici in Europa, quali possibilità di intervento per l'UE" pubblicato dalla Commissione Europea nel 2007 (European Commission, 2007) viene visto come il primo passo verso l'inserimento della dimensione

⁹ A dimostrazione della complessità della tematica può essere consultata la lista completa delle normative europee per l'adattamento in agricoltura, riportata nel Rapporto tecnico--giuridico della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici "Analisi della normativa comunitaria e nazionale rilevante per gli impatti, la vulnerabilità e l'adattamento ai cambiamenti climatici" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (Castellari et al., 2014).

dell'adattamento tra le politiche europee. Nel Libro Verde vengono delineate quattro linee d'azione su scala comunitaria:

- l'intervento immediato nell'UE, per integrare la questione dell'adattamento ai cambiamenti climatici nella legislazione e in un certo numero di politiche
- l'integrazione dell'adattamento nell'azione esterna dell'UE al fine di sostenere l'adattamento dei Paesi in particolare mediante la condivisione delle esperienze, ma anche attraverso la programmazione, l'assegnazione di stanziamenti di bilancio e i partenariati esistenti
- il miglioramento delle conoscenze laddove sussistono delle lacune sugli impatti dei cambiamenti climatici e sui costi e i benefici delle misure di adattamento, grazie all'elaborazione di metodi globali ed integrati, di indicatori e modelli a lungo termine, al miglioramento delle previsioni su scala regionale e locale e dell'accesso ai dati disponibili, all'analisi approfondita degli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi e alle modalità per aumentare la capacità di resistenza di questi ultimi, alla promozione dei sistemi di informazione, o ancora al rafforzamento dei legami tra i ricercatori in Europa e nei paesi terzi.
- la partecipazione di tutte le parti interessate all'elaborazione di strategie di adattamento, in particolare quelle che vengono da settori economici che risentiranno maggiormente dei cambiamenti climatici.

In seguito, nel 2009, la Commissione EU ha approvato, il Libro bianco "L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro d'azione europeo" finalizzato a rendere l'UE meno vulnerabile di fronte agli impatti dei cambiamenti climatici e si è basato sulle ampie consultazioni varate nel 2007 dopo la pubblicazione del Libro verde e su altre ricerche che hanno permesso di individuare gli interventi a breve termine. Nel Libro Bianco la Strategia di adattamento europea viene illustrata attraverso quattro linee d'azione fondamentali (European Commission, 2009):

1. Sviluppare e migliorare la conoscenza di base sugli impatti dei cambiamenti climatici, la mappatura delle vulnerabilità, e i costi e i benefici delle misure di adattamento;
2. Integrare l'adattamento nelle politiche chiave europee ("mainstreaming");
3. Utilizzare una combinazione di strumenti politico-economici (strumenti di mercato, linee guida, partnership pubbliche e private) per assicurare l'effettiva riuscita dell'adattamento;
4. Sostenere la cooperazione internazionale per l'adattamento assieme agli Stati Membri per integrarla nella politica estera dell'UE.

Ad oggi, l'UE rivolge il suo impegno politico in egual misura alla mitigazione e all'adattamento, che sono riconosciute quali azioni complementari per, rispettivamente, contenere le cause dei cambiamenti climatici e affrontarne le conseguenze positive o negative. Inoltre, l'adattamento si presta a supportare gli obiettivi politico-economici generali dell'UE, elaborati nella strategia per la crescita "Europa 2020" e la transizione verso un'economia sostenibile, efficiente dal punto di vista delle risorse, attenta all'ecologia e caratterizzata da basse emissioni di carbonio (EEA, 2013).

In particolare nel 2012 è stata lanciata ufficialmente della Strategia di adattamento europea, il cui documento principale è rappresentato dalla Comunicazione della Commissione Europea “Strategia dell’UE di adattamento ai cambiamenti climatici”, che illustra gli obiettivi e le azioni da intraprendere da parte della Commissione al fine di contribuire a forgiare un’Europa più resiliente (EC, 2013a). Pur riflettendo la struttura preliminarmente delineata nel Libro bianco, la strategia lascia fuori gli aspetti internazionali dell’adattamento, dal momento che questi sono ritenuti essere adeguatamente affrontati nel quadro della cooperazione allo sviluppo e attraverso i meccanismi dell’UNFCCC. Una maggiore attenzione è invece rivolta alle questioni transfrontaliere e a quei settori che sono strettamente integrati a livello europeo attraverso politiche comuni.

La Strategia si basa su tre principali obiettivi:

1. Promuovere e supportare l’azione da parte degli Stati Membri. Oggi sono quindici i Paesi europei che hanno adottato una strategia di adattamento. La Commissione incoraggerà tutti gli Stati Membri a muoversi su questo fronte e metterà a disposizione fondi per aiutarli a migliorare le loro capacità di adattamento, in particolare attraverso il meccanismo di finanziamento europeo Life. Sosterrà inoltre gli sforzi delle città in tal senso, invitandole a sottoscrivere un impegno su modello del Patto dei sindaci;
2. Assicurare processi decisionali informati, colmando le lacune nelle conoscenze in fatto di adattamento, attraverso il programma di finanziamento dedicato alla ricerca e all’innovazione Horizon 2020, e dando maggiore impulso alla piattaforma europea sull’adattamento ai cambiamenti climatici (Climate-ADAPT). La piattaforma ha il ruolo di sostenere le parti interessate a tutti i livelli di *governance* condividendo un ampio insieme di informazioni sui rischi dei cambiamenti climatici, sulle politiche di settore dell’UE, sulle pratiche di adattamento, le iniziative nazionali e gli strumenti di supporto decisionale. Inoltre, Climate-ADAPT comprende i principali risultati della UE nel campo della ricerca e i progetti¹⁰ che hanno rafforzato la base di conoscenze dell’UE sull’adattamento.
3. Promuovere l’adattamento nei settori particolarmente vulnerabili, facendo sì che l’Europa possa contare su infrastrutture più resilienti e promuovendo l’uso delle assicurazioni per la tutela contro le catastrofi. La Commissione proseguirà il suo lavoro per integrare l’adattamento nei programmi e negli investimenti delle politiche dell’UE. In particolare, questo verrà fatto per la Politica agricola comune (PAC)¹¹, la Politica di coesione e la Politica

¹⁰L’Europa, negli ultimi 15 anni, ha finanziato numerosi progetti inerenti la mitigazione e l’adattamento al cambiamento climatico in agricoltura. In particolare, i programmi di finanziamento LIFE, Interreg, Sesto e Settimo Programma Quadro e Horizon 2020, comprendono priorità e azioni specifiche per fronteggiare il cambiamento climatico, rafforzando la ricerca e l’applicazioni di nuovi approcci e metodi. Alcuni esempi di progetti finanziati sono riportati di seguito: AMICA (adattamento e mitigazione - un approccio integrato alle politiche climatiche), ADAGIO adattamento dell’Agricoltura nelle Regioni europee a rischio ambientale derivanti da cambiamenti climatici), ADAPT2CLIMA (L’adattamento ai cambiamenti climatici in agricoltura nelle isole del Mediterraneo), CLIMAGRI (Le migliori pratiche agricole per il cambiamento climatico: strategie di mitigazione e adattamento), OLIVECLIMA (Introduzione di nuovi sistemi di gestione delle olive incentrati su pratiche per la mitigazione dei cambiamenti climatici), IRRIMAN (Applicazione dei sistemi di irrigazione efficace per un’agricoltura sostenibile e l’adattamento), INNOVINE (L’innovazione nella gestione e nella genetica del vigneto per uno sviluppo Europeo sostenibile), ECONADAPT (L’economia dell’adattamento al cambiamento climatico), ClimChAlp (Cambiamenti climatici, Impatti e Strategie di adattamento nella zona alpina), ESPACE (Programmazione territoriale europea di adattamento agli eventi climatici).

¹¹ Poichè la maggior parte del territorio dell’UE è gestito dagli agricoltori, la PAC rappresenta uno strumento privilegiato per svolgere un ruolo centrale ai fini della mitigazione e dell’adattamento al cambiamento climatico, non solo aiutando gli agricoltori ad adattare

comune della pesca, per le quali la Commissione ha predisposto manuali tecnici, finalizzati ad assistere le autorità competenti e i vari portatori di interesse a sfruttare gli strumenti legali e amministrativi disponibili.

Per supportare questi obiettivi, la Commissione ha inserito le questioni relative a un'economia a basse emissioni di carbonio e alla costruzione di capacità di resilienza nel quadro finanziario pluriennale dell'UE 2014-2020. Nel dettaglio, è stato stanziato il 20% del budget generale per il clima, la UE si sta impegnando concretamente per la dotazione di infrastrutture più resistenti attraverso una revisione delle norme in materia di energia, trasporti e costruzioni e, infine, nel mercato europeo si sta promuovendo l'uso di assicurazioni per la protezione contro le catastrofi naturali e lo sviluppo di altri prodotti finanziari per la gestione del rischio.

Inoltre, la strategia di adattamento europea prevede una particolare procedura per il monitoraggio dei progressi, inserita nel quadro di valutazione per la preparazione all'adattamento, al fine di valutare il grado di consapevolezza e di azione dei paesi verso l'adattamento, attraverso una serie di indicatori chiave che aiutino a determinare se la qualità e la copertura delle strategie nazionali di adattamento sia sufficiente.

Infatti, la Strategia di adattamento europea si basa sul concetto chiave che prevede l'assegnazione di responsabilità per l'azione di adattamento ai governi nazionali, regionali e locali. Ciò è supportato dall'evidenza scientifica secondo cui le varie regioni d'Europa verranno interessate dagli impatti dei cambiamenti climatici in maniera grandemente differenziata, a fronte di una capacità adattiva delle popolazioni, dei settori socio-economici e dei sistemi naturali distribuita in maniera non uniforme all'interno dell'UE (EEA, 2012). Infatti, a causa della variabilità regionale e della gravità degli impatti dei cambiamenti climatici, gran parte delle misure sarà adottata in ambito nazionale, regionale o locale. Tuttavia, questi interventi possono essere supportati e rafforzati da un approccio integrato e coordinato a livello di UE.

1.2.3 Le politiche nazionali e regionali

Riguardo all'adattamento pianificato a livello nazionale, le strategie sono considerate dalla Commissione Europea lo strumento più efficace per preparare gli Stati Membri a valutare gli

la propria produzione ad una situazione climatica in evoluzione, ma anche incentivandoli a fornire servizi ecosistemici più ampi che dipendano da una gestione specifica del territorio.

L'accordo politico sulla Riforma della PAC per il periodo 2014-2020 è stato raggiunto nel 2013 e rappresenta un compromesso tra i membri del Trilogo (la Commissione Europea, il Parlamento Europeo e il Consiglio dell'Unione Europea) sui meccanismi di politica che condizioneranno le future erogazioni in agricoltura e i comportamenti degli agricoltori. Tra le misure previste dalla nuova riforma, le azioni di greening che prevedono il rispetto di tre pratiche benefiche per il clima e l'ambiente, a fronte del quale si riceve un pagamento verde, una delle componenti del nuovo sistema dei pagamenti diretti. Infatti, i principali obiettivi strategici della nuova PAC riguardano la produzione alimentare sostenibile, uno sviluppo territoriale equilibrato per migliorare la diversificazione dell'agricoltura e delle zone rurali e la gestione sostenibile delle risorse. L'obiettivo è di garantire la produzione di beni pubblici e contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici (Povellato, 2012; Matthews, 2012).

Secondo la proposta della Commissione i pagamenti diretti saranno articolati in diverse componenti, le più importanti delle quali sono: il pagamento di base, che fornisce un sostegno diretto al reddito degli agricoltori e il pagamento verde. L'accordo finale condiziona il pagamento verde e una quota del pagamento di base alla produzione di beni pubblici per garantire la conservazione della biodiversità, il mantenimento della fertilità del suolo, la conservazione delle risorse idriche e la mitigazione del cambiamento climatico (EU, 2013).

impatti, la vulnerabilità e le opzioni di adattamento e quindi ad affrontare gli impatti previsti dei cambiamenti climatici in tutti i settori (EC, 2013b). A differenza della mitigazione però, non esiste un'unica politica per l'adattamento che possa essere applicata a tutti i Paesi. Ogni Stato Membro sperimenterà diversi impatti dei cambiamenti climatici, a fronte di una vulnerabilità specifica per Paese, derivata da caratteristiche ambientali, sociali ed economiche. Inoltre, le modalità secondo cui l'adattamento viene progettato e realizzato dipende dal particolare sistema di governo di ciascuno Stato Membro (Bauer et al., 2012; EC, 2013b). L'adattamento è caratterizzato da aspetti di multi-settorialità e inter-settorialità, poiché affinisce a diversi settori economici i quali sono largamente interconnessi. Inoltre l'adattamento è multi-livello, poiché tocca sfere di competenze trasversali a diverse scale di governance: dal livello europeo, a quello nazionale e locale (EEA, 2013a). L'integrazione orizzontale e verticale dell'adattamento devono essere quindi coordinate o consentite dal potere esecutivo o legislativo di un Paese.

I governi europei si trovano a diversi stadi di progettazione, sviluppo e attuazione delle Strategie di adattamento nazionali. Dal 2005, diciotto tra gli Stati Membri della Agenzia Europea dell'Ambiente hanno adottato formalmente la propria Strategia di adattamento. Questi sono: Finlandia (2005), Spagna (2006), Francia (2007), Ungheria (2008), Danimarca (2008), Olanda (2008), Regno Unito (2008), Germania (2008), Svezia (2009), Belgio (2010), Portogallo (2010), Svizzera (2012), Malta (2012), Irlanda (2012), Austria (2012), Lituania (2012), Norvegia (2013), Polonia (2013).

Inoltre, almeno altri dieci Stati possono essere considerati ad una fase avanzata verso l'adozione di una strategia, che verrà predisposta sulla base di una valutazione nazionale degli impatti, delle vulnerabilità e delle misure di adattamento.

Le strategie di adattamento nazionali in Europa sono state ampiamente confrontate e analizzate nella letteratura scientifica sotto diverse prospettive. Nonostante l'interesse e l'impegno di numerosi Stati nella creazione di strategie e piani per l'adattamento, la loro attuazione si trova ancora ad uno stato iniziale.

Le principali difficoltà riscontrate per l'applicazione di strategie di adattamento nazionale nella letteratura disponibile riguardano principalmente tre aspetti: superare le carenze di informazione sul clima e la mancanza di competenze ad esse associate; garantire un finanziamento adeguato; misurare il successo degli interventi di adattamento (Mullan et al., 2013).

A queste si aggiungono alcune criticità rilevanti, tra cui la scarsa considerazione dei fattori non-climatici e la mancata identificazione di finanziamenti necessari per l'adattamento (Preston et al., 2011).

Per favorire la capacità istituzionale sui processi di adattamento, Dixit et al., (2011) propongono uno strumento, National Adaptive Capacity (NAC) framework, finalizzato a supportare i governi nello sviluppo dei processi di pianificazione per l'adattamento. Lo strumento NAC permette ai suoi utenti di identificare e valutare sistematicamente i punti di forza e debolezza degli organi istituzionali che possono aiutare o ostacolare l'adattamento. I punti di forza e debolezza sono calcolati su alcuni

indicatori della capacità di adattamento: valutazione delle problematiche, prioritizzazione degli interventi, coordinamento, gestione dell'informazione, gestione del rischio climatico.

Informazioni sempre aggiornate sulle strategie nazionali sono disponibili sulla piattaforma Climate-ADAPT che permette, tra le altre cose, di accedere a dati su impatti, vulnerabilità e azioni di adattamento divisi per Paese.

Sebbene non esista una ricetta universale per l'adattamento, le linee guida sulle politiche di adattamento nazionali che accompagnano la Strategia di adattamento europea, *Guidelines on developing adaptation strategies* (EC, 2013c), e le indicazioni sui principi fondanti *Guiding principles for adaptation to climate change in Europe*, permettono ai decisori politici di sviluppare, implementare e riesaminare le strategie nazionali di adattamento sulla base di elementi condivisi (Prutsch et al., 2010).

In Italia, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), sta seguendo gli orientamenti definiti dalla Strategia europea. In particolare, il MATTM, già nel 2010, ha incluso misure di adattamento ai cambiamenti climatici in alcuni documenti strategici di carattere settoriale; è il caso della "Strategia Nazionale per la Biodiversità" e dei documenti preparatori della "Strategia per l'ambiente marino".

Altri Ministeri hanno affrontato la tematica dell'adattamento in settori specifici. Il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali (MIPAAF) ha pubblicato il Libro Bianco "Sfide ed opportunità dello sviluppo rurale per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici" (20 settembre 2011). Il Ministero della Salute, nell'ambito delle attività del Centro Nazionale Prevenzione e Controllo Malattie (CCM), ha prodotto, nel 2006, le "Linee guida per preparare piani di sorveglianza e risposta verso gli effetti sulla salute di ondate di calore anomalo", aggiornate successivamente nel 2013. Al fine di far fronte agli effetti sulla salute delle ondate di calore anomalo, inoltre, il CCM gestisce un "Piano nazionale di prevenzione per le ondate di calore", che coinvolge 34 città con oltre 200.000 abitanti. In 27 città sono operativi (dal 15 maggio al 15 settembre) sistemi di allerta città specifico (Heat Health Watch Warning System) e sistemi di sorveglianza rapida della mortalità giornaliera associata alle ondate di calore. Il Piano si sviluppa secondo un modello operativo centralizzato che consente di implementare le attività di sorveglianza e prevenzione a livello nazionale, regionale e locale e di favorire il coordinamento orientando gli interventi di prevenzione nei confronti dei gruppi più a rischio.

La "Strategia Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici" (SNAC), presentata nel 2014, da attuare mediante un Piano di Azione/Piani di Azione Settoriali è stata definita all'esito di una complessa attività istruttoria e di consultazione condotta dal MATTM.

La strategia e il Piano di Azione/Piani di Azione Settoriali indicano tempi e modi di internalizzazione delle tematiche di Adattamento ai Cambiamenti Climatici nei Piani e Programmi settoriali nazionali, distrettuali, regionali e locali.

Anche se in alcuni Stati Membri le regioni hanno una grande autonomia amministrativa, le strategie di adattamento regionali non sono ancora molto comuni e le relative informazioni non vengono disseminate adeguatamente. Infatti, a livello locale, gli orientamenti generali delle politiche di

azione non sono tradotte in ulteriori strategie regionali bensì in documenti programmatici tramite i Piani di Sviluppo Rurale (PSR). In particolare, per quanto riguarda l'adattamento, i PSR rappresentano il modo più opportuno per declinare le Strategie Nazionali di Adattamento a livello locale. Per quanto riguarda la mitigazione essi rappresentano, invece, l'opportuno sistema di incentivi utile a favorire la transizione verso un'economia a bassa intensità di emissione in agricoltura (European Parliament, 2011).

La Regione Emilia-Romagna, a partire dal 1994, ha adottato diversi piani normativi al fine di applicare, nel territorio regionale, le indicazioni della Commissione Europea in materia di cambiamento climatico (Regione Emilia-Romagna, 2016). Nel 2015 ha elaborato il Programma di sviluppo rurale 2014-2020 (Regione Emilia-Romagna, 2015), che si inserisce perfettamente nel più ampio quadro della strategia europea. Il Programma investe su conoscenza e innovazione, stimola la competitività del settore agroindustriale, garantisce la gestione sostenibile di ambiente e clima e favorisce un equilibrato sviluppo del territorio e delle comunità locali, anche attraverso l'approccio Leader.

In particolare, uno dei macro-temi del PSR della Regione Emilia-Romagna, macro tema ambiente e clima, promuove la sostenibilità ambientale dei processi produttivi quale elemento chiave per la valorizzazione delle produzioni, la tutela delle risorse naturali, l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici, nonché per la valorizzazione delle foreste e lo sviluppo delle agro-energie.

In particolare, per mitigare gli effetti dei mutamenti climatici, la Regione si propone di intervenire con la riduzione delle emissioni dovute ad attività agro-industriali e processi produttivi agricoli e zootecnici; l'aumento del sequestro del carbonio, attraverso la salvaguardia del patrimonio forestale e Risorse Ambiente-clima alla promozione di nuovi impianti per produzioni legnose. Inoltre la Regione promuove l'uso razionale dell'acqua e lo sviluppo delle bioenergie, con utilizzo di sottoprodotti agricoli e agro-industriali.

Il macro tema ambiente e clima ha a disposizione 509,3 milioni di euro (pari al 42,8% del totale PSRr) per il finanziamento di oltre 1.000 progetti di investimento. Le risorse sono ripartite tra gli ambiti come riportato nel grafico: 74% Aiuti, 18% Investimenti, Innovazione 5%, Conoscenza 3%.

La destinazione delle risorse così come la definizione del macro tema ambiente e clima, dimostrano la sensibilità e l'impegno della Regione Emilia-Romagna nei confronti del tema del cambiamento climatico. Infatti, nel 2015 la Regione ha sottoscritto il 'Subnational global climate leadership memorandum of understanding', protocollo internazionale per il controllo delle emissioni noto come Under 2 Mou, stilato in preparazione della XXI Conferenza delle Parti sul cambiamento climatico (COP21).

CAPITOLO 2 – IL CAMBIAMENTO CLIMATICO NEL SISTEMA AGRICOLO E VITIVINICOLO: impatti e adattamenti

È ormai riconosciuto che i cambiamenti climatici e gli impatti sulle risorse idriche e i sistemi agricoli sono tra le questioni più urgenti che l'umanità si trovi ad affrontare nel presente e negli anni a venire. La relazione inversa tra una popolazione in rapida crescita e la diminuzione delle risorse globali pone la necessità di comprendere a fondo e prevedere l'impatto dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi e mettere a punto politiche lungimiranti per le strategie di adattamento e mitigazione.

Questo capitolo si prefigge l'obiettivo di analizzare nel dettaglio la letteratura scientifica che studia la stretta relazione tra cambiamento climatico e l'agricoltura, con particolare attenzione destinata agli impatti del cambiamento climatico nel settore vitivinicolo.

A fronte della molteplicità degli effetti, prevalentemente negativi, previsti per le aree tradizionalmente a vocazione vitivinicola, l'ultima parte del capitolo si concentra sull'importanza dell'adattamento dei settori agricolo e vitivinicolo, riportando nel dettaglio le principali pratiche e strategie di adattamento che i produttori hanno a disposizione.

2.1 I cambiamenti climatici e il sistema agricolo

Gli effetti del cambiamento climatico e le strategie umane per affrontarli sono complesse e incerte. L'agricoltura e il cambiamento climatico sono strettamente connessi: da un lato, il cambiamento climatico genera effetti sull'agricoltura, in termini di variazioni delle componenti ambientali, dall'altro, l'attività agricola contribuisce al cambiamento climatico in termini di emissioni di GHG, rilasciando significative quantità di CO₂, CH₄ e N₂O (Cole, 1997; IPCC 2001; Paustian et al., 2004). Infatti, l'agricoltura rappresenta il quarto settore che maggiormente contribuisce alle emissioni di GHG in atmosfera (10-12%) (Wreford, et al., 2010) contribuendo con una quota che varia tra i 5.1 e i 6.1 GtCO₂ eq/yr nel 2005 (Metz et al., 2007). In Europa l'agricoltura contribuiva al 10 % delle emissioni di gas serra nel 2012 (EEA, 2015).

È vero anche, però, che l'agricoltura, in parte, gioca un ruolo nel sequestro di GHG, soprattutto rispetto al carbonio organico nel suolo (Marras et al., 2015). Quest'ultimo, sostenuto da particolari tecniche agronomiche, potrebbe rappresentare uno dei fattori potenzialmente più importanti come contributo dell'agricoltura alla riduzione della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera ed alla mitigazione dei cambiamenti climatici. L'agricoltura può, quindi, mitigare i suoi impatti¹², in termini

¹² Per quanto riguarda la mitigazione, nel Quinto rapporto dell'IPCC (AR5), l'agricoltura è accorpata alle "Foreste ed Altri Usi del Territorio", a formare il macro-settore "AFOLU". Il settore AFOLU ha un ruolo centrale per la sicurezza alimentare e lo sviluppo sostenibile. Le opzioni di mitigazione più redditizie in agricoltura sono la gestione terreni coltivati, la gestione dei pascoli e il ripristino dei terreni organici. Il potenziale economico delle misure di mitigazione dal lato dell'offerta è stimato in 7,2-11 GtCO₂eq/anno25 nel 2030 per gli sforzi di mitigazione coerenti con prezzi²⁶ del carbonio fino a 100 USD/tCO₂eq, circa un terzo dei quali può essere raggiunto ad un prezzo <20 USD/tCO₂eq (IPCC, 2015).

di riduzione delle emissioni e aumento della capacità di sequestro dei GHG. Inoltre, una diminuzione significativa del numero dei capi di bestiame, un più efficiente ricorso ai fertilizzanti e una migliore gestione del letame hanno contribuito alla riduzione delle emissioni provenienti dalla UE del 24 % tra il 1990 e il 2012 (EEA, 2015). Tuttavia, nel resto del mondo l'agricoltura si sta muovendo nella direzione opposta: infatti, tra il 2001 e il 2011, le emissioni globali provenienti dall'agricoltura e dal bestiame sono cresciute del 14 %. Tale aumento ha avuto luogo in molti paesi in via di sviluppo, a causa dell'accrescimento della produzione agricola complessiva. Questo fenomeno è stato innescato da una maggiore domanda di prodotti alimentari e da modifiche nelle dinamiche di consumo del cibo, riconducibili a un aumento del reddito in alcuni paesi in via di sviluppo (EEA, 2015).

D'altro canto, però, l'agricoltura deve anche adattarsi agli effetti che agiscono in maniera negativa sulla quantità e qualità delle produzioni agricole. Infatti, il cambiamento climatico altera le produzioni vegetali e animali, i bilanci idrologici, e condizioni fitosanitarie, le forniture di materiale e tutti gli altri componenti dei sistemi agricoli.

Considerando che l'agricoltura ricopre solo una piccola parte del prodotto interno lordo (PIL) in Europa, si ritiene che la vulnerabilità complessiva dell'economia agricola europea ai cambiamenti sia bassa (EEA, 2006). Tuttavia, l'agricoltura svolge un ruolo fondamentale sia in termini di superficie occupata (la copertura dei terreni agricoli e forestali rappresenta circa il 90% dell'intera superficie dell'UE) sia di popolazione rurale e reddito. Gli indicatori economici sono, infatti, in parte legati alla resa totale ed ai prezzi di mercato, nonché ad altri fattori, quali ad esempio i sussidi, il costo del lavoro e della produzione, la modifica generale dei prezzi, l'efficienza e la produttività, lo sviluppo tecnologico, la domanda dei consumatori e lo sviluppo socio-economico.

Studi attuali confermano che, mentre le colture dovrebbero rispondere positivamente ad elevata CO₂ in assenza di cambiamenti climatici (Kimball et al. 2002; Jablonski et al. 2002; Ainsworth & Long 2005), gli impatti associati alle alte temperature, a fenomeni alterati di precipitazione e alla maggiore frequenza di eventi estremi, influiscono nella diminuzione dei rendimenti e nell'incremento dei rischi di produzione in molte regioni del mondo, allargando il divario tra paesi ricchi e poveri (IPCC, 2001a, b; Fischer et al. 2005).

Il cambiamento climatico può inoltre modificare il tipo, le frequenze, la disponibilità e tempi di approvvigionamento idrico di irrigazione e accentuare i fenomeni di erosione del suolo e l'intensità di vari parassiti vegetali e animali. In Europa, i futuri impatti dei cambiamenti climatici sull'agricoltura possono essere generalizzati parlando di un movimento verso nord delle colture idonee, con una maggiore produttività in Nord Europa e un calo della produttività in Europa meridionale (Olesen et al. 2002; Maracchi et al. 2005; Olesen 2005; Falloon & Betts 2010). L'intensità degli impatti sarà infatti riscontrata maggiormente alle medio-alte latitudini ed in maniera minore nelle regioni tropicali (Easterling et al., 2007). Infatti, nell'Europa settentrionale la produttività agricola potrebbe aumentare grazie al prolungamento della stagione vegetativa e del periodo in cui il suolo è libero dai ghiacci. Le temperature più elevate e le stagioni vegetative più lunghe potrebbero anche consentire la coltivazione di nuovi prodotti. Nell'Europa meridionale, tuttavia, le ondate di calore estremo e la riduzione delle precipitazioni e dell'acqua disponibile

influiranno negativamente sulla produttività agricola. Si prevede che la produzione agricola sarà inoltre sempre più variabile di anno in anno, a causa di eventi meteorologici estremi e di altri fattori quali la diffusione di parassiti e malattie (EEA, 2015).

In due studi pubblicati di recente dalla rivista *Agricultural Water Management*, un gruppo di scienziati cerca di far luce sugli impatti dei cambiamenti climatici sull'agricoltura dell'area mediterranea. In particolare, Tanasijevic et al. (2014) analizzano i potenziali impatti del cambiamento climatico sulla crescita dell'olivo, prendendo in esame le possibili alterazioni cui possono andare incontro le aree coltivate, i principali eventi del ciclo vitale delle piante (date fenologiche) e altri parametri come l'evapotraspirazione e le esigenze d'irrigazione delle colture. I risultati evidenziano come le aree coltivabili adatte alla crescita dell'olivo potrebbero estendersi del 25% nell'arco di 50 anni, mentre è previsto un aumento dell'evapotraspirazione e dei consumi di acqua per l'irrigazione (rispettivamente, dell'8% e del 18,5%) in tutto il Mediterraneo. In futuro, la coltivazione dell'olivo sfruttando le sole precipitazioni potrebbe non essere più praticabile.

Invece, Saadi et al. (2015) studiano gli impatti sul pomodoro e sul grano (in particolare, sul grano seminato nel tardo autunno – winter wheat) dimostrando che gli impatti dei cambiamenti climatici sono in questo caso assai variabili a seconda delle diverse varietà coltivate e delle diverse regioni prese in esame; nuove aree coltivabili potrebbero in particolare estendersi soprattutto nei Paesi del nord Europa, mentre gli impatti causati dalla prevista riduzione delle precipitazioni sembrano interessare soprattutto le colture invernali – primaverili. Ad esempio, il prolungato periodo di siccità in Finlandia nel 2002/2003 ha provocato una perdita media di 100 milioni di euro rispetto agli anni precedenti e l'acqua doveva essere trasportata in cisterne per più di 1100 aziende agricole (EU, 2007).

Anche il bestiame può essere influenzato dal cambiamento climatico attraverso effetti diretti sulla salute degli animali, la riproduzione e la crescita, e da effetti indiretti, come gli impatti sulla produttività delle colture foraggere e pascoli (Maracchi et al., 2005).

I beni alimentari provenienti dal suolo non sono i soli ad essere influenzati dal cambiamento climatico. La distribuzione di alcune risorse ittiche si è già modificata nell'area dell'Atlantico nord-orientale, con conseguenze sulle comunità che basano la propria filiera alimentare proprio sul consumo di pesce. Oltre a favorire l'aumento dei traffici marittimi, l'innalzamento della temperatura dell'acqua può agevolare l'insediamento di specie marine invasive, con il conseguente collasso delle risorse ittiche locali (EEA, 2015).

Considerato l'aumento della popolazione previsto e la conseguente crescita della domanda globale di cibo, che potrebbe aumentare anche del 70 % nei prossimi decenni (EEA, 2015), risulta necessario interrogarsi sulla relazione tra agricoltura e ambiente. Questo complesso problema richiede l'adozione di politiche coerenti e integrate per affrontare i temi del cambiamento climatico, dell'energia e della sicurezza alimentare. Da un lato l'intero sistema alimentare deve trasformarsi per divenire più razionale dal punto di vista delle risorse; dall'altro, occorre lavorare costantemente per ridurre gli impatti ambientali e adattarsi ai cambiamenti climatici in atto. È necessario quindi aumentare la produttività e la biodiversità in agricoltura e, al tempo stesso, ridurre la dipendenza da

fertilizzanti chimici, gli sprechi di cibo e il consumo di beni alimentari che, come la carne, comportano uno sfruttamento intensivo di risorse e la produzione di gas serra.

2.2 I cambiamenti climatici e il sistema vitivinicolo

Se l'agricoltura rappresenta il quarto settore in termini di contributo di GHG globali (14%), l'industria vitivinicola rappresenta uno dei settori economicamente più importanti a livello mondiale e, come tale, concorre all'emissione di gas climalteranti. Il processo di produzione del vino può essere suddiviso in due fasi, quella agricola e quella industriale. Nella fase agricola, emissioni di gas serra sono principalmente associate alle pratiche di piantagione della vigna, pre-produzione e produzione finale dell'uva, mentre la fase industriale comprende la vinificazione, l'imbottigliamento, il confezionamento, la distribuzione ed i processi di gestione dei rifiuti (Bosco, di Bene, et al. 2011). Ad oggi esistono numerosi studi che hanno analizzato le emissioni di GHG e l'impronta di carbonio nelle diverse fasi dell'industria vitivinicola (Marras et al., 2015; Notarnicola et al., 2003; Aranda et al. 2005; Ardente et al. 2006; Petti et al., 2006; Gazulla et al., 2010; Vázquez-Rowe et al., 2012; Neto et al., 2013; Colman & Paster, 2007; Smyth & Russell, 2009; Cholette & Venkat, 2009; CSWA, 2009; Smart et al., 2009; Pattara et al., 2012; Vázquez-Rowe et al., 2013) dai quali emerge che la fase agricola che sta alla base del processo di produzione del vino contribuisce tra il 17% (Rugani et al., 2013) e oltre il 40% (Benedetto, 2013; Neto et al., 2013) delle emissioni di GHG e che l'uso di pesticidi, fertilizzanti ed il consumo di diesel per le pratiche di vigneto sono le principali fonti di emissioni di gas serra all'interno della catena di produzione (Niccolucci et al., 2008; Pizzigallo et al., 2008; Bosco et al., 2011; Point et al., 2012; Benedetto, 2013; Rugani et al., 2013; Fusi et al., 2014).

L'industria vitivinicola, come le altre produzioni agricole, contribuisce però anche al sequestro di CO₂ dall'atmosfera, svolgendo quindi un'azione mitigatrice al cambiamento climatico. Marras et al. (2015) confermano che i processi fisiologici della vite, i filari e il suolo concorrono al sequestro del carbonio rilasciato durante l'anno. La misurazione degli scambi di carbonio calcolata tramite la Eddy Covariance (NEE) ha rivelato che la vigna è in grado di accumulare, su scala annuale, 0,7151 kg CO₂ per kg di resa di uva.

Emerge quindi chiara la stretta relazione che esiste tra l'industria vitivinicola e le componenti ambientali che la circondano, in particolare negli ultimi decenni la viticoltura moderna ha sottolineato l'importanza del concetto di Ecosistema Vitivinicolo Naturale inteso come frutto delle interazioni fra tre fattori:

- clima
- terreno
- entità biologica

Senz'altro il vitigno è il più importante dei fattori dell'ecosistema e la sua risposta dipende direttamente dal fattore clima, soprattutto quando quest'ultimo è un fattore limitante. Infatti, la

vite (*Vitis vinifera L.*), come tutte le colture permanenti, è estremamente sensibile ai cambiamenti climatici in quanto la piena produzione non viene raggiunta prima dei cinque o sei anni dopo l'impianto (Cooper et al., 2012), poi però rimane economicamente produttiva per periodo di circa 30 anni (Bindi & Howden, 2004; Zhu et al., 2014). In questo arco di tempo il clima può subire variazioni significative. La resa e la qualità del vino prodotto dalla vite dipendono in gran parte dalle condizioni atmosferiche che si manifestano durante la stagione di crescita (Jones & Davis, 2000; van Leeuwen et al., 2004; Urhausen et al., 2011).

Ad esempio, la radiazione solare, la temperatura, il suolo, le precipitazioni e la concentrazione della CO₂ sono i fattori che agiscono sulla fenologia ed influenzano lo sviluppo della vite. In particolare, gli **effetti** che i fattori ambientali hanno sulla vite e sul vino sono riassunti di seguito:

1. **la radiazione solare influenza:**

- la fotosintesi: il primo impatto che la radiazione solare ha sulla vite è quello dell'attivazione della fotosintesi
- lo sviluppo e la crescita della vite, infatti, la crescita e lo sviluppo del germoglio aumentano con l'aumentare della durata del giorno
- la formazione dell'infiorescenza: la luce influenza l'iniziazione floreale, cioè la formazione dei primordi dell'infiorescenza, nelle gemme latenti, che acquisiranno così la loro fertilità

2. **la temperatura dell'aria** ha effetti sia a livello di pianta sia di grappolo ed influenza:

- lo sviluppo delle gemme che è la conseguenza degli effetti cumulativi dell'influenza della temperatura diurna d'inverno e all'inizio della primavera. Sono necessari minimo sette giorni con temperatura minima inferiore a 10°C (Pouget, 1963), seguiti da un aumento graduale della temperatura in primavera per consentire il corretto sviluppo delle gemme
- lo sviluppo dei fiori: a basse temperature si verifica un numero di fiori maggiore ma un numero d'infiorescenze minore (*e-viticlimate*, 2013)
- la fotosintesi: ogni varietà ha la sua temperatura ottimale (intorno ai 25°C) che consente l'attività massima della fotosintesi, ma che non è costante durante tutto il periodo vegetativo. Infatti, nei mesi di maggio, giugno e luglio essa varia tra i 25°C ed i 32°C, mentre a partire dal mese di settembre varia tra i 20°C ed i 25° (Dobrev et al., 1981)
- la maturazione dell'uva
- lo sviluppo dei composti fenolici delle bacche: la produzione dei vini rossi di colore ottimale per una certa varietà risulta difficoltoso con condizioni climatiche particolarmente fredde o calde
- L'acidità delle bacche: il contenuto di acido malico nei grappoli è particolarmente sensibile al calore, il quale favorisce la sua decomposizione, a differenza dell'acido tartarico che risulta stabile rispetto alle condizioni di temperatura

3. **Il contenuto di CO₂ nell'atmosfera:** esiste una correlazione positiva tra l'intensità della fotosintesi ed il livello di CO₂ nell'atmosfera fino ai 500-700 ppm (*e-viticlimate*, 2013)

4. **La risorsa idrica influenza:**

- Le reazioni biochimiche, quali la fotosintesi, che può comunque essere mantenuta attiva anche in condizioni di carenza idrica (Kriedemann & Smart, 1971)
 - La funzione trasportatrice: l'acqua trasporta, all'interno della pianta, i prodotti sintetizzati
 - L'evapotraspirazione: l'acqua regola l'apertura degli stomi e di conseguenza la traspirazione delle foglie. Per questo motivo e grazie all'evaporazione la pianta viene protetta dal surriscaldamento
5. Le **caratteristiche del suolo** hanno effetti diretti sulle proprietà dell'uva e, di conseguenza, del vino: le proprietà dell'uva sono direttamente influenzate dalle differenze agronomiche dei terreni (argillosi, calcarei, sabbiosi ecc.), dalla caratterizzazione dei depositi e dai luoghi di produzioni (*terroir*) (Vedel, 1948)

Le relazioni tra le variabili climatiche e la vite rappresentano l'interazione fondamentale per la produzione del vino ma il cambiamento climatico a cui stiamo assistendo oggi, e che si intensificherà nei prossimi anni, sta modificando questa relazione naturale. Ad esempio, variazioni importanti di temperatura possono influenzare la qualità e la disponibilità di uva in almeno tre modi (Jones et al., 2005). In primo luogo, una temperatura superiore a 10° C per un prolungato periodo di tempo avvia la crescita vegetativa tipica del periodo primaverile e, quindi, determina l'inizio della stagione di crescita (Mullins et al., 1992). In secondo luogo, durante la fioritura e durante la crescita degli acini, picchi di calore estremi possono causare: l'invasatura precoce (cambiamento di colore e l'inizio dell'accumulo degli zuccheri), la mortalità dell'uva per abscissione (distaccamento), l'inattivazione dell'enzima e il fallimento parziale o totale della maturazione del sapore (Mullins et al., 1992). In terzo luogo, durante la fase di maturazione, l'elevata temperatura diurna può portare alla sintesi di tannini, zuccheri e aromi (Gladstones, 1992).

Ancora, temperature registrate oltre i 30-35°C, ad esempio, in presenza di vento caldo e asciutto, possono scottare foglie e grappoli, danneggiando la qualità dell'uva prodotta (Spano et al., 2008), così come temperature inferiori ai -18°C durante l'inverno possono portare alla morte delle gemme. Anche il vento, i fulmini, le alluvioni, la grandine e le brinate successive al germogliamento, possono essere molto rischiose e possono inibire la pianta al raccolto.

Oltre questi fattori, la variazione nella disponibilità della risorsa idrica gioca un ruolo fondamentale nel settore della viticoltura. Il bilancio idrico della vite è determinato principalmente da un insieme di fattori, quali le precipitazioni locali (pioggia, neve), l'umidità atmosferica e la capacità di ritenzione idrica del suolo (Gladstones, 1992; Jones, 2012), così come dall'efficienza dell'uso dell'acqua (WUE) da parte della pianta (Webb et al., 2011). La quantità complessiva e la distribuzione delle precipitazioni annue nel corso della stagione di crescita sono variabili cruciali quando non si prevede un sistema di irrigazione, come nel caso di quasi tutta l'Europa. Quando, invece, i vitigni sono irrigati, come in quasi tutte le regioni della West Coast degli Stati Uniti, l'approvvigionamento idrico può essere ottimizzato e adattato alle esigenze della pianta. In generale, mentre piogge abbondanti durante l'inverno e la prima fase vegetative sono vantaggiose, precipitazioni continue durante la fase della fioritura e della maturazione sono ritenute dannose (Ashenfelter and Storchmann, 2014).

La pioggia può rappresentare un rischio per la viticoltura perché:

- Può creare le condizioni favorevoli per la proliferazione di alcuni parassiti della vite, specialmente attraverso le nebbie delle malattie
- Forti precipitazioni possono causare inondazioni
- Le precipitazioni possono contribuire all'erosione del suolo
- In combinazione con temperature fredde possono portare a una riduzione del numero delle infiorescenze e alla formazione di piccoli acini senza semi (acinellatura).

Quindi, i principali **impatti** che influenzano la produzione del vino in termini di qualità, produttività, componente fitoparassitaria, *terroir*, performance aziendali e mercato possono essere schematizzati come segue:

1. **L'aumento della temperatura** porta all'anticipo delle fasi fenologiche che può comportare:
 - a) Un germogliamento precoce con conseguente aumento del rischio di brinate durante la fase della fioritura, quindi colatura ed acinellatura e riduzione della quantità dell'uva
 - b) Se l'aumento delle temperature avviene durante la fase di maturazione (di notte > 18°) si assiste ad una maturazione precoce che può comportare la modificazione della sintesi di polifenoli e il conseguente cambiamento del profilo aromatico, oppure l'aumento del grado alcolico e riduzione dell'acidità e conseguente squilibrio del contenuto alcolico/acido. In entrambi i casi si assiste alla riduzione della qualità dell'uva, ad uno squilibrio del processo di invecchiamento e delle caratteristiche specifiche del vino, nonché sulla qualità, sulle caratteristiche e sul prezzo del vino
2. **L'aumento dei livelli di CO₂ nell'atmosfera** comporta l'aumento della fotosintesi del 30% e l'aumento della crescita vegetativa
3. **Le variazioni nella distribuzione delle piogge** comporta:
 - a) La perdita dei grappoli a causa del danneggiamento e deterioramento delle uve nel caso in cui le piogge si concentrino nei mesi di agosto e settembre, con conseguente riduzione della quantità dell'uva
 - b) La carenza di acqua in certe Regioni a vocazione vitivinicola che, in concomitanza con l'aumento delle temperature durante la fase di maturazione (di notte > 18°) e giorni con temperature > 35°C, comportano l'essiccazione e la caduta delle foglie
4. L'aumento nella frequenza e nell'intensità di **eventi estremi**, quali, vento, alluvioni, grandine ecc., comportano impatti fortemente negativi per la vite. In particolare:
 - Il **vento** può comportare diversi tipi di impatti:
 - a) Impatto meccanico: il vento aumenta l'evaporazione potenziale, per questo anche lo stress idrico. Potrebbe anche strappare il tessuto delle foglie, i turoni giovani oppure tutto il sistema dei cordoni. Il vento, però, durante la notte, limita il raffreddamento della superficie del terreno. Se i fenomeni ventosi sono di breve durata si può assistere ad una perdita del raccolto, se i rami con i grappoli si sono rotti, oppure, se il vento è di media durata l'integrità delle

gemme potrebbe venire compromessa, i tralci possono essere danneggiati e rimanere esposti a possibili malattie del legno

- b) **Impatto sulle patologie:** Il vento asciuga l'aria bloccando i rischi di malattie crittogamiche sulle foglie e sui grappoli. Il vento però favorisce la trasmissione delle spore micotiche a piccole o medie distanze come quelle dell'Eutipiosi (malattia del legno causata da un fungo ascomicete, *Eutypa lata*) che possono essere trasportate ad una distanza di 60 km
- c) Può ostacolare la distribuzione dei fitofarmaci
- **I fulmini** possono danneggiare i tralci comportando danni, localizzabili a cerchio, che possono estendersi lungo i filari quando le viti sono legate ai fili di ferro
- Le **alluvioni** possono causare asfissia delle radici ed erodere il suolo, il cui danno più grave da un punto di vista ambientale per l'agrosistema risiede nella graduale e costante asportazione dello strato superficiale che, oltre a determinare una diminuzione della fertilità agronomica, causa un progressivo scalzamento degli apparati radicali, costretti così ad approfondirsi per disporre del volume di suolo necessario per le loro esigenze.
- **Caldo e Siccità** possono portare a:
 - a) **Appassimento:** la siccità comporta una grave disidratazione del vigneto, seguita dall'arresto della circolazione della linfa che causa prima lo sbilanciamento idrico e poi l'appassimento della pianta
 - b) **Disseccamento:** a temperature superiori a 30-40°C si verifica il fenomeno del disseccamento. La parte fogliare esposta al sole si brucia e nei grappoli si può osservare una riduzione delle parti verdi e modifiche delle cellule della pellicola durante il periodo della maturazione
- La **grandine** rappresenta uno dei maggiori problemi che i viticoltori si trovano ad affrontare e l'entità dei suoi impatti varia in relazione al fatto se si tratta di una grandinata precoce (prima della fioritura) o tardiva (nel periodo estivo):
 - a) Una grandinata precoce comporta la rottura a livello dei nodi nonché danneggiamenti che riguardano tutti gli organi verdi. Si possono verificare lesioni del tessuto delle foglie e i tralci vengono danneggiati più o meno in profondità, a volte fino al midollo. Possono essere fortemente danneggiati anche i fiori. Spesso si verifica quindi un calo significativo sia della produzione sia della qualità del raccolto.
 - b) Una grandinata tardiva comporta gravi danni non solo per il raccolto ma può anche per il tronco. Le foglie vengono strappate e la conseguente riduzione della superficie fogliare blocca il processo di maturazione e lignificazione. I chicchi di grandine possono distruggere le gemme. I grappoli possono essere privati degli acini e danneggiati e le conseguenze possono ripercuotersi anche per il raccolto dell'anno successivo. I germogli che si riprendono dopo la grandine hanno una crescita limitata e i tralci e i grappoli vengono attaccati quasi subito dal marciume bianco.

- Le **gelate**, come la grandine, danneggia la produzione del vino in relazione al fatto se siano gelate autunnali, invernali o primaverili:
 - a) Gelate autunnali: con temperature pari a -2,5 °C le foglie si seccano e cadono, i germogli non lignificano bene e, se la raccolta dei grappoli non è terminata, il congelamento del picciolo provoca la caduta dei grappoli. A -3,5°C il picciolo si congelato si secca favorendo il marciume grigio. A -6°C il limbo di alcuni germogli può essere parzialmente distrutto, nonché quello di alcune gemme.
 - b) Gelate invernali: quando la temperatura è inferiore ai -15°C fino a -18°C le gemme ed il limbo dei turioni e successivamente anche i rami ed i tronchi possono essere colpiti.
 - c) Gelate primaverili: i germogli già sviluppati assumono un aspetto cespuglioso. Nella migliore delle ipotesi le gemme ed i tralci congelati vengono sostituiti da formazioni secondarie originari della stessa gemma.

Il rapporto unico che lega vino e clima, lo rende il soggetto ideale per lo studio del cambiamento climatico. Il settore vitivinicolo, infatti, si basa interamente sulla ricerca del microclima perfetto, quindi è un ottimo soggetto per osservare gli effetti sulla conservazione della biodiversità in relazione all'agricoltura e alle variazioni climatiche. I viticoltori hanno, quindi, la capacità di soddisfare le esigenze di qualità ed ecosostenibilità, ma, alla luce dei cambiamenti previste, è necessario approfondire gli studi e identificare strumenti di supporto. Esistono già esempi di pianificazioni e azioni collettive: in Cile, per esempio, è stato avviato un programma di salvaguardia della biodiversità in relazione al vino e ai cambiamenti climatici; altre iniziative simili esistono in California e in Sudafrica.

2.2.1 Impatti sulla qualità delle produzioni

È ormai ampiamente dimostrato da numerose ricerche che si occupano di cambiamento climatico in viticoltura che vini di alta qualità¹³ sono generalmente associati a basse entità di danni causati dal gelo in inverni miti, germogliamento precoce, fioritura e sviluppo durante primavera calde e maturazione ottimale con temperatura estiva a bassa variabilità (Jones & Davis, 2000; Nemani et al., 2001).

I tre fattori principali che comportano la maggior variazione nella qualità del vino sono: 1) gli indici di calore o temperatura, 2) il range diurno e minimo di temperatura estiva e 3) le variabili estive di precipitazioni e continentalità (Webb et al., 2008a). Ad esempio, per le varietà di Shiraz e Cabernet Sauvignon, è prevista una significativa relazione inversa tra la temperatura media di gennaio

¹³ Quando si fa riferimento alla qualità del vino bisogna considerare la difficoltà nell'attribuire una definizione unisona a tale concetto, visto la sua connotazione soggettiva. Sono stati adottati differenti approcci in letteratura per definire il concetto di qualità del vino, ad esempio utilizzando il Vintage Rating derivante da pubblicazioni su scala globale come Sotheby (Nemani et al., 2001; Jones et al., 2005), *Wine Enthusiast* (Jones et al., 2005) e *Wine Spectator* (Jones & Goodrich 2008) scala viticola di qualità regionale (Jones & Davis, 2000; Esteves & Orgaz, 2001), e il sistema di denominazione nazionale (Rodo & Comin, 2000).

(estate) e tutte le variabili di qualità (Webb et al., 2008a). Nonostante appaia che l'aumento della qualità a causa di favorevoli condizioni elio-termale è attesa per numerose varietà in molte regioni (Becker, 2003), gli effetti del cambiamento climatico comportano sulla vite una riduzione della finestra ottimale per il raccolto di vini di alta qualità, una variazione nel succedersi degli eventi fenologici, la modifica dei luoghi adatti per alcune varietà e una diversa gestione delle risorse idriche (Jones, 2007).

Variazioni anche piccole della temperatura stagionale "possono fare la differenza tra una vendemmia scarsa, buona o eccellente (...) temperature più fredde del normale possono portare a maturazione incompleta con alti livelli di acidità, basso contenuto di zucchero, aromi acerbi, mentre temperature più calde del normale danno origine a frutti maturi con bassa acidità, alto livello di zucchero e alcol e sapori bruciati (*cooked*) (Santisi, 2011)".

Un aumento della temperatura comporta quindi una drammatica variazione della stagione di crescita, modificando il tradizionale modello di sviluppo verso i processi di fioritura, invaiatura (cioè, l'insorgenza della maturazione e il cambiamento di colore della bacca) e raccolta anticipate. L'invaiatura precoce, ad esempio, può portare ad una variazione dei tempi critici di maturazione, che coincideranno con la parte più calda della stagione (Keller, 2010).

Durante l'invaiatura e la maturazione, la temperatura influisce su contenuto di zucchero, acidità, colore e sapore delle bacche (Amerine & Winkler, 1944; Winkler et al. 1974; Gladstones, 1992; Jones et al., 2012). In generale, le conseguenze dell'aumento della temperatura sulla chimica dell'uva sono considerevoli: maggiore concentrazione di zucchero nel frutto e una minor concentrazione del livello di acidità (in particolare dell'acido malico), di antociani e methoxypyrazine. Questo determina le caratteristiche, l'equilibrio e il potenziale alcolico del vino. Basse quantità di acido malico, soprattutto nelle uve bianche che non subiscono la fermentazione malolattica, possono rendere necessaria l'aggiunta di acido tartarico per migliorare la morbidezza e stabilità microbica (Keller, 2010). Bassi livelli di antociani riducono il "potenziale di colore" nei vini rossi. È però riscontrabile anche un aspetto positivo: le temperature più calde tendono a inibire l'accumulo di pirazina e migliorare la loro degradazione, e l'incremento della temperatura media durante la stagione di crescita dovrebbe diminuire la probabilità di produrre vini con aromi floreali (Keller, 2010).

Sadras et al., (2012) hanno confermato l'influenza della temperatura sull'acidità e sulla concentrazione di zucchero in un esperimento in campo. Dal momento che gli effetti della temperatura sono spesso confusi con altri fattori climatici, Sadras et al. (2012) hanno isolato gli effetti della temperatura confrontando il frutto della vite soggetto ad un aumento della temperatura con quelli di un gruppo di controllo standard. I risultati dello studio dimostrano che temperature elevate accelerano lo sviluppo, aumentano la plasticità fenotipica della conduttanza stomatica e riducono l'acidità titolata nelle bacche di Shiraz australiano.

Un sostanziale aumento del contenuto di zuccheri nelle uve da vino californiane (misurata in Brix) è stato riscontrato Alston et al. (2011). Dal 1980 al 2005, i livelli Brix sono aumentati in media del 0,23% l'anno; questo aumento è due volte più elevato sia per le uve rosse che per quelle bianche.

Nella loro analisi econometrica, Alston et al. (2011) dimostrano che l'aumento delle temperature ha contribuito ad aumentare il livello di zucchero, così come il contenuto alcolico.

Inoltre, le elevate temperature possono inattivare, o irreversibilmente distruggere, l'attività enzimatica (Kliewer, 1977a) finalizzata all'ammorbidente fisico delle bacche e, soprattutto, contribuire all'accumulo di sapori, aromi e pigmenti durante un processo chiamato "maturazione del sapore". Così, a temperature estremamente calde, il metabolismo della vite può essere inibito e può influenzare negativamente l'aroma del vino ed il suo colore (Mira de Orduña, 2010).

Oltre all'aumento della temperatura, la qualità è influenzata anche dalle fluttuazioni a breve termine, come variazioni diurne (l'intervallo tra il giorno e la notte) e fluttuazioni giornaliere estreme all'interno di una stagione. In generale si ritiene che una bassa variabilità della temperatura diurna sia favorevole al processo di maturazione e alla colorazione (Gladstones, 1992; Kliewer & Torres, 1972). Tuttavia, nelle regioni vitivinicole molto calde, una più ampia variazione diurna può aiutare a proteggere l'uva contro il calore nocivo durante il giorno (Robinson, 2006).

Anche variazione di Ph (Sadras et al., 2013) e maggiori concentrazioni di CO₂ (Tate, 2001; Schultz, 2010) possono influenzare la qualità del vino.

Oggigiorno è possibile prevedere gli effetti dei cambiamenti climatici in diverse aree geografiche, a partire dalla stretta relazione tra il clima e la qualità del vino, simulando cambiamenti climatici futuri e utilizzando gli strumenti adeguati per valutare la qualità come il Vintage Raiting.

Ad esempio, Storchmann (2005) prende in esame le condizioni climatiche (temperatura e precipitazioni) che determinano la qualità del vino per l'azienda vitivinicola Schloss Johannisberg nella regione tedesca di Rheingau, tra il 1700 e il 2003, dimostrando che il riscaldamento passato ha migliorato la qualità dei vini di Rheingau.

Jones et al. (2005) sostengono, infatti, che il cambiamento climatico agisce in maniera eterogenea sulle diverse varietà e nelle diverse regioni, dimostrando che l'aumento della temperatura previsto per i prossimi anni potrebbe non essere un vantaggio, in termini di qualità delle produzioni vinicole, in tutte le regioni europee. Il Sud Europa ad esempio potrebbe diventare talmente caldo da non permettere più una produzione di vino di alta qualità. Lo studio esamina i cambiamenti osservati nella temperatura delle stagioni di crescita, la variazione e le tendenze nel Vintage Raiting (Sotheby e Wine Entusiast) in 27 regioni vinicole e dimostra che, dal 1950-1999, le temperature delle stagioni di crescita nelle regioni che producono vino di alta qualità sono aumentate di 1.26°C e che, mentre la tendenza ad una migliore qualità può essere senza dubbio attribuita alla scelta di adeguate pratiche viticole ed enologiche, nella maggior parte delle regioni, le variazioni climatiche incidono di anno in anno sulle variazioni e tendenze della qualità dell'annata.

2.2.2 Impatti sulla produttività

È da decenni risaputo che la variabilità climatica regionale ha un effetto sulla produttività dei vigneti (Agosta et al., 2012). Un recente studio pubblicato negli Atti della National Academy of Sciences prevede fino a un possibile calo 85% nella produzione di vino in alcune parti del mondo entro il 2050 a causa dei cambiamenti climatici, con praticamente nessuna regione vitivinicola al mondo a rimanere inalterata (Hannah et al. 2013). Il lavoro di Hannah et al. (2013) suggerisce che, a causa di aumento delle temperature, a Bordeaux (Francia) e in Toscana (Italia), potrebbe verificarsi, entro il 2050, un calo della produzione di vino del 85%; in California, la percentuale si aggira attorno al 70%; in Sud Africa, al 55% e in Cile, la cifra è del 40%. Lo studio, però, non evidenzia prove che suggeriscano che i cambiamenti climatici incideranno sulla produzione di vino in Australia.

L'analisi svolta su Sangiovese e Cabernet Sauvignon da Bindi et al. (1996) rispetto al cambiamento climatico previsto per i prossimi anni in Italia ha rivelato che le condizioni più calde attese porteranno ad intervalli più brevi di crescita, ma anche ad aumenti di variabilità dei rendimenti. Kliewer (1977b) analizza diverse cultivar (ad esempio, Pinot nero, Cabernet Sauvignon) e mette a confronto il loro comportamento a diverse temperature (25°C, 30°C, 35°C e 40°C), dimostrando che tutte le varietà presentano un inferiore numero di frutti, fertilità degli ovuli e dimensioni delle bacche quando la temperatura supera i 25/200°C. Ciò suggerisce che il riscaldamento al di sopra di un *range* ottimale specifiche cultivar-specifico riduce i raccolti (Ashenfelter & Storchmann, 2014).

Anche Santos et al. (2011), correlando le variabili meteo climatiche con il livello di produttività (basso, normale o alto), hanno dimostrato che la produzione di vino nella valle del Douro in Portogallo è fortemente legata alle condizioni meteorologiche primaverili e di inizio estate che, in gran parte, determinano la produttività di una determinata epoca. I risultati mostrano che primavera fresche e piovose durante il germogliamento, sviluppo dell'infiorescenza tra febbraio e marzo e condizioni più calde del normale durante la fioritura e lo sviluppo delle bacche in maggio, tendono a favorire una maggiore produzione di vino.

In un altro studio, Adams et al. (2003) prevedono aumenti di resa del 90% entro il 2100 per le colture di uve da vino delle regioni costiere della California, ipotizzando un aumento di temperatura di 3°C e considerando la stimolazione derivante dall'aumento di CO₂. Senza la stimolazione della CO₂, l'aumento di resa previsto è del 65%. Invece, Lobell et al. (2006), che considerano i minimi delle temperature notturne a differenza di Adams et al., trovano molto probabile che il cambiamento climatico in California induca un decremento delle rese entro il 2050, in particolare per le colture di mandorle, noci, avocado e uva da tavola. Al contrario, il modello impostato coi dati della California dal 1980 al 2003 mostra medie di produzione relativamente stabili per uve da vino (senza incremento da CO₂). La differenza tra Adams et al. (2003) e Lobell et al. (2006) evidenzia effetti non lineari della temperatura sulla resa dei raccolti.

Bindi et al. (2001) hanno dimostrato una variazione del livello di produttività in relazione alla concentrazione della CO₂ verificando un sostanziale aumento dei rendimenti, della biomassa secca, dello zucchero e dei livelli di acidità in risposta a elevate concentrazioni di CO₂. Tuttavia, l'effetto marginale di ulteriori quantitativi di CO₂ diminuisce e si avvicina allo zero per livelli sufficientemente

elevati di CO₂ (500 mmol mol⁻¹). Risultati analoghi sono riportati da numerosi altri autori (Schultz, 2000; Kriedemann et al., 1976; Moutinho-Pereira et al., 2015).

Inoltre, analizzando l'impatto di livelli elevati di CO₂ in combinazione con temperature elevate e siccità moderata, Bindi et al. (1996) hanno trovato una significativa crescita nella variabilità del rendimento produttivo. Però, Bindi et al. (2005) non hanno identificato un incremento nell'assimilazione della CO₂ da parte della vite in condizioni secche di crescita. Quindi non è ad oggi ancora chiaro quali siano i reali effetti sulla qualità e sulla produttività del vino (Ashenfelter & Storchmann, 2014).

2.2.3 Impatti sul *Terroir*

Numerosi studi volti alla valutazione degli impatti del cambiamento climatico sul settore vitivinicolo sono stati condotti attraverso l'utilizzo di modelli climatici globali o regionali, con l'obiettivo di descrivere gli scenari climatici futuri in particolari regioni a vocazione vinicola. Tali scenari descrivono l'esposizione di specifiche regioni al cambiamento climatico e, anche attraverso l'utilizzo di appropriati modelli fenologici e fisiologici (Stock et al., 2005). Il cambiamento climatico impone verifiche sollecitate dai modelli climatici che determinano l'idoneità delle zone di produzione di specifiche tipologie di vino (Kenny & Harrison, 1992).

Nella classificazione climatica (semplificata) di Koppen-Geiger, i vitigni nel mondo si collocano in zone dal clima temperato (mediterraneo, umido ed oceanico subtropicale) ed umido continentale. In ogni caso, a prescindere da certe località estreme, la vite preferisce crescere solamente in alcune aree del mondo (dai 30 ai 50° di latitudine nell'Emisfero Nord e dai 30 ai 40° nell'Emisfero Sud) (Amerine et al., 1980). Risulta quindi legittimo porsi la domanda se un considerevole cambiamento climatico modificherà e in che misura le condizioni per la coltivazione, soprattutto in riferimento alla distribuzione dei vigneti ed alle caratteristiche del vino.

L'estensione attuale della viticoltura, calcolata come temperatura media durante la stagione di crescita, è meglio rappresentato tra i limiti dell'isoterma dal 12-13° ai 22-24° (Figura 8; aprile-ottobre nell'Emisfero settentrionale e Ottobre-Aprile nell'emisfero sud) (Jones et al., 2005; Jones & Webb, 2010). Le proiezioni al 2100 sono calcolate tramite lo scenario A1B (Schultz & Jones, 2010).

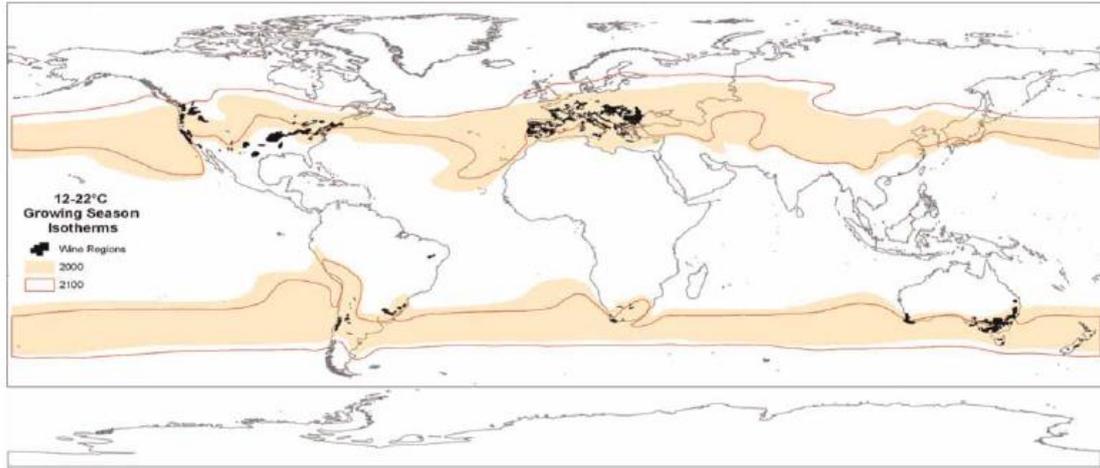


Figura 8 Mappa delle temperature durante le stagioni di crescita delle aree vitivinicole derivante dall'osservazione e dai modelli sviluppati da Community Climate System Model (CCSM)

Per classificare l'idoneità climatica di una località vinicola, sono stati sviluppati vari indici di accumulo termico, basati sul calcolo di somme termiche delle temperature medie giornaliere dell'aria superiori a 10 °C, limite al di sotto del quale lo sviluppo vegetativo risulterebbe inibito. Quello più comunemente usato è l'indice Winkler, sviluppato da Amerine & Winkler (1944). L'indice di Winkler è la somma delle temperature medie giornaliere dell'aria al di sopra dei 50 °F (10 °C), calcolata dal 1° di aprile al 31 ottobre nell'emisfero Nord la classificazione si basa su dati provenienti da una serie davvero notevole di esperimenti sul campo in regioni di coltivazione di uva della California. Amerine e Winkler hanno prodotti e analizzato più di 3.000 vini, quindi hanno definito cinque regioni distinte in gradi-giorno (regioni Winkler) ed hanno valutato l'idoneità di ogni varietà per ciascuna regione. Queste regioni sono distinte dalle seguenti soglie di gradi-giorno:

Regione I	2.500 gradi-giorno o meno
Regione II	2.501-3.000 gradi-giorno
Regione III	3.001-3.500 gradi-giorno
Regione IV	3.501-4.000 gradi-giorno
Regione V	oltre 4.000 gradi-giorno

L'indice Winkler rappresenta l'indice climatico che registra la maggiore diffusione nella letteratura scientifica ed è ampiamente utilizzato dai climatologi di tutto il mondo.

Nonostante questo, l'indice di Winkler ha il difetto di annullare il contributo delle giornate con temperatura media inferiore a 10°C, anche nel caso in cui la temperatura massima superasse questo valore. Per questo motivo sono state proposte alcune modifiche. Gladstones (1992) calcola un indice simile di gradi-giorno ma con l'inserimento di un limite massimo di 19°C sulle temperature

medie e di fattori correttivi per la latitudine (radiazione solare) e la variazione di temperatura mensile.

Pierre Huglin (1978) introduce un indice, l'indice di Huglin (IH) che introduce appunto nella sommatoria anche la temperatura massima giornaliera. Inoltre, in base al principio che le temperature notturne non hanno alcun effetto sull'attività fotosintetica, quest'indice prende in considerazione solamente le sommatorie delle temperature attive durante il periodo giornaliero, quando cioè la fotosintesi clorofilliana ha effettivamente luogo, per questo l'indice di Huglin è anche chiamato indice "eliotermico". Tale indice è ritenuto particolarmente idoneo alla descrizione delle zone collinari, caratterizzate da forti escursioni giornaliere, in quanto le sole temperature medie non tengono conto completamente delle effettive ore di attività fotosintetica della vite. I limiti per la viticoltura si collocano, secondo l'autore, tra valori 1400 e 2400 gradi-giorno.

Negli ultimi anni, altri indici sono stati proposti sulla base di analoghe considerazioni, cercando di adattare le relazioni fra clima e viticoltura ai diversi ambienti di produzione (Fregoni et al., 2002).

Ancora, Jones (2006) suggerisce un indice semplice di crescita media stagionale e definisce un *range* climatico per le varietà di vini di qualità premium coltivati in climi freddi, intermedi caldi e molto caldi (Figura 9), analizzando le temperature medie stagionali di crescita. I *range* climatici proposti da Jones si basano sulle relazioni tra i requisiti fenologiche e il clima per la produzione di vini di alta qualità nelle regioni di produzione di riferimento al mondo per ciascuna varietà. Ad esempio, il Cabernet Sauvignon è coltivato in regioni che si estendono da climi intermedi a caldi con stagioni di crescita che vanno da circa 16,5-19,5 °C (ad esempio Bordeaux o Napa Valley). Le varietà climatiche adatte a climi più freddi come il Pinot Noir, sono coltivate in genere in regioni che si estendono da climi freddi a intermedi con stagioni di crescita che vanno da circa 14,0-16,0 °C (ad esempio del Nord Oregon o Borgogna). Il Sangiovese, invece, si adatta bene in regioni calde che presentano una temperatura durante la stagione di crescita tra i 17°C e oltre i 19°C. Risulta chiaro, quindi, che un aumento della temperatura maggiore di 2°C potrebbe far slittare una regione da una zona climatica all'altra (ad esempio, da intermedia a calda), rendendo la varietà idonee alla zona iniziale non più adatta a produrre vini di alta qualità.

Grapevine Climate/Maturity Groupings

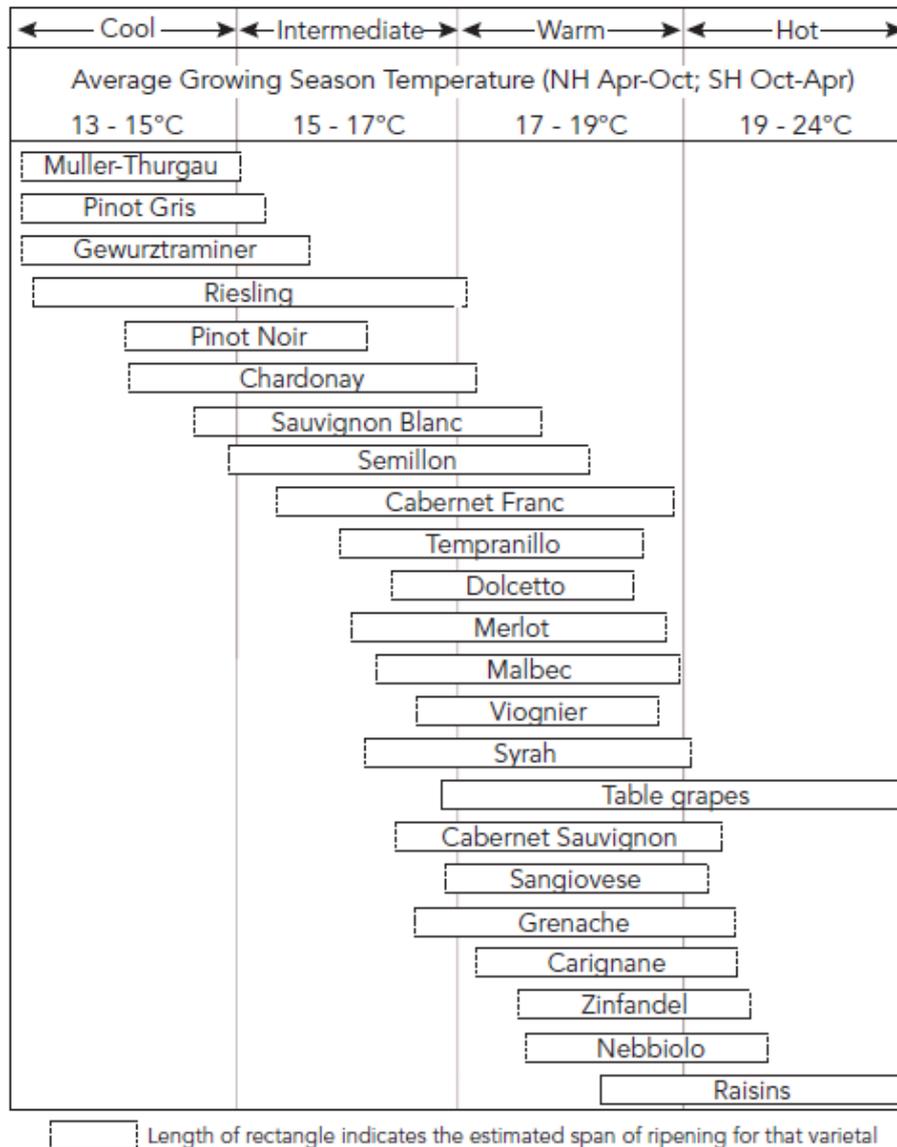


Figura 9: Range climatici in relazione ai requisiti fenologici e al clima per la produzione di vini di alta qualità nelle regioni di produzione di riferimento al mondo per ciascuna varietà¹⁴

Dall'elaborazione dei dati ottenuti tramite l'utilizzo di alcuni modelli climatici, è, infatti, emerso che in Europa, l'impatto del riscaldamento globale sulle regioni vitivinicole potrebbe essere imponente. Ruml et al. (2012) hanno dimostrato che le temperature nelle regioni viticole della Serbia stanno aumentando in maniera considerevole e, verso la fine del 21° secolo, potrebbero diventare zone aride, perdendo di conseguenza la vocazione viticola che le contraddistingue.

¹⁴ La linea tratteggiata alla fine delle barre indica che alcuni aggiustamenti possono verificarsi quando maggiori dati saranno disponibili, ma variazioni di più di +/- 0,2-0,6 °C sono comunque altamente improbabile. La figura e la ricerca ad essa collegata sono un work in progress (Jones, 2006)

L'aumento delle temperature nell'emisfero Nord implicherebbe un probabile spostamento verso Nord delle coltivazioni con introduzione di varietà medio-tardive sino alle latitudini maggiori (50 °N). Rochard et al. (2006) hanno calcolato che la vendemmia in Francia negli ultimi 50 si è fatta più precoce di un mese; Jones et al., (2005) hanno evidenziato che la vendemmia in Europa avviene 17 giorni prima. Webb et al., (2007) usando il modello (VineLOGIC) prevede che nella regione della Coonawarra (Australia) nel 2050 la stagione vegetativa sarà più corta di 37 giorni e con minor sensibilità delle varietà precoci. Ramos et al., (2008) in Spagna prevedono che l'invasatura della varietà Parellada si anticiperà di 4.1 giorni per ogni °C di incremento della temperatura minima rispetto alla media attuale.

In Europa settentrionale sono state osservate modifiche delle zone agro-climatiche adatte alla produzione di vino in generale e per le varietà con esigenze termiche più elevate (Kenny & Shao, 1992). La perdita della Corrente del Golfo potrebbe raffreddare Bordeaux e parte della Spagna, costringendo le imprese vitivinicole ad un reimpianto di uve adatte a climi più freschi. Tuttavia, altre regioni potrebbero riscaldarsi notevolmente. Vaste porzioni d'Europa sulla costa mediterranea, in particolare l'Italia, la Grecia e la Francia, potrebbero diventare nel 2050 completamente inospitali per la produzione di uva (Lallanilla, 2013), mentre aree non tradizionalmente vocate alla produzione vitivinicola potrebbero diventarlo. L'estensione della superficie vitata in Inghilterra (Palutikof et al., 2002) ha permesso di produrre la prima annata danese (2001) sul mercato (BBC News Venerdì 28 giugno 2002) e tentativi riusciti di coltivare varietà rosse anche nelle regioni settentrionali tedesche sono evidenti testimonianze di queste tendenze.

Ancora, White et al. (2006) sostengono che mentre l'aumento delle temperature comporterà una modifica delle varietà meglio adattabili, un calo nella qualità dei vini prodotti aumenta e una riduzione delle gelate invernali, l'aumento nella frequenza di giornate di calore (> 35 ° C) durante la stagione di crescita comporteranno la perdita della produzione di uva da vino in molte aree degli Stati Uniti .

Un'analisi di Nemani et al. (2001) suggerisce, invece, che i cambiamenti climatici nella zona costiera della California dal 1951 al 1997 potrebbero aver favorito il settore vino di qualità, come si è visto effettivamente nel miglioramento dei vini di qualità superiore e nelle maggiori rese delle uve. L'incremento termico osservato non è risultato omogeneo, evidenziandosi principalmente di notte e in primavera. Il riscaldamento è stato associato a forti aumenti delle temperature superficiali del Pacifico orientale (SST) e delle quantità di vapore acqueo atmosferico. Anche se il riscaldamento medio annuale è stato modesto (1.13°C/47 anni), si sono registrati 20 eventi in meno di gelate e un aumento di 65 giorni della stagione vegetativa senza gelo. Nelle valli Napa e Sonoma le temperature invernali e primaverili più alte hanno anticipato l'inizio della stagione vegetativa da 18 a 24 giorni mentre la maggiore quantità di vapore acqueo atmosferico ha ridotto del 7% la traspirazione.

Un altro aspetto del cambiamento climatico che potrebbe implicare conseguenze drammatiche per i territori produttori di vino è l'innalzamento dei mari. Negli ultimi quattro decenni, il riscaldamento globale ha comportato una rapida accelerazione dello scioglimento dei ghiacci polari, della calotta glaciale della Groenlandia e dei ghiacciai continentali (Tate 2001; Venkataramanan & Smitha 2011; IPCC 2013). Anche se la proiezione originale dell'IPCC ha previsto solo un incremento di 0,5 m del livello dei mari, i nuovi dati dimostrano una significativa variazione rispetto a tale valutazione

originale (Tate, 2001). La varianza corrente oscilla da 0,2 m a 2,0 m con alcune evidenze che suggeriscono incrementi fino a 4 m (Tate, 2001; IPCC, 2013). Secondo Tate (2001) un aumento di cinque metri del livello del mare potrebbe inondare alcuni dei più grandi vigneti ed intere regioni produttrici di vino. Potrebbero essere interessate porzioni di Bordeaux, del Portogallo, della Nuova Zelanda, dell'Australia e della California. Oltre alle inondazioni costiere, numerosi vigneti diffusi nei territori interni potrebbero subire danni alla produzione a causa dell'aumento del livello di salinità nelle acque sotterranee. Un'altra grave minaccia sono i terremoti che potrebbero essere innescati dall'innalzamento del livello del mare. In tal senso, le regioni a vocazione vitivinicola potenzialmente a rischio sono Oregon, Washington, British Columbia, Cile, Argentina e Nuova Zelanda (Tate, 2001).

2.2.4 Impatti sulla componente fitoparassitaria

Il cambiamento climatico ed in particolare le variazioni di temperatura e di umidità possono far crescere esponenzialmente la presenza di insetti e di malattie trasmesse dagli insetti, che stanno colonizzando habitat sempre più a Nord. Anche molte regioni, per lungo tempo climaticamente protette, si trovano ora minacciate da infestazioni e contagi portati da nuovi parassiti. Secondo Pichery & Bourdon (2007) la futura comparsa di nuovi parassiti è considerata una reale possibilità. In questo modo il mal dell'esca, malattia del legno causata da un gruppo di funghi e attualmente diffusa in tutta Europa, specialmente nelle zone del Mediterraneo, suscita preoccupazioni per la sua considerevole espansione (Sfez & Cauquelin, 2005).

Oppure, la "Pierce disease", una grave malattia della vite che minaccia il settore vitivinicolo principalmente in California e che viene provocata da *Xylella fastidiosa*, un batterio trasmesso attraverso le punture che la cicalina *Homalodisca vitripennis* (nota come "glassy-winged sharpshooters") effettua alimentandosi sulla pianta, con un aumento di temperature, potrebbe spostarsi verso nord. Infatti tale malattia è fortemente dipendente dalla temperatura e potrebbe presto colonizzare anche gli Stati di Washington e Oregon (Tate, 2001; Daugherty et al., 2009; Hoddle, 2004). Altri insetti, come la falena marrone chiaro della mela dell'Australia (Webb, 2006) possono espandere i loro habitat nelle nuove regioni. Caffarra et al. (2012) tramite opportune simulazioni, suggeriscono che nelle aree viticole più calde e redditizie della regione di studio, l'aumento di temperatura potrebbe avere un impatto negativo sulla resa delle colture a causa della maggiore asincronia tra le larve resistenti nelle fasi di crescita della vite e lo sviluppo delle larve della *European grapevine moth* (falena della vite europea) e portare inoltre ad un incremento dell'oidio. La peronospora e l'oidio, ad esempio, sono due importanti malattie della vite che dipendono fortemente dalle condizioni climatiche. In caso di stagioni estive più secche e calde si assisterà ad una riduzione della pressione della peronospora, ma anche l'oidio potrebbe essere limitato da temperature troppo elevate. La maggior frequenza di piogge prevista per la primavera potrebbe portare invece ad una maggior pericolosità della peronospora.

La peronospora della vite è causata dal parassita *Plasmopara viticola*. La malattia influenza sia la quantità della produzione, sia la qualità del vino che si ottiene dalle piante colpite. Le infezioni sono

favorite da una elevata umidità, mentre periodi prolungati di siccità uccidono il patogeno (Gessler et al., 2011). In uno studio del 2006, Salinari et al. (2006) hanno analizzato l'impatto attuale e futuro della peronospora nei vigneti del Piemonte e, tramite modelli di previsione climatica, hanno previsto un aumento delle temperature e una diminuzione delle precipitazioni nella regione. Le simulazioni ottenute combinando i modelli della malattia con gli output dai modelli climatici hanno previsto un aumento della pressione della malattia nei prossimi trent'anni, a causa delle temperature più favorevoli nei mesi di maggio e giugno. Secondo queste previsioni, l'aumento delle epidemie sarà solo parzialmente contrastato dall'effetto della diminuzione delle piogge, che di per sé contrasta la malattia.

Allo stesso modo, il clima più caldo può favorire malattie fungine come marciume nero, peronospora, oidio, necrosi corticale, e botrite. Tutte queste malattie sono condizionati dai fattori climatici e in particolare beneficiano di temperature notturne più calde (Magarey et al., 1994; Maixner & Holz, 2003; Salinari et al., 2006). Tuttavia, lo sviluppo di condizioni siccitose possono contenere parzialmente o completamente gli effetti negativi dell'aumento delle temperature.

Una nuova ricerca della Penn State University suggerisce che altri parassiti possono muoversi strisciante verso nord. Infatti, studiando le variazioni di temperatura associate al lento movimento verso nord di un parassita del tè, la Tea Tortix, nativa del Giappone lo studio della Penn State suggerisce che questi eventi possano essere applicati anche ai parassiti dei vigneti, come *mealy bugs* (*Pseudococcus longispinus*), *grass grubs* (*Costelytra melodica*), *erinose mites* (*Colomerus Vitis*), e le cinque specie di falena che interessano particolarmente i vigneti europei: *Botryosphaeria*, *Botryo- lutea sphaeria*, *Botryosphaeria dot ides*, *Botryosphaeria parva*, *Botryosphaeria ottusa* e *Botryosphaeria stevensii* (Mozell & Thach, 2014).

Risulta, quindi fondamentale che questi cambiamenti attesi nella componente fitoparassitaria vengano studiati nel dettaglio al fine di elaborare immediate strategie di difesa.

2.2.5 Impatti sulle aziende vitivinicole

In generale, negli ultimi decenni, le aziende agricole non sono più considerate in un ambiente stabile, permettendo così di dedicare una particolare attenzione all'ottimizzazione dei sistemi di produzione, bensì sono concepite in un sistema di evoluzione e adattamento (Rebecka Milesta, Benoît Dedieu, Ika Darnhofer 2012). Secondo Belliveau et al. (2006) esistono esposizioni multiple e fattori multi-scala, quest'ultimo ripreso poi da Bardaji & Iraizoz (2015), che influenzano il sistema, in cui l'azienda è considerata la principale unità decisionale, composta da tre elementi (terra, lavoro e capitale), collegati attraverso la gestione. L'azienda agricola è vista, infatti, come un sistema dinamico che opera e si modifica in risposta ad eventi esterni, interconnessi (ecologici, economici, sociali e politici) (Olmstead, 1970; Bowler, 1992). Tali eventi esterni possono rappresentare rischi, opportunità e vincoli nelle scelte decisionali (Bryant & Johnston, 1992) (Bryant e Johnston, 1992) sull'andamento dell'azienda e, quindi, sulle scelte dei produttori.

Secondo Milesta et al. (2012), capire la mentalità degli agricoltori, le interazioni tra le attività famigliari nelle aziende, i diversi approcci alla gestione della produzione, la visione dell'azienda e le opzioni per aumentare l'autonomia degli agricoltori sono temi centrali per affrontare le sfide del cambiamento climatico.

In particolare, l'azienda vitivinicola è quell'impresa che integra la fase agricola (produzione dell'uva) con quella di trasformazione (produzione del vino) provocando la convergenza di tutte le problematiche tecnico-produttive e rendendola una realtà estremamente complessa sul piano strutturale, organizzativo nonché tecnico.

Sul piano organizzativo, ad esempio, la ciclicità del bene prodotto si concentra in un unico periodo, creando forti scostamenti in termini di fabbisogni di personale. Sul piano tecnico invece, il limite di conservazione del prodotto richiede che la struttura tecnico-produttiva sia adeguata a ricevere e trasformare tutta la produzione agricola in un breve periodo. Questo fatto evidenzia il problema principale che l'impresa vitivinicola deve fronteggiare: trovare il giusto equilibrio fra la capacità produttiva della fase agricola, posta a monte, e la capacità di assorbire gli input, propria della fase di trasformazione, posta a valle.

L'impresa vitivinicola deve, quindi, prendere in considerazione e gestire numerose variabili per assicurare il corretto funzionamento. La localizzazione dello stabilimento è sicuramente uno dei principali fattori da cui dipendono in gran parte l'efficacia e l'efficienza dell'approvvigionamento e dell'attività produttiva. L'ubicazione degli insediamenti produttivi dipende da diversi elementi, quali:

- 1) la tipologia di azienda e l'economicità dei trasporti
- 2) l'inquinamento atmosferico e idrico e la possibile trepidazione del terreno
- 3) il clima e la vicinanza alle fonti d'acqua
- 4) i vincoli tecnologici, in primo luogo legati alla vinificazione e alla conservazione del vino, e l'orientamento solare.

Il cambiamento climatico può, quindi, avere un impatto sull'azienda influenzando la disponibilità dei fattori di produzione, le dimensioni, la crescita e la natura della domanda, così come, le regole e gli incentivi per le aziende rivali (Porter & Reinhardt, 2007).

De Salvo et al. (2015) nel loro studio sul cambiamento climatico nella viticoltura romena, dimostrano l'esistenza di un effetto locale, denotando differenze nella redditività delle aziende in relazione alla disposizione geografica e alla vicinanza delle vigne dai centri urbani: i vigneti vicino ai centri urbani presentano redditività superiori a quelli situati in zone rurali.

Inoltre, De Salvo et al. (2015) evidenziano una relazione opposta tra reddito e precipitazioni dimostrando che, a differenza di altre aree vitivinicole, come quelle nelle zone colpite dalla siccità mediterranea (Fraga et al., 2012), la precipitazione non è un fattore limitante per la viticoltura rumena. Nel contesto romeno, infatti, un aumento delle precipitazioni durante la stagione di crescita potrebbe avere effetto negativo sulla produzione e sulla qualità dell'uva, a causa di un aumento di parassiti e agenti patogeni. In particolare, il conseguente aumento dell'umidità dell'aria

e del terreno favorirebbe la diffusione della peronospora, che riduce il reddito della vigna (Fraga et al., 2014). Quindi, lo studio mette in evidenza il (positivo) impatto dell'aumento della temperatura, e il trascurabile (negativo) effetto dell'aumento delle precipitazioni totali, nella regione della Moldavia Romena.

L'impatto del cambiamento climatico, negli ultimi anni, inizia ad essere percepito concretamente dalle aziende. Kiron et al. (2013) sostengono, infatti, che l'88% degli amministratori delegati intervistati nel loro studio considerino il cambiamento climatico un fenomeno reale e che il 57% lo reputino un rischio per il proprio business.

D'altro canto, le aziende rivestono anche un ruolo fondamentale nella immissione dei GHG in atmosfera, senza però essere mai coinvolte direttamente nelle politiche internazionali. Sodano e Hingley (2013) hanno infatti messo in relazione il sistema alimentare, il controllo delle emissioni dei gas ad effetto serra e il cambiamento climatico, sottolineando l'inefficienza degli interventi pubblici e privati rispetto al tema e proponendo la Responsabilità Sociale di Impresa (CSR) come un caso di governo.

Carroll & Shabana (2010), ad esempio, riassumono i benefici del CSR:

- riduzione dei costi e dei rischi
- ottenimento di vantaggi competitivi
- miglioramento della reputazione e della legittimità
- win-win outcomes (opportunità economiche in linea con le necessità della società)

Porter & Reinhardt (2007), però, sostengono che le aziende che trattano il cambiamento climatico solo tramite la responsabilità sociale delle imprese, piuttosto che come un problema strettamente aziendale, rischiano le maggiori conseguenze.

Secondo Porter & Reinhardt (2007) l'approccio di ogni azienda rispetto al cambiamento climatico deve dipendere dalla sua tipologia di business e deve inserirsi all'interno della sua strategia aziendale complessiva. Ad ogni modo, per ogni azienda, l'approccio deve includere iniziative per mitigare i costi legati al clima e i rischi nella catena del valore, attraverso strategie operative. I dirigenti delle imprese devono, infatti, iniziare a considerare le emissioni di carbonio come processi costosi e le aziende devono iniziare a valutare e ridurre la loro vulnerabilità agli shock ambientali ed economici connessi alle variazioni climatiche. L'implementazione delle migliori pratiche nella gestione dei costi legati al clima è strettamente necessaria per restare competitivi.

Per alcuni aziende, l'approccio rispetto ai cambiamenti climatici può andare oltre la strategia operativa e diventare strategico. Infatti, alcune imprese, nel processo di adattamento al cambiamento climatico, troveranno opportunità per migliorare o estendere il loro posizionamento competitivo con la creazione di nuovi prodotti che sfruttano la domanda *climatee-induced*, innovando le proprie attività oppure riconfigurandole in relazione alle nuove esigenze

Le imprese possono promuovere, infatti, l'innovazione tecnologica *green*, cambiare l'attitudine dei consumatori verso uno stile di consumo alimentare *climate friendly*, finanziare politiche di adattamento nei paesi in via di sviluppo e sviluppare programmi per la sicurezza alimentare.

Winn et al. (2011) sostengono che le imprese, nella risposta al cambiamento climatico, devono prevedere sia azioni di mitigazione che di adattamento, rendendo questi due fattori imprescindibili e, secondo Porter & Reinhardt (2007), il cambiamento climatico può catalizzare l'innovazione, influenzando positivamente le esternalità delle aziende (ex. Vantaggi competitivi, performance, reputazione).

Quindi, la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico per le aziende rappresentano una vera e propria innovazione e, spesso, comporta un incremento della conoscenza e complessi investimenti per le aziende (Galbreath et al., 2014).

2.2.6 Impatti sul mercato

Il quinto rapporto dell'IPCC (AR5) avverte: *"L'impatto del riscaldamento globale sull'agricoltura è stato e continuerà ad essere negativo. I recenti improvvisi aumenti dei prezzi alimentari dimostrano che i mercati sono sensibili alla variabilità del clima. I potenziali benefici per il riscaldamento in alcune regioni localizzate non saranno sufficienti a compensare gli impatti negativi."*

Il cambiamento climatico ha quindi ripercussioni anche sui prezzi, sia delle uve sia dei vini, e le prime valutazioni empiriche degli effetti del clima sui prezzi dei vini pregiati della zona di Bordeaux sono stati effettuati da Ashenfelter (1980) e Storchmann (2012). Bordeaux è una regione della Francia con una tradizione centenaria di produzione di vini rossi eppure, le differenze in termini di qualità e di prezzo di anno in anno sono evidenti e, in alcune situazioni, importanti. Ashenfelter (2009) mostra i fattori che influenzano le fluttuazioni dei vini d'annata di qualità dimostrando che l'analisi statistica semplice può predire la qualità di un'annata, e quindi il suo prezzo, in relazione alle variazioni climatiche durante il periodo di crescita della vite.

Mentre in aree del Pianeta, come la California, il clima rimane abbastanza costante (caldo e mancanza di pioggia in estate) a causa di un sistema meteorologico ad alta pressione, a Bordeaux il clima difficilmente è costante e prevedibile. Le estati possono essere calde e secco, caldo e piovose, fresche e asciutte, oppure anche fresche e umido. In generale la produzione di vini di alta qualità della zona di Bordeaux è associata ad annate caratterizzate da fine estati (agosto e settembre) asciutte, stagioni di crescita calde e il precedente inverno umido. Ad eccezione delle rare aree vitivinicole che possono usufruire di sistemi di irrigazione per compensare le scarse precipitazioni invernali, i viticoltori del resto del mondo affrontano già questa problematica.

Interpolando i prezzi dei vini di Bordeaux, dal 1952 al 1980, con i dati climatici delle temperature estive e della piovosità della stagione di crescita, Ashenfelter (2009) stabilisce che i vini con i prezzi più elevati si concentrano nelle estati calde e secche, mentre i prezzi diminuiscono in situazioni di elevata piovosità e temperature eccessive.

Idealmente, sostiene Ashenfelter, l'effetto del cambiamento climatico sulla qualità del vino e sui prezzi dovrebbe essere testato tramite esperimenti di laboratorio controllati, ad oggi impraticabili. Quindi, i ricercatori devono fare affidamento su cosiddetti "esperimenti naturali." Un esperimento naturale è rappresentato da un insieme di circostanze che si trovano in natura e mostra una variazione delle variabili sufficiente ad essere valutata. Il caso di Bordeaux e delle sue variazioni climatiche può essere considerato un esempio di esperimento naturale. Le differenze del meteo di anno in anno e la qualità delle uve (tramite i prezzi del vino) sono sufficientemente registrate per misurare gli effetti del clima sulla qualità. Le annate di qualità, la temperatura media durante la stagione di crescita (aprile-settembre), la quantità di pioggia nei mesi di agosto e settembre e la quantità di pioggia nei mesi precedenti la vendemmia (ottobre-marzo) sono variabili in grado di determinare circa l'80% della variazione dei prezzi medi del vino d'annata a Bordeaux (Ashenfelter, 2009). Considerando solo la variabile relativa all'annata si riesce a spiegare solo il 20% della variazione, quindi, si può dedurre che il clima e le sue variazioni sono un fattore determinante per la produzione di vini qualità e dei suoi prezzi. Infatti, Ashenfelter e Storchmann (Ashenfelter & Storchmann 2010) nel loro studio, sostengono che un aumento di 1°C della temperatura media produrrebbe un aumento fino al 37% dei ricavi nelle cantine della valle di Mosel in Germania.

Un interessante studio è stato sviluppato da Jones e Storchmann (Jones & Storchmann 2001) con l'obiettivo di stimare la relazione tra il prezzo Bordeaux Crus Classe e le condizioni climatiche, la composizione dell'uva, il Vintage Rating e l'invecchiamento. I risultati indicano che esistono differenze inter-varietali di sensibilità climatica, che si traducono in prezzi diversi per i vini dominati da vitigni diversi. Ad esempio, i vini composti a base principalmente di Merlot sono più sensibili di quelli dominati principalmente da Cabernet Sauvignon, quindi, nelle annate caratterizzate da climi marginali, i vini a base Merlot subiscono un calo dei prezzi rispetto alla media.

Lecocq & Visser (2012) analizzano l'impatto delle condizioni meteorologiche sui prezzi dei vini di Bordeaux utilizzando le variabili climatiche di diverse stazioni locali, a differenza dei precedenti studi che si basano solo sui dati della principale stazione meteorologica di Méridnac. Lo studio confronta due modelli: uno in cui i prezzi sono legati alle condizioni meteorologiche estrapolate dalla stazione di Méridnac e l'altro in cui i prezzi sono legati alle condizioni locali (variabili meteorologiche misurate nella stazione più vicina allo Château). Sebbene ci si aspetti che il modello basato su dati locali sia migliore, i due modelli conducono a risultati molto simili, dimostrando che l'analisi della variabilità climatica locale, a scala di vigneto, per testare gli effetti del cambiamento climatico sui prezzi, potrebbe non essere necessaria.

Anche Chevet et al. (2011) hanno analizzato i dati del XIX e XX secolo di un noto Château ben noto di Bordeaux. Il set di dati utilizzati include informazioni sulle condizioni meteorologiche, a partire dai tre stadi fenologici della vite, sui prezzi e sulle rese e gli autori sostengono che, dal XIX ad oggi, l'effetto della temperatura sulle rese è diventato più mentre l'influenza sui prezzi hanno è aumentata (Chevet et al. 2011).

Haeger e Storchmann (Haeger & Storchmann 2006) sostengono che il prezzo del Pinot Nero, la categoria più costosa di vini da tavola prodotti in Nord America, negli Stati Uniti è strettamente correlato alla temperatura e alla piovosità e che, in generale, aumenti di temperatura possono

arrecare danni ai prezzi del Pinot Noir, alla abilità e alla reputazione del vitivinicoltore e alla conoscenza degli esperti, definita in base ai punteggi "critici" (*critical scores*) associati ai vini, anche se quest'ultimo aspetto ha poco valore esplicativo.

Invece, Mancino (Mancino 2012) misura l'impatto delle variazioni annuali di temperatura e precipitazioni sui prezzi del vino e dei ricavi per ettaro, al fine di determinare il potenziale effetto del cambiamento climatico sulla viticoltura. Mancino, nel suo studio, ha evidenziato l'esistenza di una relazione non lineare tra la temperatura e il reddito per ettaro. Secondo i risultati ottenuti, a Mendoza, il reddito per ettaro avrebbe dovuto raggiungere il suo picco massimo con una temperatura media di 17,5° C durante la stagione di crescita della vite. Invece, Antoy & Ashenfelter (2010) calcolano che la temperatura media durante la stagione di crescita per massimizzare il reddito è pari a 18.62°C e il valore aggiunto a 18.85°C.

Inoltre, sempre secondo Mancino (2012) anche le precipitazioni, sia durante la stagione di crescita che durante la stagione invernale, non mostrano un effetto significativo sui prezzi del vino. Come per la temperatura, l'effetto delle precipitazioni sui prezzi del vino non è lineare. Ovviamente, questo studio presenta alcune limitazioni ed i risultati mostrano solo una piccola parte di una valutazione complessiva del ruolo dei cambiamenti climatici sulla viticoltura. Infatti Mendoza è un'area perfettamente adatta alla coltivazione di uva e non risente particolarmente degli effetti del cambiamento climatico, mentre, sostiene Mancino, esistono altri luoghi dove l'aumento di temperatura comporta una caduta diretta sulla qualità delle uve.

2.3 L'adattamento in agricoltura

L'adattamento al cambiamento climatico è un processo continuo e in costante evoluzione che coinvolge molti processi intrapsichici che influenzano le reazioni associate agli impatti negativi dei cambiamenti climatici. I produttori, però, sono esposti a rischi che vanno anche al di là del clima e del meteo. Infatti, sono diverse tipologie di rischio associate all'agricoltura, tra cui il rischio di produzione, il rischio di prezzo o di mercato, il rischio istituzionali, il rischio finanziario e il rischio personale (Belliveau et al., 2006). A questi rischi sono generalmente associate le pratiche o strategie di adattamento dei produttori per ridurre il rischio e la vulnerabilità del sistema.

Nonostante la conoscenza riguardo alla capacità di adattarsi ai cambiamenti climatici sia ancora limitata ed i concetti utilizzati in questo campo accademico spesso criticati (Hinkel, 2011; Janssen & Ostrom, 2006), le definizioni di adattamento sono per lo più variazioni su un tema comune (Smit & Wandel 2006a). Brooks (2003) descrive l'adattamento come "rettifiche nel comportamento di un sistema e le caratteristiche che aumentano la sua capacità di far fronte allo stress esterno". Bryant et al., (2000), nel contesto del cambiamento climatico, definiscono gli adattamenti come "aggiustamenti nei sistemi ecologici-socio-economici in risposta a stimoli climatici in atto o

prevedibili". Pielke (1998) definisce gli adattamenti come le "rettifiche di singoli gruppi e comportamenti istituzionali, al fine di ridurre la vulnerabilità della società al clima."

La capacità di adattamento, invece, è definita come la capacità di un sistema di adattarsi o recuperare, anche conosciuta come adattabilità, *cooping* o resilienza (Belliveau et al. 2006) oppure la capacità di far fronte ai cambiamenti climatici, tra cui la variabilità climatica e gli eventi estremi, al fine di limitare i potenziali danni, sfruttare le opportunità emergenti e/o far fronte alle sue conseguenze (Reidsma et al. 2010). È, infatti, oramai ampiamente accettato che adattamenti di vario genere possono aumentare o mantenere la competitività aziendale e modificare l'entità gli impatti dei cambiamenti climatici (Yohe & Tol, 2002; Smit & Pilifosova, 2003).

Pertanto, al fine di valutare (e in ultima analisi, ridurre) la vulnerabilità di un sistema, di una comunità o di una regione al cambiamento climatico, è necessario comprendere la capacità di adattamento di tale sistema, comunità o regione, tenendo in considerazione che è difficile valutare i processi di adattamento e, ancor più, quantificare il loro reale impatto. Infatti, per valutare la vulnerabilità di un sistema è necessario stimare anche le forze non-climatiche (politiche, economiche, istituzionali e biofisiche) che contribuiscono alla sua caratterizzazione (Belliveau et al., 2006).

Inoltre, per valutare la capacità di adattamento ed i fattori che la influenzano è necessario, però, definire il livello dell'indagine a cui fare riferimento. Il terzo rapporto dell'IPCC riporta le cinque caratteristiche che determinano la capacità di adattamento dei territori o delle regioni: la ricchezza economica, la tecnologia, le informazioni e le competenze, le infrastrutture, le istituzioni e l'equità (Smit et al., 2001).

Un'ulteriore classificazione dei fattori che influenzano la capacità di adattamento è riportata da Yohe e Tol (2002): (1) la gamma di opzioni tecnologiche disponibili per l'adattamento; (2) la disponibilità di risorse e la loro distribuzione tra la popolazione; (3) la struttura delle istituzioni, l'assegnazione derivata del potere decisionale ed i criteri di decisione utilizzati; (4) lo stock di capitale umano, compresa l'istruzione e la sicurezza personale; (5) lo stock di capitale sociale, compresa la definizione dei diritti di proprietà; (6) l'accesso ai processi di ripartizione dei rischi; (7) la capacità dei decisori di gestire le informazioni, i processi attraverso i quali questi decisori definiscono la credibilità delle informazioni, la credibilità dei decisori stessi; e (8) la percezione della fonte di stress e la significatività dell'esposizione a livello locale.

Le otto variabili appena elencate sono considerate predittori validi per l'adattamento (Burch & Robinson, 2007), ma non sono disegnati per un particolare settore e non spiegano completamente le realtà dei piccoli agricoltori che lottano per adattarsi alla variabilità climatica.

Se si vuole quindi analizzare l'adattamento nel settore agricolo, è possibile valutare l'adattamento a breve-medio termine rispetto all'adattamento a lungo termine dei sistemi agricoli e colturali (Olesen & Bindi, 2002; Schneider et al.; 2000). L'adattamento a breve-medio termine riguarda la regolazione della produzione senza grandi cambiamenti di sistema, intervenendo, ad esempio, sulle pratiche agricole e sulle strutture aziendali. L'adattamento a lungo termine si riferisce a grandi cambiamenti strutturali dei sistemi agricoli. Il grado di risposta del settore agricolo al cambiamento climatico è strettamente legato e dipendente dalle aspettative degli operatori, dalla loro

conoscenza e capacità di prevedere gli impatti dei cambiamenti climatici, dalla capacità di adattamento e dalla velocità di sviluppo delle tecnologie, nonché dalle risposte politiche.

Un secondo livello analitico per la valutazione dell'adattamento nel settore agricolo può basarsi su un approccio micro, ad esempio: a livello di azienda, che permette un'analisi più dettagliata delle risposte e degli adattamenti, delle innovazioni tecnologiche, della sostenibilità delle pratiche agricole, dell'uso del suolo, degli effetti della distribuzione del reddito, ecc. La capacità di adattamento di un'azienda, infatti, può dipendere dagli strumenti e dalle risorse disponibili che si riferiscono agli elementi terra, lavoro e capitale, tra cui il reddito agricolo, l'accesso al credito, le attrezzature, la tecnologia, le capacità del contadino in relazione alla sua/sue abilità, l'età e la percezione del rischio. La capacità di adattamento di un'azienda dipende anche da fattori esterni, come la disponibilità di programmi di sostegno del governo, lo sviluppo delle biotecnologie, la domanda di mercato per le colture adatte ai cambiamenti climatici, la disponibilità e la precisione delle previsioni meteorologiche (Belliveau et al., 2006).

Inoltre, le caratteristiche della azienda sono un fattore importante: un cambiamento nella intensità della produzione o nelle dimensioni aziendali, per fronteggiare le sfide climatiche, può avere un impatto sulle performance aziendali (Reidsma et al., 2009).

La capacità di adattamento a livello di azienda è, quindi, influenzata da diversi fattori che riflettono sia le caratteristiche locali del sistema e sia le variabili esterne (Watts & Bohle, 1993; Wheaton & Maciver, 1999; Kelly & Adger, 2000; Smit & Wandel, 2006).

Infatti Belliveau et al. (2006) associa la capacità di adattamento al concetto di vulnerabilità del sistema in quanto rappresenta la molteplicità dei processi interconnessi che si verificano a diverse scale. Essa riflette le caratteristiche dinamiche del sistema, così come le condizioni più generali o i processi all'interno del quale opera il sistema (Hammer et al., 1999; Wilbanks & Kates, 1999; O'Brien et al., 2004). Dato che l'adattamento è spesso concepito come un fenomeno *site-specific*, molti autori sostengono la necessità di analizzare l'adattamento più a livello locale, al fine di ottenere una migliore comprensione dei processi fondamentali alla base di adattamento e migliorare l'orientamento delle politiche di adattamento da parte dei governi nazionali e locali, ONG e donatori bilaterali (Boko et al., 2007; Mano & Nhemachena, 2007; Smit & Wandel, 2006b). Quindi, più dettagliato è il livello dell'indagine maggiore è la possibilità di catturare la variazione locale.

In qualsiasi caso, comunque, sia la valutazione dell'adattamento a breve-medio o lungo termine oppure a livello micro o macro, bisogna comunque tenere in considerazione che i sistemi agricoli sono ecosistemi antropici, quindi la risposta umana è fondamentale per la comprensione e la stima degli effetti del cambiamento climatico sulla produzione alimentare e sull'offerta. Inoltre sono sistemi agricoli dinamici: continuamente produttori e consumatori rispondono ai cambiamenti nella resa delle colture e del bestiame, ai prezzi alimentari, alla disponibilità delle risorse ed ai cambiamenti tecnologici.

In effetti, l'adattamento include non solo l'insieme delle azioni intraprese per fronteggiare il cambiamento, si riferisce anche al processo decisionale associato alla gestione del cambiamento

stesso (Park et al., 2012), ponendo l'accento sulle persone o "attori" che rispondono direttamente a specifici stimoli ambientali (Nelson et al., 2007).

Considerare queste modificazioni e gli adattamenti che ne derivano è difficile ma è fondamentale al fine di misurare accuratamente gli impatti del cambiamento climatico (Adams et al., 1998). Un passo importante in questa direzione è stato fatto da Below et al. (2012), i quali, nel loro studio, sviluppano un indice di adattamento per attività (AAI), che esplora la relazione tra le variabili socio-economiche e la propensione di adattamento degli agricoltori, mediante un'analisi fattoriale esplorativa e un modello di regressione lineare multipla utilizzando variabili latenti

Secondo Smit & Skinner (2002), gli adattamenti in agricoltura comprendono una vasta gamma di tipologie (manageriali, tecniche e finanziarie), di scale (locale, regionale e globale) e attori (agricoltori, industrie e governi). Il processo decisionale che sta alla base dell'adattamento ai cambiamenti climatici può essere considerato come separato da altre decisioni agricole, infatti la maggior parte delle opzioni di adattamento rappresentano modifiche alle consuete pratiche agricole. Reidsma et al. (2010) raggruppa le misure di adattamento in quattro categorie principali (1) pratiche di produzione agricola, (2) gestione finanziaria dell'azienda, (3) sviluppi tecnologici e (4) programmi di governo e assicurazioni.

Al contrario, Chambers (1989) ha costruito la sua teoria della vulnerabilità e dell'adattamento su numerosi casi studio applicati a piccoli agricoltori di ceto non abbiente, concludendo che, questi, di solito, cercano di ridurre la vulnerabilità non per massimizzare il reddito ma sviluppando e diversificando il proprio portafoglio di beni di capitale.

Aumentare la dimensione aziendale potrebbe, invece, aumentare la produzione totale, ma potrebbe anche rendere le aziende agricole più vulnerabili ai cambiamenti climatici, amplificando l'impatto negativo di temperature più elevate, in paesi come la Francia, i paesi del Regno Unito e Benelux (Reidsma et al., 2009). In generale, comunque, maggiori dimensioni aziendali caratterizzano aziende più propense ad adottare strategie di adattamento in quanto hanno a disposizione quote maggiori di capitale e di risorse (Gbetibouo, 2009; Armah, et al., 2013).

I fattori segnalati per influenzare positivamente l'adattamento includono, inoltre, il sesso degli intervistati, l'esperienza in ambito agricolo, la consapevolezza della riduzione delle colture, l'età, l'istruzione, dimensioni aziendali, la consapevolezza dei cambiamenti climatici, il reddito e l'esistenza di mercato in comunità (Armah, et al., 2013).

Gli assunti di base dello studio di Below et al. (2012) sono che gli agricoltori che applicano un elevato numero di pratiche efficaci per l'adattamento alla variabilità climatica possono rispondere meglio ai cambiamenti climatici e che l'adattamento degli agricoltori dipende linearmente dalla loro percezione delle variabili climatiche esterne, dalle caratteristiche socio-economiche delle famiglie e dell'azienda, dalle condizioni del quadro istituzionale, e dall'accesso alle infrastrutture.

Antle et al. (2004) sostengono che esista una relazione direttamente proporzionale tra il rendimento netto e gli impatti climatici, derivanti principalmente dalla fertilizzazione con CO₂, e l'adattamento, dimostrando che il rapporto tra la vulnerabilità di un sistema agricolo dipende dal

grado di adattamento, con una relazione negativa negli scenari di “non-adattamento” e positiva in quelli di “adattamento”.

Una recente revisione conclude che la capacità di adattamento dell'agricoltura ai cambiamenti climatici può aumentare notevolmente, sempre all'interno di intervalli di riscaldamento accettabili dal sistema, applicando le corrette pratiche agricole e utilizzando le tecnologie esistenti (Nicholas & Durham, 2012). Le pratiche agricole di adattamento includono la diversificazione delle attività e l'intensificazione delle produzioni vegetali e zootecniche (compresa la sostituzione delle colture), il cambio dell'uso del suolo e la topografia, l'irrigazione, e la tempistica delle operazioni. Altre pratiche per la riduzione del rischio, come l'utilizzo di modelli previsionali, l'assicurazione o la messa in sicurezza del reddito extra-agricolo, sono prese in considerazione dai produttori (Bradshaw et al., 2004). Altri esempi di adattamento al cambiamento climatico in agricoltura, a livello di azienda, sono rappresentati dalla scelta delle date di semina e raccolta, dalla rotazione delle colture, dalla selezione di determinate colture e varietà, dall'uso/consumo di acqua per l'irrigazione, dall'uso di fertilizzanti e dalle pratiche di coltivazione (Adams et al., 1998). Questi adattamenti sono la naturale conseguenza della volontà del produttore di minimizzare le perdite di produzione a causa del cambiamento climatico e massimizzarne i benefici in stagioni favorevoli. A livello di mercato, le principali opzioni di adattamento agiscono sui prezzi e sulle strategie di mercato: il commercio, sia internazionale che nazionale, è in grado di riallocare le forniture di materie prime agricole provenienti da zone di sovrapproduzione a zone caratterizzate da scarsità produttiva. A lungo termine, l'adattamento potrebbe includere lo sviluppo e l'utilizzo di nuove varietà meglio “adattabili” a climi futuri, la scelta di investimenti in infrastrutture per l'irrigazione e in sistemi assicurativi contro pioggia ed eventi estremi (Adams et al., 1998).

2.4 L'adattamento del settore vitivinicolo

Come descritto in precedenza, la specie *Vitis Vinifera L.* è estremamente sensibile al cambiamento climatico, di conseguenza, l'impatto potenziale sui vitigni attualmente produttivi può rappresentare sia un rischio immediato sia un'opportunità per le aziende vitivinicole (Webb et al., 2008; Holland & Smit, 2010). Il rischio si manifesta quando eventi meteorologici imprevisti agiscono su un sistema vinicolo impreparato. Un'opportunità, invece, è data dalla capacità delle imprese vitivinicole di adattare il proprio sistema di produzione, rendendolo capace di prevenire i possibili effetti del cambiamento climatico ed identificare soluzioni tecniche, gestionali ed agronomiche utili a garantire elevati livelli di quantità e qualità del vino.

Il settore vitivinicolo, come l'intero sistema agricolo, deve cogliere l'opportunità adattandosi alle nuove sfide climatiche.

Anche se nel settore del vino l'evoluzione e l'innovazione delle imprese sono generalmente considerati processi lenti e legati alla tradizione (Cooper, 2007) l'industria del vino si è dovuta

adattare, negli ultimi anni, all'aumento della competizione nei mercati, alla globalizzazione e ai cambiamenti climatici, diventando un settore dinamico, relativamente tecnologicamente sofisticato, e ad alta intensità di conoscenza (Giuliani, 2007). L'adattamento, insieme alla mitigazione, rappresenta, infatti, il principale livello di innovazione del settore vitivinicolo identificato da Galbreath, Charles, and Oczkowski (2014).

La produzione e la commercializzazione di un vino di successo sono determinati da una complessa interazione di forze diverse: clima, geografia, economia, regolamenti, denominazioni, scienza, creatività, conoscenza ed identità culturale regionale (Morris, 2000; Bisson et al., 2002; Vaudour, 2002; Pincus, 2003). Numerosi casi di studio applicati ad aziende vinicole regionali dimostrano, infatti, che i fattori che possono incidere sulla capacità di adattamento del settore sono molteplici, come la globalizzazione¹⁵ (Morris, 2000), i progressi tecnologici (Battaglini et al., 2009), le pressioni commerciali (Pincus, 2003), le disposizioni istituzionali per la gestione della risorsa idrica (Carter, 2006), la concorrenza di mercato e il disinteresse dei consumatori (Gamble & Taddei, 2007). Inoltre, gli aspetti giuridici e territoriali e il grado di flessibilità e efficacia delle istituzioni associate, possono influenzare la capacità di adattamento del sistema vitivinicolo. Capire le interazioni e le sinergie tra tutti questi fattori che caratterizzano il settore vinicolo è la chiave per poter analizzare in maniera efficace il contesto, prevedere i possibili eventi e identificare soluzioni idonee.

La capacità di una azienda vitivinicola di applicare efficaci azioni di adattamento al cambiamento climatico dipende dalle caratteristiche socio-economiche in cui si trovano le aziende e dall'organizzazione della singola azienda Bernetti et al. (2012). In particolare, la capacità di adattamento di un'azienda vitivinicola è influenzata dalla tipologia aziendale (cantina vs. produttore indipendente), dalle dimensioni, dal rischio al quale l'azienda è sottoposta, dalla disponibilità finanziaria, dalla tecnologia disponibile e dalle politiche di supporto (Belliveau et al., 2006).

Inoltre, anche le caratteristiche strettamente legate al produttore, quali il suo livello di istruzione e di preparazione professionale, la sua specializzazione e la sua capacità di reagire prontamente a situazioni nuove e inattese, sono connesse alla capacità di adattamento dell'intera azienda (Bernetti et al., 2006; Battaglini et al., 2009; Olesen et al., 2011; Hadarits et al., 2010). Un altro fattore che influenza la capacità di adattamento del sistema vitivinicolo è la percezione del produttore, ossia il ruolo dell'uomo all'interno della filiera (Battaglini et al., 2009; Shaw, 1999; Bisson et al., 2002; Pincus, 2003; Vaudour & Shaw, 2005; Lobell et al., 2006; Moran, 2006; Cahill et al., 2007; Ladanyi & Erdelyi, 2007; Jones & Goodrich, 2008; Quiroga & Iglesias, 2009). In un recente studio europeo, Battaglini et al. (2009) hanno stimato, in Italia, Francia e Germania, le percezioni dei viticoltori sull'impatto dei cambiamenti climatici ed hanno dimostrato che la maggior parte dei coltivatori percepisce gli impatti del cambiamento climatico sulla qualità delle uve, così come sulla disponibilità di acqua e sulla presenza di nuovi parassiti e malattie. In particolare, i risultati dello studio mostrano che le condizioni "eliotermiche" sono state quelle più frequentemente identificate come agenti atmosferici cruciali per la buona qualità del vino, seguite da umidità e precipitazioni.

¹⁵ La domanda globale porta ad una differenziazione più nitida regioni vitivinicole, della produzione responsabile dei prodotti e della qualità degli stessi. Non vi è alcuna acquisizione all'ingrosso del mercato o delle aziende da parte di estranei, così le aziende locali possono esistere dedicando una maggiore attenzione alla qualità (Morris, 2000).

Il fattore a cui sono principalmente sensibili i produttori, però, risulta essere il reddito (Hadarits et al., 2010) che viene influenzato da una molteplicità di fattori, tra cui il clima, il mercato e le sue fluttuazioni, i meccanismi istituzionali e la disponibilità di manodopera. I viticoltori adattano la propria attività a tali fattori al fine di mantenere la redditività attesa e identificano le forze di mercato come *driver* principali nel loro processo decisionale.

I viticoltori hanno a disposizione una vasta gamma di opzioni di adattamento al cambiamento climatico, anche se i costi di implementazione e le scale temporali variano. Per classificare la gamma delle potenziali misure di adattamento diversi autori hanno elaborato dei criteri:

- Smit & Skinner (2002) propongono tipologie che contemplano gli sviluppi tecnologici, i programmi di governo e assicurativi, la produzione agricola e le pratiche di gestione finanziaria;
- Iglesias et al., (2012) li classifica come tecniche, gestionali o infrastrutturali;
- Nicholas & Durham (2012) propongono un quadro di classificazione basato sulla variazione di temperatura, costi e complessità per la gamma di opzioni di adattamento disponibili per il settore vitivinicolo per affrontare stress ambientali.

Belliveau et al. (2006) propone una classificazione in base al tempo (preventivo vs reattiva) e alla durata (tattico o strategica).

In particolare, gli *adattamenti tattici*, rappresentano le strategie a breve termine avviati nel periodo della crescita per affrontare un determinato problema (Smithers & Smit, 1997; Risbey et al., 1999; Fraga et al., 2012) e sono più comunemente messi in atto in risposta alla variabilità climatica quotidiana (reattivi). Alcuni adattamenti tattici sono anche preventivi, come l'impiego dei sistemi irrigui per ridurre al minimo il rischio di gelate oppure il diradamento dei frutti ("*dopping crop*") in vista del cattivo tempo. Diversi autori considerano come pratiche di adattamento a breve termine le tecniche di vinificazione e la coltivazione della vite, la gestione dell'irrigazione, le reti per l'ombreggiamento, la gestione della chioma e lotta integrata. Le opzioni a medio termine comprendono invece le decisioni sull'impianto, come ad esempio la sostituzione o la diversificazione dei vitigni, l'orientamento delle viti, o trellising per ridurre la sensibilità ai cambiamenti climatici (Smit e Skinner, 2002; Iglesias et al., 2012; Nicola e Durham, 2012).

Gli *adattamenti strategici* sono quelli di lungo termine e sono rappresentati dalle pratiche di gestione preventiva al momento della costituzione vigneto (ex. la selezione del sito, della topografia, delle varietà). Adattamenti strategici possono essere applicati anche in buone annate, quando il produttore ha la capacità finanziaria per investire in tecnologie efficienti per la produzione e la gestione del rischio verificati in buona. Gli adattamenti di lungo termine includono le decisioni riguardanti l'ubicazione del vigneto per ridurre l'esposizione ai cambiamenti climatici.

I viticoltori dovrebbero, quindi, *in primis*, sviluppare ed implementare dei sistemi previsionali che permettano di anticipare i futuri impatti derivanti dal cambiamento climatico e, quindi, ridurre la vulnerabilità (Lereboullet et al., 2012).

Nella pratica, però, i viticoltori, e più in generale gli agricoltori, tendono a concentrarsi su azioni di adattamento di breve termine, sia in vigna sia in cantina, in base alla loro capacità di adattamento

individuale e finanziaria. In vigna, per fronteggiare lo sviluppo prematuro delle uve a causa di un aumento eccessivo della temperatura, i viticoltori hanno a disposizione una serie di pratiche, tra cui:

- Anticipazione della raccolta (Keller, 2010)
- Aumento del carico dei grappoli/resa (Keller, 2010)
- Raccolta notturna e consegna rapida delle bacche in cantina (E-VitiClimate 2012)
- Pratiche culturali di calore e di luce (ex. Differenti tecniche di formazione e orientamento dei filari) (Teixeira et al., 2013; Keller, 2010)
- Concimazione azotata (Keller, 2010)
- Programmazione dell'attività di raccolta (E-VitiClimate, 2012)
- Applicazione di metodi o modelli previsionali per prevedere le date di raccolta (Garcia De Cortázar, 2006)

Se, invece, il viticoltore si trova a dover fronteggiare una situazione di carenza di acqua e aridità, può innescare processi di riutilizzo, trattamento e riciclaggio delle acque per ridurre al minimo gli sprechi (E-VitiClimate, 2012; Ecos, 2013), ridurre il costo di utilizzo e rimozione dell'acqua (Schultz, 2000), attivare l'impianto di irrigazione a goccia, ove disponibile (E-VitiClimate, 2012; Keller, 2010; Lereboullet et al., 2013)(Lereboullet et al. 2013), mettere in campo apposite strategie per i deficit di irrigazione (parziale essiccazione radice -RDI-, deficit irrigazione sostenuti -SDI-, regolamentato deficit di irrigazione -RDI), trattare il terreno al fine di migliorarne la struttura/composizione (sia per la ritenzione idrica sia per il carico di nutrienti) (E-VitiClimate, 2012; Keller, 2010; Lereboullet et al., 2013), ridurre l'evapotraspirazione utilizzando lavorazioni e coltivazioni meno frequenti (E-VitiClimate, 2012; Keller, 2010; Lereboullet et al., 2013) e utilizzare nuovi portinnesti resistenti alla siccità (Walker & Clingeleffer, 2009), quest'ultima possibilità con un orizzonte temporale di medio e lungo periodo.

Al contrario, in casi di piovosità eccessiva, la vigna può subire diversi fenomeni, tra cui allagamenti, fronteggiabili solo con opportune opere idrauliche, lisciviazione ed erosione del suolo o trovarsi in condizioni di elevata umidità. Per rispondere a tali fenomeni il viticoltore ha a disposizione una serie di pratiche per migliorare la gestione del suolo (inerbimenti, gestione dell'umidità del suolo introduzione di colture di copertura (Schultz, 2000), copertura vegetale o rami di vite tranciati (E-VitiClimate, 2012), drenaggio delle acque piovane tramite un sistema di collettori o piccoli canali (E-VitiClimate, 2012)) oppure della chioma (defogliamento), per conferire maggiore aereazione dei grappoli (meno marciumi e più colorazione) (E-VitiClimate, 2012; Keller, 2010).

Il cambiamento climatico, come descritto in precedenza, può portare anche alla variazione della frequenza e della tipologia dei patogeni potenzialmente dannosi per la vite. Per far fronte a questa problematica, il viticoltore può:

- sviluppare un sistema di gestione integrato dei patogeni (IPM) (E-VitiClimate, 2012)
- utilizzare specifici agenti per il controllo biologico (Butt & Copping, 2000)
- modificare il numero e il tipo di trattamenti fitosanitari

Un esempio di pratica di adattamento in vigna è mostrato in Figura 10 dove vengono rappresentati i produttori della Borgogna (Francia) alle prese con le anomale gelate manifestatesi a maggio 2014.

Per proteggere la produzione di vino dagli eventi estremi, il viticoltore può affidarsi a pratiche preventive, associate nelle maggior parte dei casi ad investimenti più o meno cospicui per l'azienda, quali l'utilizzo di reti anti pioggia, l'assicurazione (Belliveau et al. 2006), il posizionamento di barriere anti-vento, permeabili o impermeabili (E-VitiClimate, 2012), l'inserimento di varietà più resistenti (Aramon, Gamay, Moscato Bianco, Chenin, Syrah, Cinsault, Cot (E-VitiClimate, 2012), l'orientamento delle piante nella direzione del vento dominante (E-VitiClimate, 2012), l'utilizzo di viti giovani a protezione di quelle produttive (E-VitiClimate, 2012), una protezione fitosanitaria precisa (E-VitiClimate, 2012), lo spargimento di cloruro d'argento (E-VitiClimate, 2012), la copertura delle piante in inverno o la manutenzione meccanica del suolo delle viti giovani. Oppure il viticoltore deve agire post-evento, con pratiche di "risanamento", tra cui il trattamento di cicatrizzazione con un fungicida di contatto (E-VitiClimate, 2012), la scelta dei tralci poco danneggiati durante la potatura invernale (E-VitiClimate, 2012), il trattamento entro 15 ore dalla grandinata per prevenire attacco del marciume bianco e per favorire la guarigione del legno (E-VitiClimate, 2012) e, nell'inverno successivo, le operazioni di potatura destinate al ripristino del ceppo (E-VitiClimate, 2012).

In cantina, invece, esistono pratiche di adattamento al cambiamento climatico, più o meno dispendiose, che il vitivinicoltore può mettere in atto:

- nuove pratiche igieniche di ispezione dei siti di stoccaggio e uso di antimicrobici e antiossidanti (E-VitiClimate, 2012)
- aumento della capacità di raffreddamento della cantina (Mira de Orduña, 2010)
- criomacerazione del mosto (Hannah et al., 2013)
- cambiamento nel processo di vinificazione (fermentazione, affinamento, invecchiamento ecc.)
- nuove tecniche di miscelatura (Vink et al., 2009)
- utilizzo di ceppi di lievito più alcol-tolleranti (Vink et al., 2009).
- aggiunta di acido tartarico/Acidificazione (E-VitiClimate, 2012; Mira de Orduña, 2010).
- dealcolizzazione
- utilizzo di tecniche di riduzione degli zuccheri come ultrafiltrazione e osmosi inversa (E-VitiClimate, 2012).

Con un orizzonte di lungo periodo, invece, il viticoltore può investire in strategie di adattamento, sia in vigna che in cantina, che permetteranno di salvaguardare la produzione in vista dei cambiamenti climatici previsti per il futuro, come ad esempio lo spostamento della produzione verso siti più adatti alla produzione di vino di qualità (E-VitiClimate, 2012; Kirkpatrick, 2011), l'utilizzo di un nuovo portainnesto, la sostituzione delle cultivar/varietà con uve maggiormente adattabili (Fraga et al., 2012; Jones et al. 2005), l'utilizzo di cultivar di vite geneticamente modificati (Webb et al., 2011; Duchêne et al., 2010; Camargo et al., 2008) per fronteggiare al meglio le nuove condizioni climatiche, la modifica della densità di impianto, il cambiamento della modalità di potatura sul

lungo periodo, così come, della gestione del suolo, del metodo di irrigazione e nelle date di raccolta. In cantina il viticoltore può apportare una modificazione significativa del processo di vinificazione, così come della strategia di marketing dell'intera azienda.

Quindi, la varietà degli adattamenti disponibili riflette l'eterogeneità del sistema: da un lato c'è il soggettivo processo decisionale dei produttori, dall'altro la capacità differenziale di adattarsi. Più complesso è il processo di adattamento, più alti sono i costi, e più probabile è la necessità di investimenti di capitale (Bardaji e Iraizoz, 2015).

Una carrellata delle pratiche e strategie di adattamento, in relazione agli effetti dovuti al cambiamento climatico, è riportata nell'Annex 2, nelle in Tabella 43Tabella 44Tabella 45.



Figura 10: i produttori della Borgogna (Francia) alle prese con le anomale gelate manifestatesi a maggio 2014

CAPITOLO 3 – CONTRIBUTI TEORICI E METODOLOGICI ALLO STUDIO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO NELLA LETTERATURA ECONOMICA

Ad oggi, in letteratura, la maggior parte degli studi prende in considerazione gli impatti fisici, senza approfondire la valutazione economica, soprattutto in termini di costi ad essi associati. Va specificato che gli impatti del cambiamento climatico sono molteplici e colpiscono vari aspetti di un settore economico (gestione aziendale, investimenti, orientamento strategico ecc.) Analizzare i vari impatti l'uno indipendentemente dagli altri non è sufficiente, in quanto si trascurano le interazioni tra i vari effetti e le ripercussioni che un effetto può avere su altri aspetti o settori di un sistema economico. Inoltre, per fare una valutazione delle perdite economiche o valutare il costo-beneficio di azioni di adattamento, si dovrebbe conoscere il valore del danno totale prodotto dal cambiamento climatico, ossia il suo impatto fisico, ed assegnare quindi un valore economico a tale impatto. Questa operazione risulta difficile per due motivi: (i) non esistono spesso proiezioni degli impatti fisici dei cambiamenti climatici, soprattutto su scala nazionale o regionale (le scale su cui si sviluppano in pratica le politiche di adattamento); (ii) non esiste un valore monetario per tutti i danni fisici prodotti dal cambiamento climatico. Inoltre non si può prescindere dalla considerazione del ruolo umano nel processo di adattamento, in termini di percezione, attitudine e comportamento. Ne deriva una enorme complessità nella definizione di un sistema di valutazione. Infatti, non esiste in letteratura una classificazione degli approcci o delle teorie economiche utilizzate nel campo del cambiamento climatico.

Per questo motivo, sono stati analizzati gli approcci e le teorie economiche utili a fornire un inquadramento teorico generale e un sistema di analisi che si possa applicare alla tematica dell'adattamento al cambiamento climatico. Sono stati, quindi, selezionati ed approfonditi due approcci:

- **analitico**, che suddivide la realtà nei suoi componenti per poi costruire un modello o una teoria astratta e si fonda sull'ipotesi marcatamente individualista dell'*homo economicus*;
- **olistico**, che cerca di raccogliere e comunicare delle totalità, o sistemi, per conservare la ricchezza della unitaria realtà vivente, utilizzando un metodo ampiamente interdisciplinare o multidisciplinare.

Parallelamente alla definizione di tali approcci, sono stati analizzati i principali contributi metodologici che rispondono, in tutto o in parte, alla suddivisione teorica analitica e olistica. Tali contributi sono stati suddivisi in:

- **metodi strutturali**, che coniugano la risposta agronomica con quella economica e con le scelte gestionali degli agricoltori e rispecchiano l'approccio di tipo analitico, in quanto si focalizza sull'insieme delle variabili che caratterizzano un determinato aspetto

- “spazio-analogici”, che sfruttano le differenze osservate nel clima e nei livelli di produzione tra le diverse Regioni e che sono riconducibili ad un approccio olistico, in quando si concentrano su un livello di indagine più ampio, includendo numero maggiori di variabili e interazioni. Infine, vengono riportati i principali risultati che rispondono agli obiettivi dell’indagine.

3.1 Principali contributi teorici

3.1.1 Approccio analitico: le teorie marginaliste

Nella seconda metà dell’Ottocento, con tre opere quasi contemporanee - *Principi di economia politica* (1871) di C. Menger, *Teoria dell’economia politica* (1871) di W.S. Jevons e *Elementi di economia politica pura* (1874) di L. Walras - si apre una fase nuova nella storia dell’economia politica: l’epoca neoclassica. Questi tre autori hanno in comune il principio marginalista, ma vi sono anche profonde differenze¹⁶. La rivoluzione marginalista rivaluta l’analisi soggettivista e microeconomica accantonata dal filone classico Smith-Ricardo, introducendo l’analisi aggregata, l’equilibrio macro statico e la teoria del valore basata sul costo di produzione¹⁷.

Tale sistema teorico si afferma negli anni Ottanta e Novanta dell’Ottocento e resta egemone nel primo trentennio del Novecento grazie ad autori quali A. Marshall, F. Edgeworth, P. Wicksteed e L. Robbins in Inghilterra, J.B. Clark e I. Fisher negli Stati Uniti, K. Wicksell in Svezia, V. Pareto in Italia. F. von Wieser e E. von Bohm-Bawerk in Austria seguono l’impostazione di Menger mentre nel trentennio successivo si lavorerà all’affinamento e alla generalizzazione della teoria.

Contrariamente al pensiero classico, che aveva affrontato l’analisi economica partendo dai grandi aggregati collettivi, e in particolare dalle classi sociali, la teoria neoclassica conduce la sua analisi esaminando il comportamento del singolo individuo, da qui il termine di *individualismo metodologico*.

La società è composta di singoli operatori indipendenti (imprenditori, lavoratori, consumatori), collocati su un piano di parità e non discriminati da rigorose distinzioni di classe. Si suppone che ogni individuo si comporti in modo razionale, cercando di perseguire il massimo benessere (utilità) individuale. E dunque l’imprenditore cercherà di ottenere il massimo profitto. Il lavoratore sceglierà, in base al reddito conseguibile e alla disutilità del lavoro, se occuparsi alle dipendenze di un’impresa o se lavorare come indipendente (imprenditore, artigiano, ecc.). Il consumatore

¹⁶ Menger propone un’epistemologia completamente diversa, incentrata sull’*individuo*, che compie scelte in base alle proprie preferenze e interagisce col mondo reale. In tale contesto diventa centrale la figura del consumatore, elemento di orientamento di tutta l’attività produttiva, e le cui preferenze determinano i valori e i prezzi relativi. La soluzione e la visione economica di Jevons sono frammentarie e incomplete; egli inoltre si trova a combattere contro l’enorme prestigio che l’economia ricardiana era riuscita ad accumulare nel contesto intellettuale inglese, e dunque ha poca influenza e attrae un numero esiguo di seguaci. Anche il sistema di Walras, poco realistico nella sua formalizzazione di un ‘equilibrio generale’ privo di incertezza e della nozione di causa ed effetto, ha inizialmente poca influenza, salvo essere ripreso qualche anno dopo, per diventare la base delle fallacie della teoria microeconomica. Dei tre autori, dunque, è Menger colui che formula la visione più completa e le soluzioni più rilevanti.

¹⁷ M. Rothbard: questa analisi, soprattutto in Menger e nel ‘quasi-austriaco’ Jevons, riporta il sentiero teorico dell’economia nella corretta strada in cui lo avevano collocato gli scolastici, gli economisti del Settecento francesi (Cantillon, Turgot) e italiani (Galvani e Genovesi). Il termine ‘marginalismo’ oscura la novità, che è rappresentata dall’individualismo e dal soggettivismo.

spenderà il proprio reddito realizzando la combinazione di beni che gli procurerà il massimo benessere e ripartirà il proprio reddito in modo da ottimizzare il rapporto tra consumi presenti e risparmio (consumi futuri).

La determinazione delle quantità prodotte, consumate, risparmiate dai singoli soggetti avviene attraverso il cosiddetto principio marginalistico (e per questo motivo tali autori vengono anche chiamati "marginalisti"). Il metodo marginalista, basato su un ampio uso della matematica, consiste nella determinazione delle quantità scelte dai singoli operatori attraverso l'esame di piccole variazioni (appunto, variazioni "marginali", cioè "al margine") delle quantità medesime.

Tale metodo conduce all'individuazione delle scelte ottime dei soggetti mediante il confronto tra il beneficio e il costo (marginali) ottenuti modificando in maniera infinitesimale una data scelta. Negli austriaci e in Jevons il marginalismo è applicato alla teoria soggettiva del valore, come risultante dell'utilità e della scarsità¹⁸.

La determinazione delle grandezze macroeconomiche, cioè a livello del sistema economico nel suo complesso (quantità prodotte e scambiate di tutti i beni e di tutti i servizi, prezzi relativi, numero di lavoratori occupati) avviene attraverso l'incontro sul mercato dei singoli operatori, e dunque attraverso l'incontro tra domanda e offerta.

Condizione importante è che nel mercato vigga un regime di concorrenza perfetta, caratterizzato da un elevato numero di offerenti e acquirenti, dalla omogeneità del prodotto, dalla trasparenza del mercato (perfetta informazione), dalla libertà di ingresso nel mercato.

Per i neoclassici, il sistema capitalistico di mercato rappresenta la miglior forma di organizzazione economica e sociale. Essi, dunque, sono al tempo stesso interpreti e apologeti di tale sistema. I risultati raggiunti dal mercato rappresentano una situazione di massima efficienza e di massima equità.

Per quanto riguarda il primo aspetto, si ha un'efficienza in senso tecnico, in quanto l'utilizzazione delle risorse avviene senza sprechi (cioè i costi sono minimi); e un'efficienza in senso economico, in quanto l'insieme dei prodotti risponde esattamente alle preferenze dei consumatori.

Per quanto riguarda l'equità, il sistema remunera ciascuna risorsa in base al contributo dato alla produzione (produttività marginale). Dunque non si verifica alcuno sfruttamento a danno del lavoratore.

In sintesi, l'economia neoclassica è l'insieme delle teorie economiche che ha l'obiettivo di studiare la determinazione di prezzi e quantità attraverso un approccio di equilibrio generale¹⁹.

¹⁸ Prima del marginalismo, nell'area britannica importanti intuizioni relative a una teoria soggettivista del valore sono offerte dallo scozzese John Craig (1814) e dagli inglesi Samuel Bailey (1825) e Nassau Senior (1836).

¹⁹ La teoria di equilibrio economico generale, la cui prima formulazione compiuta è dovuta all'economista francese Léon Walras (1834-1910), è considerata da molti interpreti come il fondamento della teoria economica contemporanea in cui il concetto di equilibrio riveste un ruolo fondamentale. Si tratta della celebre rappresentazione contenuta negli "Elementi di economia politica pura", pubblicato in due parti, la prima nel 1874, la seconda nel 1877; un'opera famosissima che ha conosciuto diverse edizioni. La teoria dell'equilibrio economico generale ha per obiettivo quello di spiegare la determinazione congiunta delle scelte di produzione e di consumo, e dei prezzi, nell'intera economia. L'approccio utilizzato da Walras non è di equilibrio parziale (esame di un mercato per volta, come nella tradizione marshalliana) ma è, appunto, di equilibrio generale (per cui tutti ciò che accade in un singolo mercato determina effetti su tutti gli altri mercati).

Tale equilibrio è ottenuto tramite l'incrocio di domanda e offerta, entrambi determinati come risultato dei processi di massimizzazione rispettivamente dei consumatori e delle imprese.

La teoria microeconomica neoclassica afferma che gli individui conseguono benessere soddisfacendo i propri bisogni, cioè consumando beni e servizi. Per fare ciò devono ottenere un reddito, attraverso il lavoro. Poiché il lavoro comporta disutilità (fatica, noia), gli individui scelgono la quantità di lavoro che massimizza il loro benessere, confrontando la disutilità del lavoro con l'utilità proveniente dai beni conseguiti attraverso il lavoro.

Le assunzioni sottostanti la determinazione dell'equilibrio economico generale nella teoria neoclassica in ambito microeconomico, sono le seguenti:

- gli agenti economici compiono scelte ottimizzanti e razionali e ciò vale sia per i consumatori sia per le imprese;
- in una situazione di scarsità delle risorse e vincolo di bilancio, gli agenti devono fare scelte economiche di consumo e risparmio, tenendo conto dei loro vincoli di bilancio;
- nella scelta fra due beni, tenendo presente il concetto di costo-opportunità, all'interno del metodo di analisi noto come marginalismo, l'individuo deve rinunciare a uno dei due beni, rinuncia che rappresenta il suo costo di opportunità;
- le imprese compiono scelte ottimali massimizzando i loro profitti, cosa che, sotto alcune assunzioni, è equivalente alla minimizzazione dei costi, che a sua volta dà origine, tramite la legge di Eulero, alla relazione tra la retribuzione dei fattori (lavoro e capitale) e la produttività;
- le scelte ottimizzanti di tutti gli agenti si incontrano nell'equilibrio di mercato (equilibrio perfetto di mercato); il mercato walrasiano, in assenza di asimmetrie informative e concorrenza imperfetta, porta a un'allocazione ottimale, come stabilito anche dal combinato dei teoremi dell'economia del benessere, teoremi dell'economia del); in questo contesto l'equilibrio di mercato è sempre Pareto efficiente, vale a dire che non è possibile accrescere l'allocazione delle risorse di alcuni agenti senza diminuire quella di altri.

Un tentativo, interno all'economia neoclassica, di andare oltre la visione tradizionale del sistema economico, mantenendo comunque l'impianto teorico, è rappresentato dall'economia dell'ambiente. Tale disciplina si pone l'obiettivo di valutare le relazioni tra sistema economico ed ambiente naturale, mantenendo, dalla teoria neoclassica, la sovranità del consumatore, la fiducia nell'efficienza del mercato e nel meccanismo dei prezzi.

In particolare, l'economia ambientale focalizza la sua attenzione sui comportamenti degli agenti economici (individui e imprese) che sono all'origine dei problemi ambientali, al fine di individuare elementi utili a costruire soluzioni a tali problemi (Tietenberg, 2004).

I temi principalmente considerati dagli economisti ambientali sono quelli che hanno un'interazione diretta con il processo economico, tra questi:

- Il livello di inquinamento accettabile da un sistema e gli strumenti di politica economica ad esso collegati;
- L'analisi della legislazione ambientale e degli accordi internazionali dedicati alla protezione delle risorse ambientali;
- La valutazione dei beni extra-mercato.

L'economia ambientale, intesa in senso ampio, è articolata in numerose ramificazioni, dallo studio dello sfruttamento ottimale delle risorse naturali (rinnovabili, come la flora e la fauna, o non rinnovabili, come i combustibili fossili, per es. petrolio e carbone), alle politiche ottimali di controllo dell'inquinamento, allo studio dei legami tra sviluppo economico e ambiente naturale, fino all'individuazione di metodi di valutazione economica dell'ambiente. Il controllo dell'inquinamento, o, più in generale, l'analisi del flusso di prodotti di rifiuto immessi nell'ambiente, rappresenta uno dei punti centrali dell'economia ambientale. Ciascun agente economico, individuo o impresa, non sostiene (se non in piccola parte) i costi sociali legati ai propri comportamenti quando questi ultimi generano inquinamento (come l'esternalità negativa dovuta alle emissioni inquinanti di un'azienda). L'interesse sociale non è limitato a quello di consumatori e imprenditori, perché questi ultimi tendono a non considerare gli effetti esterni delle loro scelte, di conseguenza l'equilibrio di mercato non massimizza il benessere sociale. Infatti a causa dell'esternalità negativa, il costo sociale della produzione, che ricade su tutti i cittadini, è maggiore di quello sostenuto dai produttori, di conseguenza per ogni unità prodotta, oltre al costo privato per i produttori, dev'essere calcolato anche quello sostenuto dai terzi danneggiati dagli inquinanti. Senza intervento dello Stato, la quantità prodotta di un bene (causa di un'esternalità negativa) che porta all'equilibrio del mercato è più elevata rispetto alla quantità di equilibrio sociale, perché non considera il costo sociale. Occorre quindi ridurre la produzione per aumentare il benessere totale. Lo Stato, per trovare un equilibrio che sia ottimale dal punto di vista sociale, può intervenire applicando per esempio una tassa sulla produzione (tassa pigouviana), in modo che il costo dell'esternalità venga 'internalizzato' dal produttore. In caso di esternalità positive si concederanno invece sussidi al produttore. Partendo da ciò, alcuni studiosi si sono posti l'obiettivo di individuare interventi atti alla correzione del comportamento individuale in direzioni meno dannose per l'ambiente. I principali contributi sotto questo profilo hanno indicato due categorie di strumenti: comando e controllo, basati sulla redazione di leggi e regolamenti che obblighino individui e imprese a scegliere comportamenti a basso impatto ambientale (per es. con divieti di utilizzo di un certo tipo di fertilizzanti in agricoltura); metodi basati sugli incentivi, disegnati in modo da incoraggiare comportamenti virtuosi correggendo costi e benefici connessi all'inquinamento (tassando produzione e consumo inquinanti). Esempi di questo tipo sono la carbon tax, i sussidi alla produzione e consumo 'verdi', gli incentivi alla produzione di energia da fonti rinnovabili. Un altro sistema di intervento, in vigore nell'Unione Europea, è il sistema di scambio di quote di emissione di gas serra finalizzato a garantire che chi inquina paghi un prezzo per ciascuna unità di gas serra prodotta.

3.1.1.1 Il contributo della teoria dell'equilibrio economico generale

Principalmente l'approccio neoclassico, ed in particolare nell'economia ambientale, è stato utilizzato per studiare il cambiamento climatico in una prospettiva di equilibrio economico generale, con l'intento di cogliere le complesse interrelazioni esistenti tra i vari elementi del sistema bio-economico e le esternalità generate al suo interno e stimare le implicazioni macroeconomiche dei cambiamenti climatici. Infatti, questo approccio consente di analizzare i cambiamenti indotti dal cambiamento climatico, nelle diverse tipologie di effetto (livello dei mari, desertificazione, domanda di energia, ecc.), non solo sui settori in cui si ha l'impatto iniziale, ma anche sulla struttura del commercio mondiale, e di conseguenza sui meccanismi di feedbacks che passano attraverso variazioni della domanda mondiale.

La teoria dell'equilibrio economico generale è stata implementata matematicamente nel secondo dopoguerra da Arrow e Debreu, fino ad arrivare alla formulazione di modelli di simulazione applicati (o computabili) di equilibrio economico generale.

Nell'ultimo decennio la teoria dell'equilibrio generale è stata utilizzata per studiare il fenomeno collegato al cambiamento climatico, in particolare al fine di valutare le strategie politiche (Nordhaus and Yang, 1996; Bernard et al., 2003; Parry et al., 1999; Böhringer and Rutherford, 1997), gli impatti sul turismo (Berritella et al., 2006), sul welfare (Kokoski and Smith, 1987) e sulla crescita economica (Eboli et al., 2010), l'ottenimento di ipotetici equilibri di riferimento, che vengono successivamente perturbato da urti, simulando gli effetti dei cambiamenti climatici.

I risultati derivanti dall'utilizzo di tale approccio sono spesso utilizzati per formulare una valutazione macroeconomia del cambiamento climatico, in quante il modello permette la:

- quantificazione degli impatti fisici diretti del cambiamento climatico e loro stima economica;
- descrizione e identificazione dei processi economici attraverso i quali tali impatti diretti si trasmettono a livello internazionale e intersettoriale;
- stima economica dei costi complessivi del cambiamento climatico per regione e settore.

Questo ambito di ricerca altamente multidisciplinare, ha condotto alla quantificazione economica di un considerevole numero di impatti sia a livello globale che per l'area del Mediterraneo (Bosello et al., 2011; 2012; Ronneberger et al., 2009; Bosello et al., 2007; 2006; Bigano et al., 2008), alla determinazione di funzioni di danno ambientale, non più in forma ridotta ma esplicita (Bosello & Shechter, 2013; Bosello et al., 2009) ad una prima quantificazione del ruolo del cosiddetto "adattamento autonomo", cioè la capacità dei mercati di alleviare i costi diretti degli impatti attraverso meccanismi di sostituzione dei fattori produttivi o i canali di commercio internazionale.

3.1.1.2 Il contributo della teoria della prossimità

Un secondo filone di indagine, che si colloca nel solco dell'economia neoclassica e che può essere applicato al fenomeno del cambiamento climatico, è rappresentato dalla teoria della prossimità o vicinanza geografica, nata nell'ambito dei distretti industriali teorizzati da Alfred Marshall (1890) ed ampliata da Porter negli anni successivi (2000). Tale teoria sostiene che le imprese interagiscono ad un meso-livello e che lo scambio di conoscenze che deriva da tale interazione aumenta il livello di innovazione delle singole (Audretsch, 1998; Jaffe et al., 1993; Pouder & St. John, 1996; Tallman et al., 2004; Camagni, 1991; Keeble & Wilkinson, 1999), generando delle ricadute a livello locale (Jaffe, 1996). Ciò è dovuto principalmente al fatto che le imprese in prossimità geografica, come possono essere i cluster, mettono in condivisione lavoratori, in termini di capitale umano, e fornitori specializzati, sviluppando comuni strategie per il settore (Romanelli & Khessina, 2005; Saxenian & Saxenian, 1994; Spender, 1989).

Le imprese distrettuali²⁰ possiedono una comune memoria storica dei fatti industrialmente rilevanti e delle logiche consuetudinarie nei rapporti tra imprese. Ciò diminuisce le possibilità di conflitto in quanto tali norme istituzionali riducono l'incertezza che può connotare la regolazione e il coordinamento dei rapporti tra le imprese, riducendo le relative dissonanze strategiche. Tra l'altro, l'inspessimento di queste relazioni produttive ha storicamente formato linguaggi, codici, standard di qualità e tecniche di produzione che sono comunemente noti a tutti gli operatori. Ciò agevola i rapporti manifatturieri e mercantili, riducendo i costi transazionali.

Dunque, la forza competitiva del distretto è data dalla sua coesione interna. Tutte le risorse (professionali, finanziarie, tecnologiche, commerciali, imprenditoriali, ecc.) vengono generate endogenamente al distretto e incrementano compatibilmente al suo paradigma di sviluppo (Grandinetti, 1997). È evidente, tuttavia, che il paradigma distrettuale, con i suoi meccanismi virtuosi fondati sulle economie esterne, presenta però vulnerabilità strategiche: infatti, le diverse condizioni tecnologiche, di mercato e socio-istituzionali contribuiscono alla generazione di un sistema di regole comportamentali da parte dei diversi attori locali, da cui discendono, a loro volta, i set di competenze sedimentate nel territorio. Queste relazioni attivano un circuito virtuoso, sintetizzato nella concettualizzazione delle economie esterne marshalliane, all'interno di una peculiare traiettoria di sviluppo.

Quindi, in un processo di cambiamento evolutivo, come può essere considerato il fenomeno del cambiamento climatico, l'impresa sedimenta una propria identità strategica, composta organizzativamente di proprie competenze, informazioni e risorse cumulate nel corso del suo processo evolutivo, da cui discendono nuovi e originali percorsi decisionali routinari, fondati su ruoli, regole, procedure e tradizioni culturali anche difforni dallo stereotipo distrettuale (Nelson, 1995). Ciascuna impresa tende a ricercare un proprio sentiero evolutivo fatto di una matrice

²⁰ La storia distrettuale, con i suoi successi e le sue risposte strategiche alla crisi, ha istituzionalizzato un vero e proprio paradigma strutturale di comportamento delle imprese, da cui discendono precise regole inter-organizzative, capaci di una regolazione consuetudinaria di questi rapporti. Regole organizzative e produttive quali la piccola dimensione, la specializzazione di fase, la matrice imprenditoriale, lo sviluppo per relazioni esterne nell'ambito del sistema locale, il ricorso diffuso e intenso a relazioni di decentramento operativo e la concorrenza di prezzo per una data prestazione, appaiono pacificamente condivise da tutti gli attori del sistema, riducendo i possibili conflitti transazionali.

complessa determinata da competenze e capacità tecnologiche, organizzative, imprenditoriali, di mercati e di prodotti (Hunt & Morgan, 1996). Strategie innovative di differenziazione dei prodotti (basate su nuove competenze, nuovi materiali, nuove tecniche produttive) o di diversificazione dei prodotti (tramite gamme complementari in termini di marketing o tecnologici), di penetrazione stabile su nuovi mercati esteri o di istituzione di nuovi sensori di mercato su quelli preesistenti, di innovazione tecnologica e così via, appaiono perseguibili in questa nuova traiettoria evolutiva, sempre meno condizionata dalle risorse generate dal distretto.

È evidente però che l'apprendimento e l'implementazione di queste nuove formule competitive e organizzative - richiedendo sovente il coinvolgimento attivo di numerosi operatori - possono implicare, all'interno del distretto, significative inerzie al cambiamento e comportamenti transitori di tipo opportunistico o da *free riders*. In questo senso, gli adattamenti perseguiti dai singoli soggetti saranno lenti e non genereranno rapidamente economie esterne a favore delle altre imprese. Di conseguenza, l'assetto distrettuale canonico può persistere a lungo, senza radicali mutamenti.

3.1.2 Approccio olistico: le teorie sperimentali

Il modello d'individuo (*l'homo oeconomicus*, espressione introdotta da Vilfredo Pareto nel 1906) al centro dell'impianto teorico neoclassico è risultato essere fortemente semplicistico, in quanto nella vita reale, gli individui sono in grado di assumere atteggiamenti differenti dalla razionalità strumentale. Tra gli economisti che si sono astenuti dall'accettare in modo incondizionato la veridicità del paradigma della razionalità strumentale come unico movente del comportamento economico, meritano una segnalazione A. Sen (1933) e A. O. Hirschman (1915).

Il primo, un economista indiano premio Nobel nel 1998, sostiene che «il tipo freddamente razionale può predominare nei nostri libri di testo, ma che il mondo reale è ben più ricco». Il suo contributo non mira a negare che il comportamento economico sia razionale, bensì a smentire la pretesa irrazionalità dei comportamenti non strumentali e non egoistici.

Innanzitutto egli sostiene che il paradigma della razionalità strumentale ed egoistica si basa su un duplice assunto: quello della «coerenza interna di scelta» e quello della «massimizzazione dell'interesse personale».

A sostegno dell'infondatezza del primo argomento, Sen propone un esempio affermando che, se una persona scegliesse metodicamente il contrario di ciò che la porterebbe a raggiungere le cose che desidera, nonostante la sua coerenza, non potrà essere certamente considerata razionale.

Sen ritiene troppo semplicistica anche l'idea di una coerenza puramente interna secondo cui le preferenze reali di una persona si possono comprendere solo attraverso le sue scelte effettive (teoria delle preferenze rivelate). La coerenza di una scelta, infatti, dipende anche da alcuni elementi esterni a essa come per esempio le motivazioni, le preferenze e i valori di chi compie la scelta stessa (motivazioni intrinseche).

Alla base del secondo assunto vi sono invece le seguenti ipotesi: il comportamento, perlomeno economico, degli individui, è mosso esclusivamente dall'interesse personale e solo una simile

condotta porta al raggiungimento dell'agognata efficienza intesa o come «efficienza tecnica», secondo cui per produrre una quantità maggiore di un output è necessario ridurre la produzione di un altro output, o come «efficienza economica» (ottimalità paretiana), secondo cui l'aumento di benessere di qualcuno implica la perdita di benessere di qualcun altro.

Sen mette in discussione anche l'ipotesi che comportamenti non motivati dall'interesse personale non arrechino alcun vantaggio. Infine, anche Hirschman come Sen, rimprovera alla teoria ortodossa, di aver sacrificato nelle sue analisi comportamentali l'etica e lo spirito civico all'interesse individuale.

A sostegno della tesi di Sen circa l'eterogeneità motivazionale nel comportamento degli agenti economici, è possibile far riferimento alle ricerche dell'economia sperimentale che hanno evidenziato l'importanza delle relazioni interpersonali nella descrizione della fenomenologia economica, per troppo tempo occultate per timore che la disciplina fosse contaminata dalle altre scienze sociali ritenute inferiori solo perché «meno attrezzate sul piano della strumentazione logico-matematica» (Sacco, 2006).

In particolare, negli anni 50, grazie ai contributi dei premi Nobel Herbert A. Simon (*Administrative behavior: a Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*, 1947) e M. Allais (*Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école Américaine*, 1953) nasce l'Economia Comportamentale, la quale, a partire dall'analisi sperimentale e impiegando concetti tratti dalla psicologia, elabora modelli di comportamento alternativi rispetto a quelli formulati dalla teoria economica standard.

Le falsificazioni del modello tradizionale riguardano il giudizio (il calcolo attraverso cui gli individui stimano le probabilità), le preferenze (le motivazioni dei comportamenti) e le scelte (i processi attraverso cui si seleziona un'azione). Secondo Simon, le scelte economiche spesso puntano a 'soddisfare' e non a ottimizzare (come invece assunto dalla teoria standard). Il paradosso di Allais descrive il fatto che, in situazioni di rischio, molte persone attribuiscono valori sproporzionatamente grandi a date probabilità, se esse rappresentano la differenza tra rischio e certezza. Il maggiore impulso alla Economia Comportamentale venne, a partire dagli anni 1970, dai lavori di A. Tversky e D. Kahneman. I loro esperimenti mostrano che le persone tipicamente attribuiscono valore maggiore a beni che già posseggono. Questo fenomeno, detto *loss aversion*, e altre 'idiosincrasie' osservate negli esperimenti sono formalizzate dalla *prospect theory*²¹.

L'evidenza empirica sperimentale e gli studi degli psicologi cognitivi mostrano che il giudizio umano in condizioni d'incertezza segue certe regole euristiche (regole semplici ed efficienti, basate sull'intuito e sulle circostanze contingenti per risolvere problemi complessi) piuttosto che le

²¹ La teoria del prospetto è una teoria della decisione formulata dagli psicologi israeliani Daniel Kahneman e Amos Tversky nel 1979. Essa rappresenta un'alternativa "descrittiva" alla teoria dell'utilità attesa di John Von Neumann e Oskar Morgenstern. Ciò significa che, mentre la teoria classica aveva il fine di stabilire le condizioni ideali ("normative") secondo cui una decisione può essere definita "razionale", la teoria del prospetto si propone invece di fornire una descrizione di come gli individui effettivamente si comportano di fronte a una decisione. La teoria del prospetto si focalizza in particolare sulle decisioni in condizione di rischio, che sono definite come le decisioni in cui è conosciuta (o si può stimare) la probabilità associata ai possibili esiti di ogni alternativa a disposizione.

leggi della probabilità come nella teoria economica standard. Per esempio, si tende a valutare le probabilità degli eventi futuri in base alla propria capacità di immaginare tali eventi, richiamarli alla mente o ricondurli al proprio vissuto (euristica della rappresentatività ed euristica della disponibilità), a credere che ciò che si osserva in piccoli campioni sia rappresentativo della popolazione (legge dei piccoli numeri), ad attribuire un peso eccessivo agli eventi certi rispetto a quelli incerti anche quando questi ultimi presentano un valore atteso maggiore (effetto certezza), a sottovalutare, mal interpretare o trascurare nuove informazioni che contraddicono le ipotesi formulate e ritenute valide in passato (perseveranza delle convinzioni e pregiudizio della conferma), a esagerare il grado in cui le proprie aspettative prima di un dato evento siano coerenti con le proprie convinzioni dopo che l'evento si è verificato (pregiudizio del senno di poi), a sovrastimare, infine, i primi dati che si presentano durante il processo decisionale (effetto ancoraggio).

Seguendo lo stesso filone di ricerca, nel 1963 R.M. Cyert e J.G. March elaborano la teoria comportamentista dell'impresa, pubblicando il libro "*A behavioral theory of the firm*". Tale teoria si pone l'obiettivo di mettere in evidenza le diverse variabili che possono influire sul processo decisionale di un'impresa. Questa teoria rappresenta un punto di svolta importante rispetto alle precedenti teorie neoclassiche dell'impresa che presupponevano un comportamento teso alla massimizzazione del profitto, dati alcuni fattori produttivi a disposizione. L'impresa presenta, secondo questa teoria, una complessità tale da permettere ad alcuni gruppi (interni ed esterni all'impresa stessa) di condizionare il processo decisionale. In questo contesto l'impresa non può assumere decisioni con la completa conoscenza di tutte le informazioni riguardanti le risorse disponibili, i vincoli, l'evoluzione del mercato ecc., ma può solo assumere decisioni *proceduralmente razionali*, ovvero decisioni che, pur perseguendo un obiettivo massimizzante, tengano conto della limitata disponibilità di informazioni. L'impresa, quindi, si caratterizza come un corpo sociale speciale formato da individui (o più spesso gruppi di individui) che sovente hanno obiettivi e aspettative diverse (e anche conflittuali) tra loro; si pensi, ad esempio, alle motivazioni e agli interessi che possono opporre operai, impiegati, dirigenti, azionisti, clienti, fornitori ecc. In questo contesto la fissazione di obiettivi aziendali non può rispondere esclusivamente ad un criterio di massimizzazione dei profitti ma può e deve tener conto di altre variabili. Il ruolo del personale direttivo è, quindi, quello di assumere decisioni che, pur non essendo *ottimali* da un punto di vista produttivo, risultino *soddisfacenti* se inquadrare nell'ambito della complessa struttura aziendale; nell'esplicare questa funzione esso è aiutato dalle esperienze passate le quali costituiscono degli utili indicatori per permettere un rapido adeguamento dell'impresa alle nuove esigenze.

La teoria, sviluppata da Cyert e March e che riprendeva studi già compiuti da Herbert Simon²², ha costituito un fattore importante nella ridefinizione dell'analisi teorica legata alle problematiche del processo decisionale all'interno dell'impresa.

²² Simon, Herbert: Economista statunitense Premio Nobel per l'economia nel 1978 per «la poliedricità dell'impegno scientifico e per la sua opera pionieristica sui processi decisionali in seno alle organizzazioni economiche che costituisce la base fondamentale della ricerca moderna sull'economia delle imprese pubbliche e private» (secondo la motivazione ufficiale dell'Accademia svedese delle scienze).

Negli stessi anni, alla *Carnegie Technical Schools* di Pittsburgh, Pennsylvania, un altro filone di ricerca si sta sviluppando a partire dagli approcci evolutivi nati con Darwin (1859), a sua volta influenzato da Malthus (1798): la teoria economica evolutiva.

Tale teoria si avvale di numerosi contributi, tra cui quelli di Veblen (1899), Schumpeter (1934, 1954), Penrose (1952), Alchian (1950) e Hayek (1988) ma, in particolare, la nascita dell'approccio evolutivo coincide con la pubblicazione di Nelson & Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*.

L'economia evolutiva propone un approccio radicalmente diverso rispetto a quello dell'economia neo-classica, in cui il cambiamento e il progresso tecnico sono al centro dell'analisi.

I sistemi economici evolvono secondo dinamiche determinate in maniera endogena dall'emergenza di innovazioni nei prodotti, nei processi e nelle forme organizzative. Secondo la teoria evolutiva, i fenomeni di apprendimento e di accumulazione di conoscenze hanno un ruolo essenziale nello sviluppo dell'impresa. Una questione essenziale è quella della coerenza dell'impresa, che sorge da due osservazioni empiriche: le imprese sono eterogenee, offrono portafogli di prodotti molto diversificati, e la distribuzione dei portafogli di prodotti nelle imprese e tra le imprese non è aleatoria. Il grado di prossimità delle attività delle imprese moderne è la coerenza. La teoria dell'impresa deve allora spiegare gli elementi che distinguono le imprese, le ragioni per cui ogni impresa comprende un portafoglio di attività non aleatorio, e secondo quali logiche le imprese evolvono e si trasformano. L'apprendimento e le routine sono al cuore dell'analisi. È la natura stessa delle competenze e dei processi d'apprendimento realizzati che determina l'evoluzione dell'impresa. Questo approccio si fonda anche sui lavori di E. Penrose, secondo la quale la crescita delle imprese dipende dalle risorse e dai servizi resi da queste risorse grazie all'esperienza e alle conoscenze accumulate nell'impresa. Tale indirizzo ispirerà un altro approccio, le teorie basate sulla centralità delle risorse (*resource-based view of the firm*).

L'impresa, uno dei principali soggetti di studio della teoria economica, nel tempo ha, infatti, assunto sfaccettature e connotazioni sempre più peculiari e articolate. La teoria neoclassica tratteggia l'agente economico mono dimensionalmente, come quell'insieme di beni che, date le scelte razionali di un agente perfettamente informato, viene combinato in un dato set produttivo, al fine di massimizzare il profitto in un contesto competitivo di mercato in cui sia il sistema dei prezzi che il tasso del progresso tecnologico sono esogeni. La teoria dell'impresa così delineata, per quanto sia efficace ai fini di una modellizzazione, risulta eccessivamente semplificata, perché appiattisce alcune dimensioni significative della complessità aziendale.

Ronald Coase (1937), nel suo lavoro "The nature of the Firm" si pose, infatti, l'obiettivo di rendere la teoria dell'impresa tradizionale più realistica, vale a dire oltrepassando il concetto che gli individui scelgono e agiscono individualmente, guidati solo dal sistema economico, come ritenuto dall'economia ortodossa, e introducendo l'importanza del ruolo organizzativo e di coordinamento delle imprese. Quest'ultimo fenomeno era già stato in precedenza sottolineato da alcuni economisti: Marshall aveva introdotto l'organizzazione come il quarto fattore di produzione; Clark attribuiva all'imprenditore la funzione di coordinamento; Knight aveva introdotto la figura dei managers con il compito di coordinare le attività dell'impresa; Robertson aveva osservato come si

trovino “isole di potere consapevole in questo scenario di cooperazione inconsapevole, come grumi di burro che coagulano in un sacchetto di fior di latte”.

La teoria dell'organizzazione di Ronald Coase pone le basi per il successivo approfondimento della teoria dei contratti, della teoria dell'integrazione verticale, della teoria dei costi di transazione, dell'analisi organizzativa interna dell'impresa, della teoria dei diritti di proprietà.

Alla capacità organizzativa e di coordinamento, si aggiungono poi il progresso tecnologico e le diverse combinazioni di risorse che si possono manifestare internamente all'impresa, variabili per cui il soggetto economico raggiunge un livello di sviluppo più sofisticato, che sposta l'attenzione del decisore, il quale massimizza la funzione obiettivo su ciò che è solo parzialmente noto o ignoto (Schumpeter, 1950; Romer, 1990). Il comportamento dell'impresa è guidato così sia dal mercato e dall'andamento dei prezzi sia da alcune condizioni interne all'impresa stessa che influenzano l'ambiente circostante; in questo caso le decisioni dei vertici aziendali non possono più configurarsi come procedure o politiche, ma assumono la qualifica di strategia (Miles et al., 1978; Rumelt & Lamb, 1984; Coda, 1988; Oliver, 1997) con l'obiettivo di rendere coerenti le capacità dinamiche insite nella complessa organizzazione aziendale con gli obiettivi primari attinenti alla sopravvivenza competitiva del coordinato complesso (Montgomery, 1995; Malerba, 2002).

In particolare, la produzione di un'impresa risente quantitativamente sia delle diverse allocazioni di risorse, sia delle modalità di collegare tra loro quest'ultime (Hall, 1993; Winter, 2006), influenzando il processo di calcolo dei costi e dei profitti (Bruni & Campedelli, 1993) e rendendo maggiormente complicato il confronto con i concorrenti a causa della asimmetrie informative presenti sul mercato.

Infatti, già nel 1959 Edith Penrose sostiene che “firm is more than an administrative unit; it is also a collection of productive resources the disposal of which between different uses and over time is determined by administrative decision” e propone una nuova definizione di risorse: “the physical things a firm buys, leases, or produces for its own use, and the people hired on terms that make them effectively part of the firm” (1959). Nel 1980 nasce, così, il filone speculativo Resource Based View con la prima matrice teorica adottata per lo studio del valore dei beni sviluppata a partire dagli studi di Wernerfelt (1984; 1994) e di Barney (1986).

Il campo di studi “Resource-Based” è incentrato sul concetto di “risorsa”, che ha sollevato numerose definizioni pur all'interno della stessa cornice di studio (Schulze & Mooney, 1994). Per esempio, mentre Wernerfelt (1984) definisce le risorse come ogni fattore che possa essere considerato come una forza o una debolezza dell'impresa, Daft (1983) sostiene che le risorse aziendali comprendono tutte le attività, le capacità, i processi organizzativi, gli attributi solidi, le informazioni, le conoscenze, ecc che consentono all'azienda di concepire e attuare strategie che ne migliorano l'efficienza e l'efficacia. Nel linguaggio dell'analisi strategica tradizionale. Le risorse aziendali rappresentano i punti di forza che permettono di sviluppare e implementare le strategie (Porter, 1981; Barney, 1991). Altri studiosi, quali (Grant, 1996) o (Amit & Schoemaker, 1993), provvedono a dare una descrizione più ortodossa, quale l'insieme degli input e degli output inseriti nel processo produttivo ovvero lo stock dei fattori disponibili all'impresa e da questa posseduti e controllati.

La Resource Based-View theory sostiene che le imprese siano costituite da un insieme di risorse e beni e le capacità e le competenze degli imprenditori si combinano in modo univoco per gestire questi beni e risorse per uso produttivo (Barney, 1991; Black & Boal, 2007; Galbreath, 2005). Le imprese sono viste come strumenti di apprendimento, in gran parte sviluppati e sostenuti a partire dalle loro conoscenze interne (Grant, 1996). In relazione alle motivazioni interne e al livello culturale delle imprese, così come agli impatti sulle forze competitive e di mercato, gli investimenti sono diretti verso le persone, sistemi, formazione, tecnologia e ricerca e sviluppo (R&S) (Cohen & Levinthal, 1990). Questo crea un ambiente in cui si genera la conoscenza interna, prospera l'apprendimento e nasce l'innovazione.

Il pilastro teorico del filone di studi Resource Based View si basa sul framework VRIO, elaborato da Barney, secondo cui, dato che le imprese con diversi posizionamenti competitivi hanno a loro volta dotazioni di risorse eterogenee e non perfettamente mobili, il reale vantaggio competitivo²³ si verifica esclusivamente in presenza congiunta di una serie di condizioni definite dall'acronimo VRIO (Barney, 1991; Barney & Griffin, 1992; Black & Boal, 1994). Brevemente, il framework VRIO si fonda su quattro attributi che le risorse devono avere per essere considerate strategiche: devono rispecchiare un valore economico, devono essere rare, inimitabili e devono possedere un orientamento organizzativo.

Nel tempo la prospettiva teorica Resource Based si è ampliata e, dal concetto di risorsa strategica, si è passati a studiare le competenze strategiche (Hamel & Prahalad 1991; Rumelt & Lamb, 1984) e in particolare le capacità dinamiche (Collis, 1994; Godfrey & Hill, 1995; Winter, 2003; Arend & Bromiley, 2009).

Le competenze strategiche possono essere considerate, nonostante le varie definizioni date, in modo onnicomprensivo come l'insieme delle conoscenze e del know how che consente ad ogni altro tipo di risorsa di essere produttiva e orientata coerentemente con le direttive strategiche d'impresa. Di conseguenza, se si considerano le risorse nella loro accezione di *asset* d'impresa, le competenze strategiche sono il *trait d'union* che permette un utilizzo armonico, efficace ed efficiente delle prime, al fine di esplorare e sfruttare le condizioni di competitività vantaggiose (Helfat, 2007).

Le competenze strategiche devono essere quindi considerate come un connubio di conoscenza, competenze tecniche e attitudinali radicate nei processi che risultano altamente specifiche e radicate nel contesto organizzativo. Infatti, le competenze strategiche sono difficilmente scindibili dalle organizzazioni stesse in cui sono inserite. In altre parole, poiché le competenze strategiche sono intrinsecamente correlate all'impresa, queste non possono essere commercializzate autonomamente su un mercato (efficiente), ma sono generalmente prodotte internamente mediante processi endogeni di apprendimento che dipendono dal percorso evolutivo dell'impresa stessa (Amit & Schoemaker, 1992; Teece et al., 1997).

²³ Il concetto di vantaggio competitivo è centrale negli studi di *strategic management* (Porter 1985; Ghemawat 1986), ma non è di facile definizione: Sul tema dell'evoluzione della concezione del vantaggio competitivo negli studi di *strategic management* si veda Calcagno (1996).

Le origini della corrente di studio sulla capacità dinamiche, invece, sono rintracciabili in un articolo di Collis (1994), da Teece et al. (1997) i quali classificano tali capacità come l'abilità di un'impresa di integrare, costituire e riconfigurare le competenze interne ed esterne necessarie per affrontare con successo i rapidi cambiamenti ambientali. Successivamente a tale contributo alcuni studiosi (Eisenhardt & Martin, 2000; Cockburn et al., 2000; Helfat & Peteraf, 2003) hanno approfondito l'iniziale definizione, senza, però, giungere ancora ad un'univoca consolidata accezione di capacità dinamiche²⁴.

Secondo Winter (2003), le capacità dinamiche sono caratterizzate da un'elevata complessità interna, poiché assolvono contemporaneamente a tre funzioni cardinali:

1. incrementare la dotazione fisica degli asset a disposizione dell'organizzazione per lo svolgimento delle attività caratteristiche;
2. rigenerare la capacità produttiva di quei beni che hanno esaurito la rispettiva vitalità e non sono più economicamente sfruttabili nel ciclo imprenditoriale;
3. rinnovare le capacità stesse di fronte ai continui cambiamenti ambientali esterni, garantendo in questo modo una flessibilità nelle risposte alle dinamiche competitive che consentono l'allineamento dei micro processi a fronte di una variazione di macro fattori esogeni. In questo modo l'effetto propositivo delle capacità dinamiche è retroattivo, nel senso che coinvolge la vitalità delle stesse e il loro grado di adattamento con l'evoluzione ambientale.

In sintesi, le funzioni manageriali beneficiano dell'implementazione delle capacità nei contesti turbolenti e a elevata dinamicità competitiva e ambientale, dove quindi i processi decisionali sono maggiormente incerti e dove risulta necessaria una continua rivisitazione e riconfigurazione della conoscenza accumulata. Dunque le attività manageriali e i processi sostenuti dalle capacità dinamiche devono prevedere sia un coordinamento delle risorse, soprattutto quelle immateriali, sia un adattamento di queste ultime all'incedere delle variazioni esogene ambientali.

I risultati di questo duplice processo sono riscontrabili nel progresso tecnologico endogeno, il quale permette di apportare spinte migliorative alla frontiera tecnologica e di sfruttare potenziali alleanze strategiche, le quali permetterebbero di combinare la dotazione delle risorse con i progetti strategici dell'impresa sotto le condizioni di incertezza. Inoltre, l'abilità manageriale nel selezionare, orchestrare e sviluppare il connubio tra competenze organizzative e le risorse garantisce una flessibilità organizzativa, la quale a sua volta influenza positivamente la sopravvivenza nel lungo periodo in ambienti dinamici e iper competitivi (D'Aveni et al., 2010).

Un'interessante percorso di ricerca è quello volto a cercare una sintesi tra *resource-based view* e teorie evoluzionistiche del cambiamento (Nelson & Winter, 1982). I teorici dell'evoluzionismo ritengono che le imprese competono in primo luogo attraverso una "lotta" per migliorare e

²⁴Secondo Lipparini (1998) "le capacità dinamiche vengono definite come l'abilità nel riconfigurare, riorientare, trasformare e integrare le competenze chiave esistenti nell'impresa con le risorse e i beni complementari esterni all'organizzazione per fronteggiare la sfida di una competizione e imitazione di tipo schumpeteriano. Tali competenze riflettono quindi l'abilità di un'impresa nel raggiungere forme di vantaggio competitivo innovative, nonostante gli aspetti di *path dependencies* e *core rigidities* nei processi tecnologici e organizzativi dell'impresa. Il possesso di competenze dinamiche porta ad alcuni attributi fondamentali della manovra strategica, quali: rapidità di manovra; ridotti *times-to-market*; capacità di generare continuamente innovazione" (Lipparini, 1998).

innovare. Le *routines* organizzative sono sviluppate attraverso un processo di *learning by doing*, particolarmente difficile da imitare. La prospettiva evolucionistica e quella *resource-based* possono utilmente spiegare il processo di sviluppo delle risorse aziendali e i fallimenti dell'impresa dovuti all'incapacità di cambiare a causa dei percorsi segnati dalle scelte passate.

Nella stessa ottica risulta di considerevole importanza il quadro teorico Natural Resource-Based View (NRBV) proposto da (Hart, 1995). Infatti Hart sosteneva che la RBV presentasse un'enorme lacuna. Vale a dire, mentre venivano prese in considerazione una varietà di risorse potenziali per spiegare il vantaggio competitivo, si ignorava completamente l'interazione tra un'impresa e il suo ambiente naturale. Nel 1995, infatti, era già chiaro, che l'ambiente naturale avrebbe potuto creare seri vincoli sui tentativi delle imprese di aver un vantaggio sostenibile. In particolare "it is likely that strategy and competitive advantage in the coming years will be rooted in capabilities that facilitate environmentally sustainable economic activity - a natural-resource-based view of the firm (Hart, 1995).

Questo approccio si basa, quindi, sulla volontà di estendere la teoria della Resource-Based View (RBV), includendo i vincoli imposti dall'ambiente naturale. La NRBV ripercorre, quindi, il legame tra le azioni svolte sull'ambiente circostante l'impresa e il profitto, stabilendo una connessione diretta tra la capacità delle imprese di ottenere vantaggi competitivi e le sfide del cambiamento ambientale, considerate irreversibili. Infatti, i cambiamenti nell'ambiente possono modificare nel tempo l'importanza e il valore della dotazione di risorse dell'impresa (Mahoney & Pandian, 1992), rendendo necessari processi di aggiustamento/rinnovamento degli asset d'impresa.

La NRBV sostiene che ci sono tre chiavi per la funzionalità strategica: la prevenzione dell'inquinamento, la gestione del prodotto e lo sviluppo sostenibile. Ognuna di queste è governata da diverse forze ambientali, costruite su diverse risorse chiave, e ha differenti fonti per il vantaggio competitivo.

La prevenzione dell'inquinamento, finalizzata principalmente ad evitare sprechi ed emissioni invece di ripulire l'ambiente dagli inquinanti, è associato a costi inferiori. Ad esempio, rimuovendo le sostanze inquinanti dal processo di produzione è possibile aumentare l'efficienza, attraverso (a) la riduzione degli input necessari, (b) la semplificazione del processo, e (c) la riduzione dei costi di conformità e di responsabilità.

La gestione del prodotto amplia la portata della prevenzione dell'inquinamento per includere l'intero valore della catena o "ciclo di vita" dei prodotti dell'azienda. Attraverso il coinvolgimento degli stakeholder, il tema del rispetto dell'ambiente potrebbe essere efficacemente integrato nel design del prodotto e del processo di sviluppo. La gestione del prodotto crea il potenziale per ottenere un vantaggio competitivo attraverso la prelazione strategica, ad esempio garantendo l'accesso esclusivo alle risorse (ad esempio, materie prime verdi) o attraverso la definizione di standard che sono vantaggiosi per l'impresa.

Infine, una strategia di sviluppo sostenibile che presenta due differenze notevoli rispetto alle strategie di prevenzione dell'inquinamento e alla gestione responsabile dei prodotti. In primo luogo, una strategia di sviluppo sostenibile non si limita a cercare di limitare i danni ambientali, ma, piuttosto, mira a sviluppare un sistema di produzione efficiente che possa essere mantenuto nel futuro. In secondo luogo, lo sviluppo sostenibile, per definizione, non è limitato ai problemi ambientali, ma coinvolge anche le sfere economiche e sociali.

3.1.2.1 Il contributo dell'Economia comportamentale

Recentemente, diversi studi hanno correlato i risultati derivati dalle analisi di economia comportamentale ai fenomeni riguardanti il cambiamento climatico, in quanto è ampiamente riconosciuto che il comportamento umano reale (non ipotizzato) è strettamente connesso ai cambiamenti climatici, in particolare agli aspetti di mitigazione e adattamento, e alle politiche ad esso associate (ex. Incentivi). Tuttavia, studi comportamentali in relazione all' adattamento ai cambiamenti climatici esistono, ma pochi si concentrano in particolare sul settore agricolo (Wreford & Moran, 2010).

Già nel 1973 Gasson sosteneva che cercare di spiegare il comportamento degli agricoltori nella gestione conservativa²⁵ solo il relazione alla massimizzazione dei profitti è sempre più difficile (DEFRA, 2006). Infatti, oltre al singolo obiettivo di massimizzazione del reddito, McGregor et al., (2006) hanno identificato che le decisioni degli agricoltori sono influenzate da altri fattori, quali:

- gli obiettivi ed i traguardi aziendali;
- l'atteggiamento verso l'approccio tradizionale/etica all'agricoltura;
- lo stress e la capacità di far fronte allo stress, la soddisfazione e l'ottimismo per l'azienda, l'atteggiamento nei confronti della legislazione;
- l'assunzione di rischi, l'autonomia, l'atteggiamento nella gestione;
- gli atteggiamenti di conservazione;
- la qualità e la quantità delle informazioni;
- chi è coinvolto nel processo decisionale;
- la capacità dell'individuo di risolvere i problemi;
- gli aspetti della personalità.

Tale approccio ispirerà, ad esempio, teoria dell'azione ragionata²⁶ (TRA dall'inglese *Theory of Reasoned Action*) (Ajzen & Fishbein, 1980) e la sua evoluzione, la teoria del comportamento pianificato (TPB dall'inglese *Theory of planned behavior*) (Ajzen, 1988; 2005).

²⁵ "La gestione conservativa" rappresenta le diverse forme di pratiche di conservazione in agricoltura, che potrebbe contribuire a ridurre le esternalità negativa e migliorare le esternalità positive (OECD,2012).

²⁶ La TRA prevedeva una sistematica valutazione delle "norme soggettive" (le aspettative che altre persone per noi significative hanno rispetto al nostro comportamento, cioè approvazione o disapprovazione, e la nostra motivazione a compiacerle), la valutazione sistematica delle conseguenze del comportamento e la valutazione delle aspettative per il valore dell'oggetto del comportamento (ciò è meglio comprensibile sempre se si pensa all'acquisto di un prodotto). Come concettualizzato da Fishbein e Ajzen, le intenzioni (o credenze) comportamentali catturano la percezione dell'individuo di adottare un nuovo comportamento rispetto ad un risultato specifico (Ajzen & Fishbein, 1975; Ajzen, 2001). Ma questa condotta intenzionale, basata su un costante monitoraggio di costi e benefici del comportamento, non tiene conto del fatto che, in certe situazioni e contingenze, non sempre un soggetto ha a disposizione le risorse cognitive, temporali e motivazionali per poter analizzare e valutare in modo così accurato il proprio agire e le sue conseguenze. In questo contesto Ajzen introduce appunto il controllo comportamentale percepito nello schema di relazione e di influenza che l'atteggiamento ha sul comportamento, sviluppando la TPB.

Rispetto alla TRA, la TPB introduce la variabile del controllo comportamentale percepito, cioè la percezione che un soggetto ha di poter mettere in atto un comportamento voluto. Questo controllo va ad influire sull'intenzione di attuare un dato comportamento e sull'effettivo comportamento stesso. Nel dettaglio, la TPB è costituita dalle intenzioni comportamentali, dagli atteggiamenti, dalle norme soggettive e dal controllo comportamentale percepito. La TPB può essere utilizzata per prevedere il comportamento ed esplorare le motivazioni che stanno alla base dell'adozione di un determinato comportamento. La TPB presuppone che il comportamento dell'individuo è influenzato da tre fattori determinanti: 1) la probabilità degli esiti del comportamento (atteggiamento verso comportamenti), 2) le norme sociali (norme soggettive) e 3) il singolo il controllo sui risultati di un determinato comportamento (controllo comportamentale percepito). In aggregato, questi fattori influenzano l'intenzione di un individuo di adottare quello specifico comportamento (OECD, 2012).

La Figura 11 illustra come si formano le intenzioni comportamentali nell'ambito della TPB e rappresenta un'utile idea concettuale per analizzare il comportamento dell'agricoltore (Sherrington et al., 2008).

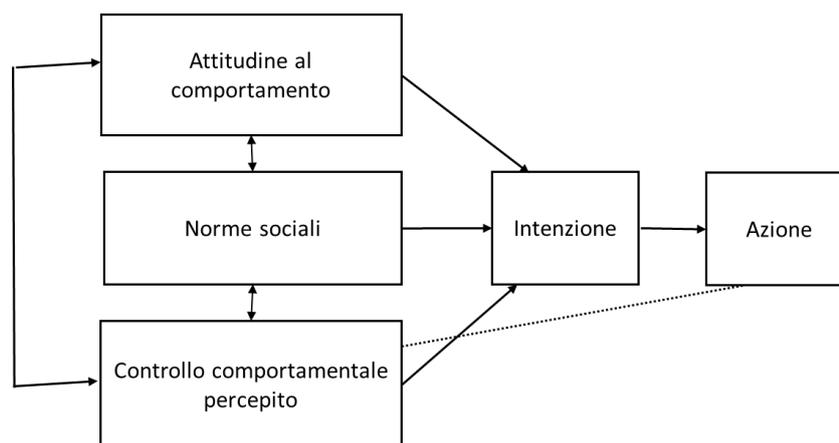


Figura 11. Teoria del comportamento pianificato (adattato da Ajzen, 1991)

Secondo Artikov et al. (2006) e Hu (2006), che applicano la TPB per analizzare come le previsioni climatiche influenzano le decisioni degli agricoltori, schematizzano la TBP come segue:

$$A \sim I = f(\text{Atitudine, Norma sociale, Controllo comportamentale percepito})$$

dove A è l'azione, I è l'intenzione, ed f è una funzione dei fattori causali su intenzione e azione.

- **Atitudine:** Gli agricoltori che credono che l'uso delle informazioni climatiche abbia una elevata probabilità di aiutarli a aumentare i loro profitti, e più aumenta il valore dei profitti, più sarebbero propensi a utilizzare tali informazioni climatiche.

- Norma sociale: Le norme sociali possono essere considerate come la percezione di una persona della pressione sociale sul comportamento.
- Controllo comportamentale percepito: Il controllo comportamentale percepito riflette varie credenze individuali circa l'accesso personale o il controllo su diverse risorse e fattori e la misura in cui tali fattori limitano o facilitano la sua capacità di eseguire l'azione.

I limiti della teoria del comportamento pianificato sono rappresentati dalla mancata considerazione delle variabili emotive all'interno delle scelte motivazionali, come la paura o terrore (Gregory & Mendelsohn, 1993), che devono certamente essere parte del calcolo mentale delle persone che si trovano ad affrontare cambiamenti radicali rispetto ai loro stili di vita.

Comunque, la teoria del comportamento pianificato può essere ben utilizzata per spiegare le intenzioni per l'adozione di comportamento rispettosi del clima e i processi psicologici sottostanti (Tikir & Lehmann, 2011), per prevedere i comportamenti ecocompatibili a favore del riciclo dei rifiuti (Boldero, 1995; Laudenslager et al., 2004), dell'utilizzo del trasporto pubblico (Heath et al., 2002) ecc.

Per quanto riguarda l'attitudine, uno studio italiano (Defrancesco et al., 2007) mostra che, oltre a fattori di reddito, il futuro del contadino nel business e il rapporto con gli agricoltori limitrofi e i loro pareri rispetto alle pratiche rispettose dell'ambiente, hanno effetti significativi sull'adozione di misure agroambientali. Invece, per quanto riguarda l'adozione di pratiche conservative, esistono altri fattori ad essa correlati positivamente, quali le dimensioni aziendali o il livello di educazione del contadino, ma la comprensione delle condizioni locali è la chiave rimane la chiave per la valutazione di tali fenomeni (Knowler & Bradshaw, 2007).

Ampliando la classificazione di Artikov et al. (2006) e Hu et al. (2006) nell'ambito della TPB, i *drivers* per spiegare i cambiamenti comportamentali possono essere classificati in ulteriori tre gruppi, come definito da (Social Market Foundation, 2008):

- fattori esterni (i costi finanziari e di sforzo);
- fattori interni (abitudini e processi cognitivi);
- fattori sociali (sociale norme e atteggiamenti culturali).

I fattori esterni sono ben noti come incentivi e disincentivi. D'altra parte, fattori interni e sociali sono conosciuti e considerati dai politici. Di conseguenza, strumenti politici che prendono in considerazione gli ultimi due ambiti non sono stati ancora approfonditi.

Nonostante ciò, diversi studi cercano di applicare i risultati dell'economia comportamentale alle politiche relative ai cambiamenti climatici (Brekke & Johansson-Stenman, 2008; Gowdy, 2008; Shogren & Taylor, 2008; Ho, 2008; Hepburn, 2010; Aronsson & Schöb, 2014) in quanto è ampiamente riconosciuto che i bisogni umani attuale devono essere preso in considerazione e che gli incentivi devono essere applicati in modo appropriato. Slangen et al., (2008) hanno già sostenuto che l'economia comportamentale è chiave per integrare l'economia istituzionale e la teoria dell'organizzazione per la progettazione di una politica olistica, con il riconoscimento chiaro che il mercato non è l'unico meccanismo di transazione.

3.1.2.2 Il contributo dell'approccio Environmental Life Cycle Thinking e della Natural Resource-Based View theory

Oggi, l'ambiente naturale è uno degli elementi fondamentali della vita aziendale, come si evinceva già nella nascita, negli anni '60, dell'approccio Environmental Life Cycle Thinking, il quale costituisce un modo assolutamente nuovo di affrontare l'analisi dei sistemi industriali: dall'approccio tipico che privilegia lo studio separato dei singoli elementi dei processi produttivi, si passa ad una visione globale del sistema produttivo, in cui tutti i processi di trasformazione a partire dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento dei prodotti a fine vita, sono presi in considerazione in quanto partecipano alla realizzazione della funzione per la quale essi sono progettati. Questa impostazione di studio del sistema produttivo fa parte di una cultura più ampia ed alternativa rispetto a quella che ha supportato il tradizionale modello di sviluppo industriale, vale a dire una cultura che pensa alla produzione industriale nell'ottica del concetto di sviluppo sostenibile, i cui obiettivi fondamentali sono la conservazione delle risorse naturali e la minimizzazione degli effetti delle attività antropiche sull'ambiente.

Prima di essere conosciuta e applicata attraverso lo strumento metodologico del Life Cycle Assessment (LCA), la metodologia ha preso diversi nomi tra cui *"Cradle to Grave analysis"*, *"Life cycle Analysis"*, *"Ecobalance"*, *"Energy and Environmental Analysis"* ect. (Baldo et al., 2005).

Lo studio multidisciplinare che occorre per seguire questo approccio rientra nell'ampia disciplina dell'ecologia industriale, che studia proprio il legame tra sistemi naturali e attività economiche e industriali (Allenby, 1999). L'importanza che l'approccio LCT assume nel contesto aziendale è notevole. L'impresa ha due impatti, che deve monitorare, sull'ecosistema: uno diretto ed uno indiretto. Secondo l'impatto diretto le risorse vengono prelevate dall'ambiente, trasformate sotto forma di prodotti e poi vengono restituite all'ambiente come rifiuti ed emissioni.

Un secondo tipo di impatto, quello indiretto, è generato dal collocamento e utilizzo da parte dei consumatori dei beni prodotti dall'impresa nei mercati. L'area d'intervento dei sistemi d'impresa, quindi, è piuttosto ampia; con l'acquisizione della nuova cultura manageriale, cioè rigorosamente più attenta all'ambiente, l'impresa potrebbe ad esempio indirizzare la domanda di consumo da beni sempre meno durevoli e continuamente sostituibili verso beni più durevoli, prodotti con tecnologie più ecocompatibili (Troina, 2010). Un'impresa che adotta un comportamento socialmente responsabile, monitorando e rispondendo alle attese economiche, ambientali, sociali di tutti i portatori di interesse, coglie anche l'obiettivo di conseguire un vantaggio competitivo e a massimizzare gli utili di lungo periodo.

Un prodotto, infatti, non è apprezzato unicamente per le caratteristiche qualitative esteriori; il suo valore è stimato in gran parte per le caratteristiche non materiali, quali le condizioni di fornitura, i servizi di assistenza e di personalizzazione, l'immagine ed infine la storia del prodotto stesso (European Commission, 2001).

L'impegno "etico" di un'impresa è, quindi, entrato direttamente nella cosiddetta catena del valore prospettando così l'utilizzo di nuovi percorsi e leve competitive coerenti con uno "sviluppo sostenibile" per la collettività ed è divenuto di fondamentale importanza l'attività verso tutti gli

stakeholders tra cui i cittadini, i quali esigono ormai un impegno quotidiano e credibile, frutto di una precisa politica manageriale e di un sistema aziendale organizzato a tal fine.

L'impegno etico è direttamente correlato al concetto sempre più presente nella sfera manageriale della Responsabilità sociale di Impresa (RSI) o Corporate Social Responsibility (CSR). Questa idea di responsabilità consolidatasi negli ultimi anni del secolo scorso sviluppando diverse correnti di pensiero (Merli, 2012).

Come dimostrato da più fonti, le imprese che hanno scelto filosofie di business maggiormente sostenibili hanno maggior successo di quelle semplicemente orientate all'ambiente e superano ancora di più quelle passive in questo senso (Graedel & Allenby, 2002). Le imprese sono, infatti, chiamate ad essere sensibili alle questioni ambientali, in modo da preservare le risorse, ottimizzare la produzione e salvaguardare l'ambiente per il futuro. Le azioni "ambientale" sono da considerarsi uno dei comportamenti più razionali di impresa, in termini di aumento dell'efficienza, protezione della natura, garanzia di futuro e sostenibilità. Inoltre, sono anche essenziali per guadagnare la fiducia e il supporto dei consumatori che si tradurrà in un incremento delle vendite di beni o servizi (Genç, 2013).

In sintesi, se si considera la sostenibilità come strategia di mitigazione e, in parte, adattamento al cambiamento climatico un approccio di Life Cycle Thinking, attraverso gli strumenti del Life Cycle Assessment (LCA) e Life Cycle Costing (LCC), rappresenta un approccio innovativo finalizzato a valutare, congiuntamente, la sostenibilità ambientale ed economica, comprando, ad esempio, i sistemi colturali biologici e convenzionali (Falcone et al., 2015).

Allo scopo di ottenere dati confrontabili, tuttavia, è necessario che i bilanci economici siano costruiti e messi in relazione sulla base dei cicli di vita dei prodotti e dei processi stessi e confrontabili tra sistemi più e meno sostenibili per avere un risultato oggettivo e una visione completa lungo tutto il ciclo di vita del prodotto. L'importanza del life cycle thinking nel contesto economico deriva, esattamente da questo presupposto (Arcese, 2003). Molti studi di approccio economico correlano la variabile sostenibilità con la generazione di valore economico (Alfaro et al., 2010; Ehrenfeld & Gertler, 1997) e dimostrano che la sostenibilità è una variabile strategica per le imprese in quanto, quelle che la utilizzano generano maggior profitto. Ciò è dimostrabile attraverso gli approcci della teoria dei giochi e degli agent-based model, come verificato in diversi studi presenti in bibliografia (Barreteau et al., 2001; Bousquet & Le Page 2004; Garcia 2005; Satimanon et al. 2011).

L'associazione tra le iniziative ambientali aziendali e le performance organizzative sono state analizzate in diversi studi (Orlitzky et al., 2003) ed è stata dimostrata la relazione positiva tra le prestazioni ambientali e quelle finanziaria (Russo & Fouts, 1997), soprattutto per le imprese di grandi dimensioni (Genç, 2013). Infatti, le imprese con livelli minori di emissioni tossiche e di scarichi derivanti dagli impianti di produzione hanno una maggiore probabilità di ottenere livelli più elevati di performance economica (Al-Tuwaijri et al., 2004) e quelle con impianti di produzione funzionanti e puliti hanno maggiori probabilità di trovare nella comunità un maggiore potere finanziario e politico (Kassinis & Vafeas, 2006).

Il fenomeno del cambiamento climatico, così come le altre questioni ambientali rilevanti del nostro secolo come il buco dello ozono, l'inquinamento, rifiuti, la riduzione delle risorse naturali,

rendono, quindi, indispensabile per le imprese l'integrazione tra le questioni ambientali e il processo di pianificazione strategica. Banerjee (2001) afferma, ad esempio, che la questione ambientale è correlata con la strategia organizzativa in termini di "environmental issues on strategic choices, internal structure reform, supply chain management, stakeholder management and competitive advantage".

Le preoccupazioni ambientali si traducono in azioni strategiche come: sviluppo di un nuovo prodotto, ubicazione di nuovi impianti di produzione, aumento degli investimenti in ricerca e sviluppo, sviluppo tecnologico e cambiamenti nella progettazione del prodotto e del processo. Una strategia ambientale comprende anche l'utilizzo di messaggi ecologici nelle attività di comunicazione di un'impresa, al fine di educare i consumatori o i clienti, e lo sviluppo di rapporti con le organizzazioni ambientali riconosciute (Banerjee, 2002; Fraj-Andrés et al., 2009).

Le tre strategie interconnesse proposte da Hart (1995) nella NRBV (prevenzione dell'inquinamento, la gestione del prodotto e lo sviluppo sostenibile) possono essere applicate a diverse questioni ambientali, tra cui il cambiamento climatico (Michalisin & Stinchfield, 2010).

Infatti, nell'ottica della NRBV, le azioni aziendali finalizzate alla prevenzione dell'inquinamento, alla gestione del prodotto e allo sviluppo sostenibile possono essere integrate, in tutto o in parte, per sviluppare specifiche strategie aziendali per fronteggiare il cambiamento climatico e ottenere un vantaggio competitivo. Infatti, le imprese pro-attive nell'implementazione di strategie per il cambiamento climatico hanno rendimenti finanziari più elevati rispetto aziende comparabili meno pro-attive e con meno enfasi sul cambiamento climatico (Michalisin & Stinchfield, 2010). Alcuni esempi di azioni pro-attive per il cambiamento climatico sono: la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra tramite l'utilizzo di tecnologie pulite ed efficienti; l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili e la partecipazione attiva degli stakeholder; organizzazioni di gruppi per condividere soluzioni innovative e sostenibili (Hart, 1995).

Le aziende si stanno dimostrando interessate nell'uso sostenibile delle risorse in quanto è considerato come una strategia di gestione del rischio. Sono sempre più disposte, infatti, ad investire in soluzioni a lungo termine (Michalisin & Stinchfield, 2010) per ridurre il degrado ambientale ed attenuare gli effetti del cambiamento climatico, questioni anch'esse di rischio strategico. Le imprese che non riescono e/o riusciranno a riconoscere e ad impegnarsi proattivamente in queste problematiche rischiano di rivelarsi non competitive nel prossimo futuro (Hoffman, 2005; Porter & Reinhardt, 2007).

3.2 Principali contributi metodologici

Gli approcci economici per stimare gli effetti del cambiamento climatico sulla produzione agricola sono stati suddivisi da Schimmelpennig et al. (1996) e ripresi da Adams et al. (1998), in metodi strutturali, che coniugano la risposta agronomica con quella economica e con le scelte gestionali degli agricoltori, e "spazio-analogici", che sfruttano le differenze osservate nel clima e nei livelli di

produzione tra le diverse Regioni. Questa distinzione riflette la suddivisione dei principali contributi teorici riportati nel paragrafo precedente: il metodo strutturale rispecchia l'approccio analitico, in quanto si focalizza sull'insieme delle variabili che caratterizzano un determinato aspetto, mentre il metodo spazio-analogico è riconducibile ad un approccio olistico, in quanto si concentra su un livello di indagine più ampio, includendo numero maggiori di variabili e interazioni.

Nello specifico, il modello strutturale analizza le variabili strutturali necessarie per rappresentare colture e varietà specifiche le cui risposte alle diverse condizioni sono analizzabili attraverso esperimenti dettagliati, chiamati *crop response models*. Inoltre, tale approccio prende in considerazione la gestione aziendale analizzando direttamente altre variabili, come la tempistica delle operazioni in campo, la scelta delle colture e come tali decisioni influenzano i costi ed i ricavi. Il vantaggio di questo approccio è che fornisce una conoscenza dettagliata sia delle risposte fisiche, biologiche ed economiche sia degli adattamenti. Invece, il principale svantaggio è che per gli studi aggregati, le inferenze eroiche (*heroic inferences*) devono essere effettuate a partire da un numero di siti e colture relativamente basso, per arrivare a grandi aree di produzione e comprendere diversi sistemi. A partire da modelli di simulazione delle colture, l'approccio strutturale può incorporare gli effetti del cambiamento climatico sulle rese, così come gli effetti derivanti dall'alterazione dei livelli di CO₂ atmosferica e specifiche attività di adattamento delle aziende. Inoltre, l'approccio strutturale elabora i risultati ottenuti sulla variazione delle rese tramite modelli economici per stimare le variazioni dei prezzi di compensazione del mercato. Questo approccio è stato applicato in studi a livello nazionale (Kaiser et al., 1993), regionale (Easterling et al., 1993) e locale (Adams et al. 1990; Adams et al. 1995; Adams et al. 1998).

Invece, il modello "spazio-analogico" può comportare la valutazione statistica utilizzando i dati cross-section, e rappresenta, fondamentalmente, l'analisi di un caso studio. Utilizzando le evidenze cross-section sul livello di produzione corrente in regioni calde e regioni fredde, tale approccio tenta di trarre conclusioni su come, nel caso di un aumento delle temperature, le regioni fredde possano adottare le pratiche utilizzate nelle regioni calde. Infatti, un recente lavoro suggerisce che gli impatti del cambiamento climatico sui modelli di business sono strettamente correlati al contesto specifico, in gran parte perché la variabilità del clima tende ad essere regionale (Winn et al., 2011).

L'analisi statistica dei dati tra le diverse aree geografiche permette ai ricercatori di separare i fattori che spiegano le differenze di produzione tra queste regioni. L'approccio statistico, che si basa su dati significativi, fornisce, infatti, una prova diretta di come gli agricoltori hanno risposto alle diverse condizioni climatiche, permettendo di considerare fattori che i *crop response models* generalmente non considerano, come ad esempio la qualità della terra.

Questi approcci risultano praticamente complementari, in quanto una integrazione dei risultati ottenuti comporterebbe una migliore comprensione dell'adattamento al cambiamento climatico in campo agricolo.

I principali contributi metodologici di seguito riepilogati, laddove possibile, fanno riferimento alla classificazione ora richiamata

3.2.1 L'impiego del modello di equazioni strutturali

I modelli di equazioni strutturali, che rientrano appunto tra i metodi strutturali, rappresentano una delle metodologie più diffuse nell'analisi di dati comportamentali poiché consentono di studiare le interrelazioni esistenti tra variabili non direttamente misurabili, dette variabili latenti. Per variabili latenti si intendono "costrutti teorici che non sono direttamente osservati, ma che hanno implicazioni per le variabili osservate" (Goldberger, 1972).

I modelli di equazioni strutturali consentono di ridurre la dimensionalità dei dati ed analizzare le variabili latenti, come la percezione, in quanto comprendono, al loro interno, specifiche tecniche multivariate quali la *path analysis*, che permette di studiare i legami causali tra variabili e l'analisi fattoriale per lo studio delle variabili latenti. Infatti, per modello di equazioni strutturali si intende "un modello stocastico nel quale ogni equazione rappresenta un legame causale, piuttosto che una mera associazione empirica" (Goldberger, 1972).

I modelli di equazioni strutturali consentono, nella pratica, di approfondire la ricerca in ambito multidisciplinare, in quanto: (i) presentano un linguaggio grafico comune che trascende i confini disciplinari, (ii) sono modelli iterativi, che comprendono una valutazione critica di ipotesi complesse che comprendono le variabili manifeste e latenti e le interazioni dirette e indirette, e (iii) permettono di scoprire le interazioni imprevedute o i percorsi causali. L'approccio multidisciplinare che caratterizza, quindi, i modelli di equazioni strutturali rende questo strumento perfettamente applicabile a contesti in continua evoluzione, quindi ai fenomeni direttamente collegati al cambiamento climatico. Tramite questo approccio, ad esempio, è possibile esaminare i *drivers* delle innovazioni associate ai cambiamenti climatici e gli effetti di queste innovazioni apportano in un cluster di aziende (Galbreath, Charles, and Oczkowski, 2014), analizzando una serie di variabili, sia misurabili che latenti, tra cui:

1. prestazioni delle aziende
2. emissioni di gas serra
3. innovazioni mitigative
4. innovazioni adattative
5. scambio di conoscenza
6. capacità di assorbimento
7. età dell'imprenditore
8. dimensioni dell'azienda
9. orientamento verso l'esportazione

Grazie all'applicazione di tale metodo è possibile dimostrare la relazione esistente tra queste variabili e, in particolare che la capacità di assorbimento ha un effetto diretto sulle innovazioni e stimola lo scambio di conoscenze tra le aziende del cluster. Tali conoscenze a loro volta influiscono direttamente sulle innovazioni associate al cambiamento climatico. Lo studio rileva inoltre che le innovazioni dei cambiamenti climatici sono legati alla performance aziendali e alla riduzione dei

gas ad effetto serra: le innovazioni su pratiche di mitigazione possono portare ad una maggiore riduzione dei gas serra, mentre le innovazioni negli aspetti adattativi possono agire sulla performance aziendale (Galbreath, Charles, and Oczkowski, 2014).

Ancora, attraverso il modello di equazioni strutturali è possibile analizzare sia l'effetto dei singoli fattori che influenzano la percezione e il comportamento degli agenti rispetto al cambiamento climatico sia le relazioni che si instaurano tra tali fattori (Tikir & Lehmann, 2011).

3.2.2 L'impiego delle funzioni di produzione

Già cinquant'anni fa autori come Debreu (1951), Koopmans (1951), Farrell (1957) ed altri più recentemente (Leibenstein, 1966; Varian, 1985; Bauer, 1990) hanno introdotto l'analisi della stima dell'efficienza nella letteratura economica. Da quel momento c'è stato un gran numero di lavori sulla misurazione dell'efficienza produttiva. La misurazione dell'efficienza, riconducibile ad un approccio di tipo strutturale, è stata chiaramente associata all'uso delle funzioni di frontiera della produzione e per il calcolo di queste funzioni di frontiera ci si è avvalsi di tecniche diverse, alcune delle quali parametriche, altre non-parametriche. La scelta stessa del metodo di stima è argomento di discussione (Berger, 1993; Seiford & Thrall, 1990) dal momento che ogni metodo presenta sia aspetti vantaggiosi sia svantaggiosi. L'inconveniente principale dell'approccio non-parametrico, come ad esempio un approccio di tipo Data Envelopment Analysis (DEA), è costituito dalla sua natura deterministica. Infatti, utilizzando questo tipo di metodo non-parametrico non è possibile riconoscere se il vuoto di efficienza (che è perfettamente individuabile dal metodo considerato) è dovuto a inefficienza tecnica oppure ad effetti di disturbo di tipo statistico. Dall'altro lato, è necessario sottolineare, per i metodi parametrici, che le funzioni di frontiera parametriche richiedono la definizione di una forma funzionale specifica per la tecnologia (i.e. una funzione di produzione a rendimenti di scala costanti oppure a rendimenti di scala variabili) ed allo stesso tempo richiedono una forma funzionale per il termine di errore che rappresenta l'inefficienza presente nell'azienda. La scelta della forma funzionale da usare può provocare errori di specificazione e di stima anche se ormai esistono diversi pacchetti informatici che permettono la stima di entrambe le forme funzionali. Dato che ognuno dei due metodi offre informazioni distinte e separate, non è possibile preferire la bontà di una delle due metodologie rispetto all'altra.

Attraverso la funzione di produzione e l'approccio della frontiera stocastica a distanza è possibile valutare la capacità di adattamento e la vulnerabilità della viticoltura Europea al cambiamento climatico, dove la frontiera di produzione definisce la potenza massima raggiungibile attraverso la tecnologia utilizzabile e i fattori di produzione disponibili (Bardaji & Iraizoz, 2015). Infatti, clima e mercato sono interpretabili come fattori che stanno guidando il processo di adattamento degli input necessari per ottenere il massimo rendimento con la tecnologia attualmente disponibile. Tale approccio permette, infatti, di calcolare l'efficienza tecnica di un campione di unità di produzione, in base al suo rapporto input-output, quindi il potenziale di aumento della produzione a partire dalla stessa quantità di input.

Attraverso l'applicazione della funzione di produzione, che può comprendere le variabili climatiche regionali (temperatura e precipitazione), il lavoro, il capitale e gli input intermedi e il rapporto tra la produzione di alta qualità sulla produzione totale (output), è possibile (a) determinare il tipo di strategia di adattamento intrapresa da aziende vitivinicole in risposta sia ai segnali del mercato sia alla variabilità climatica, (b) analizzare le differenze regionali nelle risposte e negli adattamenti delle aziende vitivinicole e (c) facilitare la comprensione delle interazioni che si verificano tra le variabili climatiche ed economiche nel raggiungimento dell'efficienza tecnica (Bardaji e Iraizoz, 2015).

La funzione di produzione e, in particolare modello di Programmazione Stocastica Discreta a tre stadi utilizzato da (Dono et al., 2013), ha permesso di analizzare la relazione tra la tipologia aziendale e i costi dell'adattamento al cambiamento climatico in agricoltura, dimostrando che, nel suo complesso, l'area agricola si adatta con un costo nell'insieme ridotto, cambiando ordinamenti e tecniche colturali. Questo costo, invece, è più alto per alcune tipologie aziendali che soffrono una notevole riduzione dei redditi, in particolare quelle più interessate a produrre le colture irrigue come le orticole, ma anche e soprattutto le bovine da latte.

Ancora, tramite questo modello è possibile definire i confini delle zone di produzione di uve da vino (Coelli & Sanders, 2013) oppure correlare direttamente le variabili meteo climatiche con il livello di produttività (Santos et al., 2011).

Più in generale, i fenomeni collegati al cambiamento climatico possono essere analizzati tramite analisi statistiche di vario genere, in relazione agli obiettivi dell'indagine ed ai dati disponibili. Le analisi statistiche permettono di sviluppare sia analisi strutturali sia "spazio-analogiche".

Ad esempio, l'utilizzo di modello probit ordinato permette di integrare le variabili climatiche (temperatura e precipitazioni) ed i gradi di qualità dei vini, in un arco di tempo predefinito, mostrando la relazione esistente tra questi due parametri (Storchmann, 2005). Oppure, è possibile analizzare le variabili di clima, qualità del vino e prezzi del vino utilizzando un approccio psicologico, con l'obiettivo di definire un modello econometrico capace di stimare la relazione tra il prezzo e le condizioni climatiche, la composizione dell'uva, il Vintage Rating e l'invecchiamento (Jones & Storchmann 2001). Infatti il modello considera i seguenti aspetti: (1) le influenze del clima sulla composizione dell'uva (acidi e zuccheri livelli), (2) l'influenza della composizione dell'uva sui prezzi di mercato, (3) una serie di valutazioni soggettive di qualità (Parker-points) sui prezzi di mercato, e (4) gli effetti dell'età del vino sui prezzi di mercato. I risultati indicano che esistono differenze inter-varietali di sensibilità climatica, che si traducono in prezzi diversi per i vini dominati da vitigni diversi. Ad esempio, i vini composti a base principalmente di Merlot sono più sensibili di quelli dominati principalmente da Cabernet Sauvignon, quindi, nelle annate caratterizzate da climi marginali, i vini a base Merlot subiscono un calo dei prezzi rispetto alla media.

Un altro modello econometrico è stato utilizzato da Antle et al. (2004) per lo studio economico dei sistemi produttivi legati al cambiamento climatico, in base alla probabilità di adattamento endogeno delle aziende. Tale modello ha il vantaggio di rappresentare le variazioni spaziali e le interazioni tra le variabili biofisiche (*crop response approach*) ed economiche (fatturato, capitale

naturale, capitale fisico, capitale umano e sociale, pressi ecc.) nelle strategie di adattamento. Lo studio dimostra come esista una relazione direttamente proporzionale tra il rendimento netto e gli impatti climatici, derivanti principalmente dalla fertilizzazione con CO₂, e l'adattamento. Inoltre, i risultati mostrano che il rapporto tra la vulnerabilità di un sistema agricolo dipende dal grado di adattamento, con una relazione negativa negli scenari di "non-adattamento" e positiva in quelli di "adattamento".

Ancora, attraverso una funzione quadratica, è possibile correlare il prezzo del Pinot Nero, la categoria più costosa di vini da tavola prodotti in Nord America, con:

(1) temperatura e piovosità; in generale, aumenti di temperatura possono arrecare danni ai prezzi del Pinot Noir

(2) abilità e reputazione del vitivinicoltore

(3) conoscenza degli esperti, definita in base ai punteggi "critici" (*critical scores*) associati ai vini, anche se quest'ultimo aspetto ha poco valore esplicativo (Haeger & Storchmann 2006).

Un altro metodo per correlare la variabile del prezzo al cambiamento climatico è il metodo dei prezzi edonici (in inglese *hedonic pricing method*), un metodo per la stima del valore di mercato di determinati caratteri o servizi (cosiddetto prezzo edonico), ricavandolo dai prezzi di mercato dei beni che lo incorporano, isolando con tecniche di regressione multivariata il contributo che l'attributo d'interesse fornisce al prezzo osservato. Così, ad esempio, in quella che è un'applicazione tipica del metodo, se si vuole calcolare il prezzo edonico dell'assenza di inquinamento atmosferico, può esaminarsi il prezzo delle abitazioni, studiando la relazione esistente tra tale prezzo e la presenza di inquinamento nell'aria, una volta che si sia tenuto conto di tutti gli altri fattori che possono incidere sul valore finale (Ashenfelter and Storchmann, 2010).

L'analisi statistica permette infatti di interpolare tra loro dati diversi e sviluppare analisi integrate, socio-ecologiche-economiche, ecologico per valutare la capacità di adattamento, coinvolgendo direttamente i produttori nella identificazione dei cambiamenti in corso e della vulnerabilità del proprio sistema, considerando la loro esperienza nella comprensione dei cambiamenti a livello della loro proprietà (Smit & Wandel, 2006; Tarleton & Ramsey, 2008). In questo caso i dati provengono da interviste dirette ai produttori e possono comprendere gruppi di domande, sviluppate a partire dal lavoro di Hadarits et al. (2010) e riguardanti la pratica corrente, la percezione del cambiamento, le sfide per la sostenibilità (esposizione passata e presente e sensibilità), le strategie di gestione (strategie di adattamento), e i fattori che favoriscono o riducono l'adattabilità (capacità di adattamento). Se a questi fattori si aggiungono i dati meteorologici, calcolati indicatori climatici regionali, come l'aumento di temperatura stagionale, l'aumento dell'indice gradi-giorni e dell'indice di riscaldamento notturno, è possibile verificare la relazione esistente tra la sensibilità e la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici con i fattori ambientali e socio-economici. Inoltre, questo tipo di analisi dimostra come gli attori, sia a livello economico (persone fisiche o gruppi locali dei produttori) che regionale (gruppi regionali di produttori o organizzazioni regionali) sono fondamentali per concretizzare la capacità di adattamento, considerata la forte pressione a cui questi sono sottoposti. La sola comprensione dei

rischi del cambiamento climatico sembra essere sufficiente per innescare le decisioni più importanti di adattamento (Lereboullet et al., 2013).

Oppure, a fronte della mancanza di metodi di misurazione coerenti, Webb et al. (2008) hanno applicato una *Principal Component Analysis* e un'analisi multivariata per valutare le variazioni della qualità dell'uva, non del vino, in relazione ai cambiamenti climatici, utilizzando il colore dell'uva, la concentrazione di glicosol-glucosio e il prezzo pagato dalle cantine vinicole per selezionare delle uve come indicatori delle uve in Australia. Inoltre hanno analizzato gli impatti del cambiamento climatico nelle diverse regioni e per le diverse varietà, dimostrando l'eterogenità degli impatti sostenuta da Jones et al. (2005) e Cahill et al. (2007). I risultati dimostrano che il Cabernet Franc e il Pinot Nero sono le varietà che mostrano una maggiore sensibilità alle variazioni di temperatura nelle regioni vinicole australiane, mentre Semillon, Chardonnay e Shiraz risultano essere meno sensibili. Inoltre hanno calcolato la temperatura di crescita ottimale per le varietà che mostravano una relazione quadratica tra qualità e temperatura. La temperatura media ottimale a gennaio (° C) per la coltivazione del Cabernet Sauvignon in Australia è 18,5° C, Shiraz, 19,1 ° C, Verdelho, 20,7 ° C e Ruby Cabernet, 21,5 ° C.

3.2.3 L'impiego dell'analisi costi-benefici

L'analisi costi-benefici è una tecnica di analisi per la valutazione, appunto, dei costi e dei benefici di un'attività economica intrapresa da un'azienda privata, dal governo o da un ente pubblico.

La valutazione macroeconomica degli impatti del cambiamento climatico deve partire dal riconoscimento che il sistema economico, determinante il valore delle risorse e dei fattori coinvolti, è esso stesso influenzato (in maniera particolarmente articolata e complessa) dagli shocks associati al cambiamento climatico. Questa constatazione, che sembrerebbe banale, ha delle implicazioni non banali. Il modo più semplice di quantificare monetariamente un impatto climatico che implichi una variazione di risorse nell'economia, è quello di moltiplicare la variazione registrata, o stimata, nello stock di una data risorsa per il prezzo di mercato della stessa (allo stato attuale o in base ad una stima dei valori futuri). Questa metodologia, che tuttora risulta come la più utilizzata, viene talvolta indicata come "metodo del costo diretto". Essa presenta delle evidenti analogie con le tecniche di valutazione di beni ambientali che non possiedono un mercato esplicito, come un paesaggio o la preservazione di specie in via di estinzione, per i quali si ricorre spesso a stime di valore desunte da valutazioni contingenti o altri metodi simili (si veda Alberini & Chiabai, 2007).

Ad esempio, varie fonti (Treasury, 2007) indicano già che i costi connessi all'intervento di lotta ai cambiamenti climatici (comprese le misure di mitigazione e adattamento) saranno molto inferiori ai costi del mancato intervento, sia a medio che a lungo termine.

Infatti, il maggiore limite dell'analisi costi-benefici è quello di ignorare la distribuzione dei costi e benefici delle opzioni di adattamento, non riuscendo a tradurre tali costi e benefici in termini monetari, come gli impatti ecologici e gli impatti sulla salute, le preoccupazioni, il benessere, la pace e la sicurezza (UNFCCC, 2009). Nel caso del cambiamento climatico, in alcuni casi, i costi

economici relativi al cambiamento climatico sono generalmente noti come “*cost of inaction*” e riguardano solo gli impatti diretti e indiretti (Moriondo et al., 2010).

Per questo motivo, generalmente, l’analisi costi-benefici è utilizzata come input nei processi decisionali e viene integrata o sostituita da altri approcci, quali l’analisi costo-efficacia, l’analisi multi-criteria ed altri.

In altri casi, l’analisi costi-benefici è stata utilizzata anche per calcolare in termini monetari tutti i costi e benefici di una determinata opzione di adattamento che può essere considerata un buon investimento quando i benefici complessivi superano i costi complessivi. L’adattamento ha infatti un costo, che deve essere confrontato con i benefici come “il danno evitato o i benefici accumulati in seguito all’adozione e all’applicazione delle misure di adattamento” (Carraro et al., 2007). Infatti, i cambiamenti tecnologici implicano costi per la ricerca e lo sviluppo, oltre che per l’adozione a livello di azienda agricola; tra questi bisogna considerare gli investimenti in capitale fisico e umano.

L’adozione di nuove tecnologie è influenzata anche dal livello di rischio di cui possono farsi carico gli agricoltori. Gli agricoltori tradizionali adottano pratiche agricole diversificate per un insieme eterogeneo di colture, principalmente al servizio di mercati locali o regionali. Questo non consente loro di ottenere i massimi rendimenti, ma permette di avere una maggiore tolleranza alla variabilità climatica, contrariamente ai sistemi agricoli tecnologicamente avanzati, che hanno contribuito ad una notevole crescita della produttività agricola mondiale (Adams et al., 1998).

Se, al netto dei costi di adattamento, le conseguenze negative indotte dallo stimolo climatico sono ridotte, o se aumentano le conseguenze positive, l’adattamento comporta un beneficio. In caso contrario, si ottiene un possibile mal-adattamento.

È importante precisare che il calcolo dei costi è un aspetto importante nella valutazione dell’adattamento, ma costituisce solo una delle componenti da considerare per la scelta delle misure più appropriate. Di volta in volta, a seconda del contesto specifico e delle possibilità applicative, potrà interessare valutare costi, benefici, efficacia, costo-efficacia, o utilità sociale in senso lato delle misure di adattamento. Per esempio, rispetto agli impatti sull’agricoltura, consideriamo le misure di adattamento riportate nella colonna a sinistra della Tabella 1 (selezionate da un lungo elenco proposto in Kurukulasuriya & Rosenthal, 2003). A fronte di costi e benefici attesi per ognuna di queste misure, ci sono molti altri fattori importanti da considerare nella decisione, fra cui quelli riportati nella colonna a destra.

Misura di adattamento	Costi	Benefici	Altri fattori importanti
Introduzione di pratiche di gestione del suolo conservative	Acquisti di mezzi tecnici, maggiori costi di lavorazione, minori costi di produzione (nel breve periodo)	Mantenimento della funzione produttiva del suolo nel lungo periodo	Necessità di sussidi per l'adozione delle nuove tecniche, verifica dell'effettiva applicazione, etc.
Sostituzione delle colture con specie con minori fabbisogni idrici	Agricoltori costi di transizione tra coltivazioni diverse	Riduzioni danno ai raccolti per aumento temperatura e riduzione disponibilità idrica	Presenza di un mercato certo a prezzi vantaggiosi per i nuovi prodotti, necessità di eliminare sussidi statali per prodotti non idonei al clima (con eventuali conflitti sociali), necessità di introdurre nuovi sussidi per incentivare il passaggio alle nuove colture, poca familiarità degli agricoltori con le coltivazioni suggerite.
Passaggio a tecnologie di irrigazione a maggiore efficienza	Agricoltori: costi dei nuovi sistemi e perdita del patrimonio investito sui sistemi meno efficienti	Riduzione danno ai raccolti per una minore suscettività alla siccità, utilizzo dell'acqua risparmiata per usi diversi dall'agricoltura	Necessità di incentivare l'uso delle nuove tecnologie anche attraverso l'imposizione di tariffe elevate per l'acqua ad uso agricolo (con conseguenti agitazioni sociali), necessita di introdurre nuovi sussidi per incentivare il passaggio alle nuove tecnologie
Assicurazione per perdita raccolti	Agricoltori: premio assicurativo; Società assicuratrici: costi di gestione, costi di monitoraggio (se risarcimento legato a perdite effettive), risarcimenti. ecc.	Riduzione danno economico derivante da condizioni climatiche estreme	Complessità nell'elaborare sistemi assicurativi efficienti e a basso costo (es: necessità di ripartire il rischio fra settore pubblico e privato) Diffidenza verso strumenti assicurativi rispetto al più familiare risarcimento dello Stato per stato di calamita naturale

Tabella 1. Esempio di misure di adattamento in campo agricolo in aree soggette a desertificazione (Kurukulasulya e Rosenthal, 2003)

Ancora, è possibile calcolare i costi associati alle possibili azioni di adattamento, in viticoltura, possono essere suddivise in due categorie: costi fissi e variabili per gli investimenti (DC) destinati all'adattamento del vigneto alle nuove condizioni climatiche e costi indiretti (IC) relativi alla perdita del reddito, causato dalla diminuzione della quantità e qualità delle uve e del vino. L'impatto economico totale (TEI) è calcolato come la sommatoria di DC+IC e, tale analisi, permette di evidenziare la netta relazione tra impatto economico e pratiche di adattamento, dimostrando, ad esempio, che i produttori, situati in aree di produzione di vini di alta qualità, sono disposti a ridurre le rese, mantenendo la qualità attesa, piuttosto che abbandonare la certificazione DOP e convertirsi a IGP (Bernetti et al., 2012).

3.2.4 L'impiego dell'approccio ricardiano

Un primo contributo che rientra nel modello spazio-analogico è l'analisi Ricardiana²⁷, sviluppata da (Mendelsohn et al., 1994), si basa sulla teoria che nelle economie di mercato competitive il valore del terreno si misura attraverso il valore dei ricavi netti, derivati da una gestione e da un uso del territorio economicamente più efficiente. L'analisi Ricardiana è stata quindi introdotta per stimare l'impatto dei cambiamenti climatici sull'agricoltura. Infatti, l'analisi ricardiana utilizza una analisi trasversale per stimare il rapporto tra prestazioni economiche, misurate in termini di valori fondiari o ricavi netti per ettaro, e il clima, descritto in termini di climi 'normali', ossia la media aritmetica di una variabile climatica in un intervallo di 30 anni (World Meteorological Organization - WMO, 1989). Il metodo si basa sul presupposto che valori fondiari riflettono la produttività del lungo periodo della terra. Secondo Mendelsohn et al. (2010), questo approccio mostra almeno tre vantaggi: "È relativamente facile stimare, produce valori geograficamente precisi e considera l'adattamento". Inoltre, il metodo include tutte le attività agricole.

L'approccio Ricardiano può essere utilizzato per analizzare i dati trasversali della produzione agricola in regioni calde e fredde, esaminando la relazione tra i valori dei terreni agricoli e le variazioni climatiche regionali negli Stati Uniti e stimare gli effetti di diverse variabili climatiche ed economiche, insieme ad altri fattori correlati ai valori dei terreni agricoli (Mendelsohn et al., 1994).

Nel 1999 Mendelsohn & Schlesinger (1999) sviluppano un modello che evidenzia come la produzione agricola misurata in termini monetari (y) sia una funzione della temperatura media annua misurata in gradi Celsius (T), della media giornaliera delle precipitazioni annue in millimetri (P) e della concentrazione atmosferica dell'anidride carbonica misurata in parti per milione (ppm).

Infatti, l'analisi Ricardiana è considerata un'efficace strumento metodologico per prevedere le conseguenze del cambiamento climatico in agricoltura (Timmins, 2006). Ad esempio, per analizzare la performance economica di un'azienda tramite un approccio Ricardiano, possono essere utilizzate le seguenti variabili (De Salvo et al., 2015):

- ricavo lordo (€ / ha) per la vigna;
- termine costante (ad esempio, effetti fissi) specificato al livello comunale (m);
- livello di istruzione del viticoltore;
- età del viticoltore;
- percezione del viticoltore degli effetti del cambiamento climatico sulla prestazione dell'azienda;
- lavorazione delle uve (pratiche agronomiche);
- livello tecnologico delle aziende agricole;
- temperatura media;

²⁷ La teoria ricardiana, che prende il nome da David Ricardo, uno dei massimi esponenti della scuola degli economisti classici, assume in premessa che la sola differenza di produzione tra due Paesi è riconducibile a fattori tecnologici e tutte le altre caratteristiche sono identiche tra Paesi

- precipitazioni totali.

L'analisi di queste variabili tramite il modello ha permesso di evidenziare come la relazione tra il reddito in vigna sia proporzionale a:

- 1) il livello tecnologico di aziende agricole (dovuto principalmente agli effetti congiunti delle dimensioni maggiori della vigna, l'implementazione dei sistemi di formazione intensivi, l'adozione di sistemi di irrigazione e la propensione degli agricoltori ad investire);
- 2) la consapevolezza di viticoltori degli effetti del cambiamento climatico; infatti, la consapevolezza di degli impatti negativi del cambiamento climatico sulla vigna migliora ricavi lordi e le prestazioni cantina perché promuove l'adozione di pratiche agricole orientate all'adattamento (Battaglini et al. 2009);
- 3) la formazione scolastica del viticoltore;
- 4) l'adozione di processi di vinificazione, attraverso il quale si verifica un aumento del valore aggiunto dell'uva;
- 5) la temperatura.

Inoltre, è prevista la relazione opposta (inversamente proporzionale) fra reddito, età viticoltore e precipitazioni totali.

Tale approccio permette, infatti, di analizzare gli impatti del cambiamento climatico a livello locale, fino al livello della singola vigna (Agnoli et al. 2015) oppure l'effetto delle variazioni di temperatura e piovosità sui prezzi, sui ricavi per ettaro e sul valore del terreno (Mancino 2012). Queste applicazioni evidenziano l'esistenza di una relazione significativa tra il reddito per ettaro e le variabili climatiche e che le precipitazioni influenzano negativamente il reddito durante la primavera e l'estate, mentre non producono un effetto negativo durante l'inverno.

Il metodo presenta, però, alcuni limiti. Ad esempio, fattori importanti per la produttività agricola possono variare nello spazio insieme al clima e questi fattori dovrebbero essere contabilizzati (Deschênes & Greenstone, 2007). L'analisi Ricardiana, nonostante prenda in considerazione molte variabili esplicative, come i suoli, l'accesso ai mercati e le politiche nazionali ma l'assenza di dati dei prezzi significa che l'analisi ricardiana, in generale, sottovaluta il beneficio e sovrastima i danni associati ai cambiamenti climatici, anche se la dimensione della distorsione dovrebbe essere ridotta (Mendelsohn et al., 1996).

Inoltre, il modello di Ricardo include adattamento ma non tiene conto dei costi di transizione. Non è chiaro quanto sia l'effettivo ammontare di tali costi, anche se Kelly et al. (2005) sostengono che potrebbero rappresentare il 1,4% delle rendite fondiari annuali.

Infine, il modello è disegnato per l'analisi statica comparativa, non per svolgere un'analisi dinamica anno per anno.

Un'ultima controversa questione riguarda l'irrigazione. Schlenker et al. (2005) sostengono che i terreni agricoli irrigati e quelli non irrigati debbano essere analizzati separatamente. Anche se non c'è dubbio che la sensibilità climatica delle due tipologie di terreno sia diversa, la scelta di applicare un sistema di irrigazione è endogena (Kurukulasuriya et al., 2011), quindi, se si vuole

analizzare adeguatamente la risposta dell'intero sistema agricolo al clima, non deve essere considerata come un fattore esogeno.

3.2.5 L'impiego dell'equilibrio generale

L'approccio "spazio-analogico", oltre ad applicare analisi statistiche, può utilizzare anche metodi di programmazione. Un esempio è l'applicazione del modello di equilibrio generale che permette di analizzare la molteplicità degli impatti derivanti dal cambiamento climatico, tenendo conto delle interazioni con altri settori in diverse regioni del mondo (Darwin et al., 1995). In generale, però, questo tipo di modello si utilizza per l'analisi degli impatti macroeconomici del cambiamento climatico. Ad esempio, il rapporto prodotto da CICERO (Centro per il clima internazionale e la ricerca ambientale di Oslo) (Aaheim et al., 2009) fornisce una documentazione relativa al modello di equilibrio generale macroeconomico integrato (GRACE_adapt) e mostra i risultati dell'analisi macroeconomica degli impatti e dell'adattamento in Europa in caso di aumento della temperatura media globale di 2 °C e 4 °C. GRACE_adapt è stato sviluppato per il progetto (ADAM) per affrontare gli impatti economici dei cambiamenti climatici e dell'adattamento conseguente e fornisce interpretazioni sulle risposte economiche agli impatti climatici. Il modello GRACE_adattato rappresenta un tentativo di portare coerenza tra l'adattamento ai cambiamenti climatici e l'andamento economico. Il modello si basa sull'idea che l'adattamento ai cambiamenti climatici può essere interpretato nel contesto dell'andamento economico: il cambiamento climatico può portare a modifiche della disponibilità di risorse economiche o a spostamenti della domanda di materie prime e servizi, sia da settori produttivi (spostamento delle tecnologie) sia dalla domanda finale (spostamento delle preferenze). Lo spostamento risultante dal passaggio da un equilibrio generale prima del cambiamento climatico a un nuovo equilibrio generale successivo al cambiamento climatico può essere interpretato come adattamento.

Il modello, però, può avere una connotazione più locale se integrato ad un sistema di informazione geografica (GIS). Il sistema GIS è, infatti, in grado di descrivere le caratteristiche regionali di alcune variabili, quali terreno, clima, acqua e l'idoneità agricola (*suitability*). Grazie a questo approccio, il cambiamento climatico è correlato allo spostamento delle specificità territoriali e alla disponibilità della risorsa, alterando così la capacità produttiva di determinate regioni. Il modello di equilibrio generale può, quindi, essere utilizzato per stimare le conseguenze del cambiamento climatico sugli aspetti economici e i suoi effetti sulla produzione e sui prezzi a livello regionale e globale (Darwin et al., 1995).

3.2.6 L'impiego dell'approccio di rete (Network)

Un altro esempio di approccio "spazio-analogico" è rappresentato dall'applicazione delle reti o network. In particolare, il fenomeno del cambiamento climatico può essere analizzato attraverso due principali di indagine: le *Reti neurali artificiali* (Artificial Neural Network, ANN) e le *Reti Baesyane*.

Le *Reti neurali artificiali* (Artificial Neural Network, ANN)²⁸ sono modelli matematici che rappresentano l'interconnessione tra elementi definiti neuroni artificiali, ossia costrutti matematici che in qualche misura imitano le proprietà dei neuroni viventi. Questi modelli matematici possono essere utilizzati sia per ottenere una comprensione delle reti neurali biologiche, ma ancor di più per risolvere problemi ingegneristici di intelligenza artificiale come quelli che si pongono in diversi ambiti tecnologici (in elettronica, informatica, simulazione, e altre discipline). In altre parole, le reti neurali sono delle particolari strutture matematiche in grado di definire, a partire dai dati sperimentali che sono loro forniti come esempi, una mappa delle relazioni intercorrenti tra le grandezze coinvolte in un certo fenomeno e la grandezza che quantifica il fenomeno stesso (Jørgensen & Bendoricchio, 2001). Rispetto ad altre tecniche metamodellistiche, le ANN hanno il vantaggio di descrivere le relazioni intercorrenti tra le variabili in ingresso e in uscita, senza una conoscenza a priori dei legami tra le variabili stesse. Sono inoltre capaci di individuare le interazioni e le risposte non-lineari esistenti tra le variabili considerate (Batchelor & Yang, 1997). In campo applicativo, questo le rende uno strumento particolarmente interessante per varie motivazioni. La prima è che esse, essendo come si suol dire, modelli a memoria associativa, imparano direttamente da esempi e non richiedono particolari conoscenze a priori sulla realtà che si vuole esaminare il che, in alcuni casi, le pone come unico approccio percorribile per la risoluzione dei problemi di estrazione dell'informazione. La seconda è la loro caratteristica di robustezza e tolleranza al rumore. Questa deriva dalla natura al tempo stesso parallela e distribuita in cui si struttura il modello neurale. Una terza importante motivazione risiede poi nelle proprietà di flessibilità e portabilità che caratterizzano questo tipo di algoritmi. La rete infatti riesce a fondere in maniera sinergica e costruttiva elementi informativi provenienti da sorgenti fisicamente anche molto differenti tra loro. Inoltre, una volta addestrata, la rete concentra la sua capacità di elaborazione in un numero ristretto di coefficienti caratteristici, il che rende quanto mai immediato il suo inserimento in qualsiasi ambiente di elaborazione.

Infatti, questi modelli vengono utilizzati anche per la valutazione degli impatti economici del cambiamento climatico (Moriondo et al., 2010). Le reti neurali necessitano, però, di un'ampia quantità di misurazioni o dati osservati.

²⁸ Lo studio delle reti neurali risale ai primi tentativi di tradurre in modelli matematici i principi dell'elaborazione biologica. La rete neurale artificiale (ANN, Artificial Neural Network) è formata da un gran numero di unità indipendenti, connesse le une alle altre mediante dei collegamenti. Questo è simile alla struttura del nostro cervello, in cui le unità sono i neuroni e i collegamenti gli assoni e le sinapsi. Un impulso (elettrico) viaggia all'interno del cervello seguendo i collegamenti: quando un neurone riceve l'impulso, se questo è abbastanza forte il neurone si "attiva" e a sua volta invia il segnale a tutti i neuroni ad esso collegati, che si comporteranno nella stessa maniera.

Una ANN funziona nello stesso modo: ogni unità è collegata ad altre unità, le quali, in presenza di uno stimolo (input) di sufficiente intensità dalle unità poste "prima" di esse, si attivano e inviano il segnale alle unità collegate. I collegamenti (o gli assoni, nel caso del cervello) hanno la capacità di attenuare il segnale, in modo che questo viaggi secondo percorsi diversi e in alcune "direzioni" si spenga (cioè non sia sufficiente ad attivare alcuni neuroni).

Una rete neurale possiede poi, di solito, un algoritmo che modifica i pesi (le attenuazioni) dei collegamenti, in modo che essa si adatti a fornire un certo output in risposta ad un determinato input.

Una rete neurale artificiale (ANN, Artificial Neural Network), è quindi un insieme di elementi, chiamati nodi o neuroni, spesso organizzati in strati e interconnessi da canali di comunicazione. Ogni nodo ha una piccola quantità di memoria locale e opera solo sui dati che gli arrivano in input dalle connessioni.

Il metodo delle *Reti Baesyana* (BN - Bayesian Network) è, invece, un modello grafico probabilistico che rappresenta un insieme di variabili stocastiche con le loro dipendenze condizionali attraverso l'uso di un grafo aciclico diretto (DAG)²⁹. La rete baesyana si sviluppa a partire dal teorema di Bayes³⁰ (conosciuto anche come formula di Bayes o teorema della probabilità delle cause), impiegato per calcolare la probabilità di una causa che ha scatenato l'evento verificato. Per esempio una rete Bayesiana potrebbe rappresentare la relazione probabilistica esistente tra i sintomi e le malattie. Dati i sintomi, la rete può essere usata per calcolare la probabilità della presenza di diverse malattie.

Le reti bayesiane sono infatti generalmente utilizzate per la rappresentazione della conoscenza. Possono essere utilizzate per la costruzione di una rete causale o di una procedura di inferenza. In genere, le reti bayesiane sono usate per rappresentare la distribuzione congiunta delle probabilità e per rappresentare le relazioni di interdipendenza condizionale. La rete bayesiana consente di gestire la rappresentazione di un dominio con molte variabili, in modo più semplice e compatto rispetto alla distribuzione completa delle probabilità, per questo motivo si adatta bene allo studio del cambiamento climatico.

La modellazione BN può infatti essere utilizzata nella rilevazione, nell'analisi e nell'attribuzione dei cambiamenti climatici (Hobbs, 1997; Hasselmann, 1998; Tol & De Vos, 1998; Barnett et al., 1999; Berliner et al., 2000; Katz, 2002), nelle ricostruzioni climatiche (Robertson et al., 1999) e nella valutazione degli impatti sulla fisiologia vegetale su scala regionale, nelle diverse fasi e nelle diverse stagioni (Dose & Menzel, 2004; Schleip et al., 2010; Schleip et al., 2006; Menzel et al., 2006). In particolare, però, i BN supportano la ricerca scientifica nell'identificazione dei percorsi di adattamento percepiti all'interno di sistemi complessi, socio-ecologici, in cui parere e giudizio sono collegati nel determinare la capacità di adattamento dei sistemi umani ai cambiamenti climatici (Richards et al., 2013). La capacità di adattamento, e le risposte che da essa derivano, sono, infatti, fortemente dipendenti dalle percezioni dell'“Agente” all'interno di un sistema (Adger, 2003) e dalle condizioni specifiche del contesto in cui opera, variabili non generalmente analizzabili grazie ad indicatori quantitativi (Roiko et al., 2012).

Invece, l'applicazione delle Reti Bayesiane permette di valutare le azioni dei soggetti interessati, anche in presenza di un numero di dati molto limitato, a partire dal coinvolgimento diretto delle parti interessate o dell'opinione di esperti (Charniak, 1991; Castelletti & Soncini-Sessa, 2007; Aguilera et al., 2011), soddisfacendo sia la logica deduttiva che induttiva e spiegando i modelli mentali tramite le relazioni casuali e probabilistiche (Richards et al., 2013).

²⁹ In matematica e informatica un grafo aciclico diretto oppure grafo aciclico orientato (in inglese Directed acyclic graph, DAG) è un particolare tipo di digrafo (anche noto come "grafo diretto") che non ha cicli (circuiti) diretti, ovvero comunque scegliamo un vertice del grafo non possiamo tornare ad esso percorrendo gli archi del grafo. Il grafo orientato aciclico (privo di cicli) della rete bayesiana presenta in cui ciascun nodo una determinata variabile del sistema mentre gli archi orientati rappresentano le eventuali relazioni di dipendenza (genitore → figlio) tra le variabili. L'arco orientato (freccia) equivale a dire che il nodo genitore influenza direttamente il nodo figlio (variabile dipendente). L'assenza di archi, invece, indica la presenza di una variabile indipendente.

³⁰ Il teorema si chiama così in onore del reverendo Thomas Bayes (1702–1761), il quale studiò come calcolare una distribuzione per il parametro di una distribuzione binomiale. Un suo amico, Richard Price, pubblicò il lavoro nel 1763, dopo la morte di Bayes, nell'articolo *Essay Towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances*. Alcuni anni dopo (nel 1774) viene formulato da Pierre Simon Laplace che probabilmente non era a conoscenza del lavoro di Bayes.

Sono, infatti, particolarmente utili per fornire un quadro strutturato grazie all'integrazione di tipi diverse fonti della conoscenza (Chaloupka, 2007) e affrontano la causalità (con accezione probabilistica) con una stima verosimile.

I risultati ottenuti dall'applicazione del BN possono essere utilizzati per sviluppare strategie che favoriscano la capacità di adattamento e mitigazione, sia in agricoltura (Musango & Peter, 2007) sia in altri settori socio-economici, supportare i produttori nelle scelte e nelle decisioni (Abbal et al., 2016) e definire le migliore opzioni di adattamento ai cambiamenti climatici (Bonzanigo et al. 2016).

In ambito vitivinicolo, il principale contributo sull'applicazione del BN è dato da Abbal et al. (2016) che rappresentano il vigneto come un sistema complesso che comprende l'area geografica, la chimica e la fisica, le proprietà del suolo e il sistema di coltivazione (Figura 12)

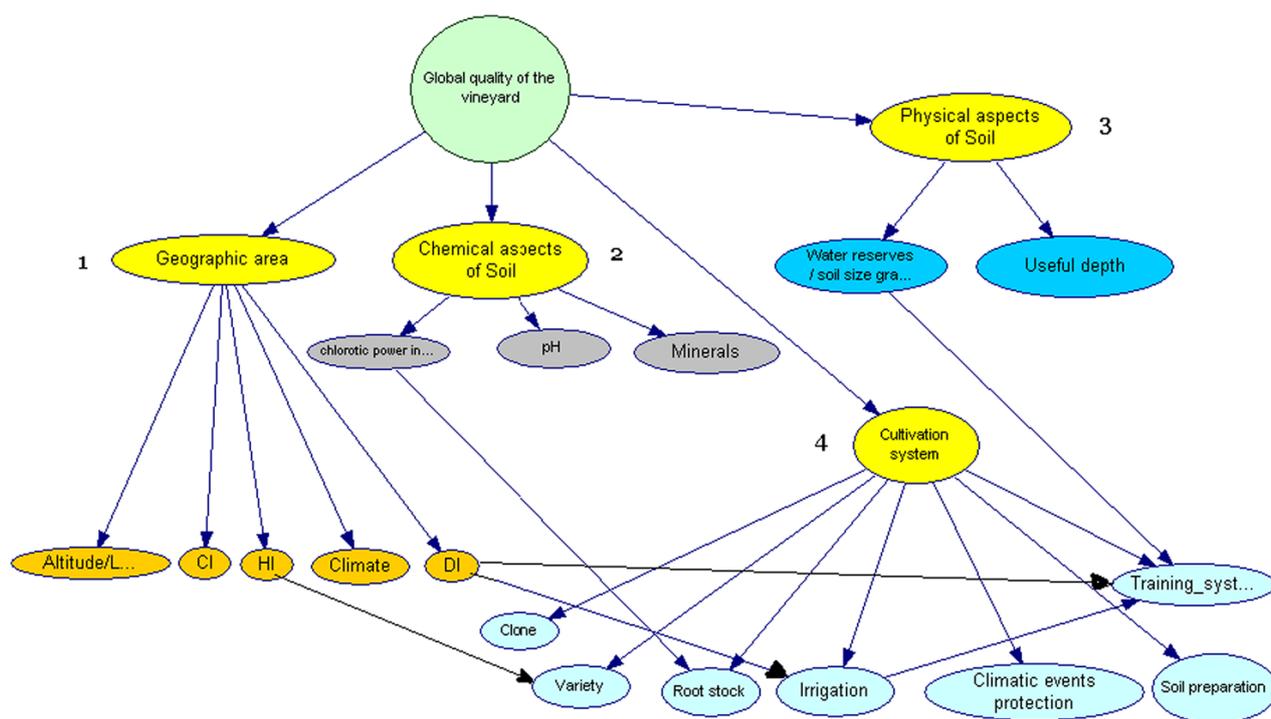


Figura 12. La "rete vigneto" creata da esperti

3.3 Portata dei risultati ottenuti nella letteratura economica

Le diverse metodologie in ambito economico applicate allo studio del cambiamento climatico hanno portato ad un'ampia varietà di risultati, di seguito riassunti:

1. Dal calcolo economico degli impatti derivanti dal cambiamento climatico si deduce che i **maggiori danni si verificano in assenza di misure di adattamento** (tra i 9 e 42 miliardi di Euro /all'anno) e che l'adattamento è in grado di ridurre i costi totali nel medio periodo, tra il 7 e il 50%, e fino al 70% nel lungo periodo (Progetto Europeo PESETA).
2. **La capacità di assorbimento delle imprese è positivamente correlata alle innovazioni relative al cambiamento climatico** (Galbreath, Charles, and Oczkowski, 2014): in questo caso la capacità di assorbimento è considerata come l'aspetto che maggiormente influenza le innovazioni del cambiamento climatico (Cohen & Levinthal, 1990), intesa come un sistema di apprendimento che facilita l'adattamento delle imprese al loro ambiente esterno. Inoltre, le imprese immagazzinano gli eventi del passato, li aggiornano e li traducono in nuova conoscenza. La capacità di assorbimento è dunque la capacità di un'azienda di identificare, valutare e applicare le conoscenze per fini commerciali (Cohen e Levinthal 1990). Quindi, le imprese con alti livelli di capacità di assorbimento dovrebbero essere capaci di interpretare al meglio i potenziali impatti del cambiamento climatico sulla produzione di vino, identificando le migliori pratiche di mitigazione e adattamento e riconoscendo le nuove opportunità che il cambiamento climatico può offrire.
3. **La capacità di assorbimento è positivamente correlata agli scambi di conoscenza sul cambiamento climatico tra le imprese di un cluster** (Galbreath, Charles, and Oczkowski, 2014): la capacità di innovare dipende da bagagli di conoscenza pre-esistenti (Dierickx & Cool, 1989), tuttavia, la capacità di assorbimento delle imprese permette loro anche di riconoscere la necessità di ampliare le proprie conoscenze, considerate le variazioni esterne a cui devono sottostare (Boal & Hooijberg, 2000; Cohen e Levinthal 1990). Quindi, dalle imprese con un alto livello di capacità di assorbimento ci si aspetterebbe una maggior propensione a condividere le conoscenze con le altre imprese del cluster sulle nuove condizioni derivanti dal cambiamento climatico.
4. **Gli scambi di conoscenza sul cambiamento climatico tra le imprese di un cluster sono positivamente correlate con l'innovazione** (Galbreath, Charles, and Oczkowski, 2014): considerato che le imprese all'interno di un cluster sembrano essere avvantaggiate dalla vicinanza geografica (Jaffe et al., 1993; Malmberg & Maskell, 2002), gli effetti collaterali (o esternalità positive) dello scambio di conoscenza tra loro portano a elevati livelli di innovazione della singola impresa (Marshall, 1920; Maskell, 2001). Nel caso dell'industria vitivinicola, il cambiamento climatico è stato riconosciuto come un problema comune in tutto il mondo (Hannah et al., 2013), quindi le imprese in un cluster di vino che condividono le proprie conoscenze facilitano l'attuazione di innovazioni. In questo caso è importante sottolineare che, anche se le imprese di un cluster di vino sarebbero inclini a proteggere le conoscenze personali per ottenere un vantaggio privato, nel caso dei cambiamenti climatici lo scambio di conoscenza non dovrebbero essere visti come una

minaccia per la competitività, poiché ogni azienda utilizzerà questa conoscenza in modo diverso (Caple et al., 2010), in particolare considerando quanto le condizioni climatiche e biofisiche possono variare nell'arco di pochi chilometri.

5. **Gli scambi di conoscenze sul cambiamento climatico tra le imprese del cluster almeno parzialmente mediano l'effetto della capacità di assorbimento sulle innovazioni di cambiamenti climatici** (Galbreath, Charles, and Oczkowski, 2014): la vicinanza geografica e relazionale tra le imprese di un cluster compensano la mancanza, alla quale generalmente si assiste, di investimenti mirati per l'innovazione, in particolare per la Ricerca e Sviluppo.
6. **Le innovazioni relative ai cambiamenti climatici sono positivamente correlati ai risultati dell'impresa** (Galbreath, Charles, and Oczkowski, 2014): ad esempio, è dimostrato che i consumatori sono interessati alle credenziali ambientali delle imprese, tra cui come rispondono ai cambiamenti climatici (Barber et al., 2009). Questo interesse sembra essere legato principalmente alla riduzione dei gas serra (Galbreath, 2015). L'aspettativa è che le imprese che investono in innovazioni che affrontano emissioni di gas serra sarà in grado di ridurre queste emissioni.
7. Le variabili climatiche, in particolare la temperatura, hanno effetti significativi sia sulla produzione sia sull'efficienza, così come le **differenze regionali hanno effetto sulle capacità di adattamento delle aziende** (Bardaji e Iraizoz, 2015).
8. Le imprese pro-attive nell'implementazione di strategie per il cambiamento climatico hanno rendimenti finanziari più elevati rispetto aziende comparabili meno pro-attive e con meno enfasi sul cambiamento climatico (Michalisin et al., 2010).
9. **La vulnerabilità del settore vitivinicolo in termini economici è fortemente influenzata dall'utilizzo di sistemi di irrigazione** permanenti o occasionali, mentre i costi dell'adattamento sono influenzati dalla possibilità delle aziende di accedere alla risorsa idrica (Bernetti et al., 2012)
10. La PAC post-2014 ha introdotto una serie di strumenti di gestione del rischio come una nuova misura dal regolamento sullo sviluppo rurale, ma non sarà probabilmente efficiente nella programmazione nazionale (Azcárate, 2014). I sistemi di certificazione DOC/DOP del vino che regolano le produzioni potenzialmente influenzato dalle variazioni climatiche, potrebbero risultare dannose per i consumatori a causa dell'aumento dei prezzi derivante dalla riduzione dei quantitativi venduti sul mercato, a favore della qualità (Laye & Laye, 2006). Inoltre, in futuro, potrebbe essere necessaria una modifica nelle regolamentazioni, soprattutto per quanto riguarda l'utilizzo dell'acqua, e lo sviluppo di adeguate politiche pubbliche di supporto per le produzioni locali che tengano in considerazione non solo la produzione ma anche il sistema socio-economico che si estende al suo intorno (Bernetti et al., 2012)

CAPITOLO 4 – APPROCCIO METODOLOGICO DELLA RICERCA E STRUMENTI DI ANALISI

A partire dall'analisi sviluppata nel precedente capitolo inerente i principali contributi teorici e metodologici per la valutazione del cambiamento climatico disponibili nella letteratura economica e in risposta agli obiettivi dell'indagine, vengono riportati in questo capitolo l'approccio metodologico e gli strumenti di analisi.

Riprendendo i concetti espressi nell'introduzione, l'indagine si pone come **obiettivo generale** quello di **valutare la capacità di adattamento al cambiamento climatico da parte delle imprese del settore agroalimentare, con particolare riferimento alle aziende vitivinicole dell'Emilia-Romagna che producono Sangiovese**. Per capacità di adattamento si intende la capacità di un sistema di recuperare o adattarsi (*cooping* o resilienza) alle mutevoli condizioni esterne, riducendone gli impatti negativi, e prevedere il cambiamento per il futuro, adottando strategie di lungo periodo. In particolare, per raggiungere tale obiettivo, l'indagine si pone la finalità di indagare i seguenti **obiettivi specifici**:

1. Quantificare gli impatti del cambiamento climatico su resa, gradazione alcolica e costi, in vigna e in cantina, in annate calde, secche e piovose
2. Valutare l'incidenza della variabilità climatica degli ultimi 15 anni sulla percezione di lungo periodo del cambiamento climatico
3. Analizzare il numero e la tipologia di pratiche di adattamento che i produttori mettono in atto in annate calde, secche e piovose
4. Individuare i fattori che incidono sulle performance aziendali, sia a livello agronomico che economico
5. Identificare le strategie di lungo periodo per salvaguardare la produzione in futuro

Inoltre, considerato che a livello locale permane però una forte incertezza sugli effetti del cambiamento climatico e dato che l'adattamento è da considerarsi come un fenomeno *site-specific*, molti autori sostengono la necessità di analizzare l'adattamento più a livello locale, al fine di ottenere una migliore comprensione dei processi fondamentali che stanno alla base dell'adattamento e migliorare l'orientamento delle politiche di adattamento da parte dei governi nazionali e locali, ONG e donatori bilaterali (Boko et al, 2007;. Mano e Nhemachena, 2007; Smit e Wandel, 2006). L'indagine si pone, quindi, un ulteriore obiettivo specifico:

6. di sviluppare un metodo per la valutazione delle capacità di adattamento, sufficientemente specifico da catturare la variazione locale, ma che sia trasferibile in seguito anche ad altri siti (Vincent, 2007).

Per raggiungere gli obiettivi prefissati, la metodologia dell'indagine è strutturata come segue:

1. Formulazione delle ipotesi di ricerca, in risposta agli obiettivi specifici e identificazione di un quadro concettuale di riferimento basato su un approccio prevalentemente olistico che induce a considerare un insieme di dati eterogeneo.
2. Predisposizione di una indagine empirica su un campione di aziende vitivinicole di piccole, medie e grandi dimensioni che producono Sangiovese in Emilia-Romagna con almeno due ettari di vigneto. L'indagine combina vari tipi di dati (strutturali, economici e climatici) provenienti da fonti diverse.
- Raccolta dei dati. La rilevazione dei dati è stata svolta tramite un duplice approccio: da un lato è stata effettuata l'analisi dei dati climatici è stata svolta con gli obiettivi di identificare le annate soggette a fenomeni climatici rilevanti sulle quali calibrare le pratiche e le strategie di adattamento all'interno del questionario e classificare le aziende sulla base della variabilità climatica a livello di vigneto. Dall'altro lato, è stata utilizzata la tecnica di indagine mista composta da interviste dirette, telefoniche o auto compilazione di un questionario strutturato in quattro sezioni principali: la percezione del produttore rispetto alla sostenibilità ambientale e agli impatti del cambiamento climatico, le pratiche e le strategie di adattamento, le conseguenze del cambiamento climatico sulla produzione, i caratteri generali del produttore e dell'azienda.
3. Tecniche di elaborazione dei dati: sono state applicate l'analisi statistica multivariata (cluster) finalizzata a individuare relazioni tra le variabili di interesse (variabili strutturali, economiche e climatiche) e il modello Bayesiano che fornisce la possibilità di combinare conoscenze, informazioni e dati provenienti da fonti diverse e con diversi gradi di precisione

4.1 Il quadro concettuale di riferimento

Data la finalità dell'indagine di **valutare la capacità di adattamento al cambiamento climatico da parte delle imprese del settore agroalimentare, con particolare riferimento alle aziende vitivinicole dell'Emilia-Romagna che producono Sangiovese** e gli approcci teorici e metodologici analizzati nel capitolo 3, è stato scelto di far riferimento prevalentemente ad un approccio olistico, integrandolo con alcuni aspetti dell'approccio analitico, per poter rispondere alle esigenze della ricerca.

In particolare, l'inquadramento olistico, rappresentato dalle teorie sperimentali (economia evolutiva (NRBV), economia comportamentale e Environmental Life Cycle Thinking), è funzionale a spiegare:

- la relazione esistente tra risorse (tra cui quelle ambientali), beni, capacità e competenze degli imprenditori che caratterizzano un'impresa e che si combinano in modo univoco per gestire questi beni e risorse per uso produttivo (Barney 1991; Galbreath 2005);

- i processi intenzionali dell'individuo nell'adozione di comportamento rispettosi del clima (Tikir and Lehmann, 2011)
- la relazione tra un comportamento socialmente e ambientalmente responsabile e il vantaggio competitivo dell'impresa (Troina, 2010).

Infatti, il settore agricolo che può contribuire sia alla mitigazione dei gas serra sia ai processi di adattamento ai cambiamenti climatici, deve essere analizzato attraverso la combinazione di strumenti politici e di altri fattori, quali ad esempio le abitudini, la percezione, la predisposizione alla sostenibilità e le norme che possono influenzare il comportamento del produttore. Inoltre, il cambiamento comportamentale deve essere inteso a livello locale (OECD, 2012). La capacità adattativa delle aree agricole dipenderà sia dalla disponibilità e dalla conoscenza delle opzioni per la gestione del rischio sia dal grado di rischio a cui le produzioni sono sottoposte. Inoltre, in relazione all'eterogeneità spaziale, è importante riconoscere che i diversi strumenti politici e le azioni di adattamento variano sia in base alle caratteristiche del territorio e del paesaggio sia degli stessi produttori.

L'inquadramento analitico, invece, fa riferimento alla Teoria della Prossimità Geografica, secondo la quale le imprese interagiscono all'interno di un territorio ad un livello meso-economico, permettendo la riduzione dei costi, lo scambio di conoscenze e l'incremento del livello di innovazione delle singole imprese (Audretsch, 1998; Jaffe et al., 1993; Pouder and St. John, 1996; Tallman et al., 2004; Camagni, 1991; Keeble e Wilhelm Kinson, 1999). La costituzione di reti di agricoltori o forme di lavoro collettivo possono svolgere un ruolo importante. Le norme sociali - o il capitale sociale - che possono influenzare l'azione collettiva (varie forme di attività di gruppo) degli agricoltori dovrebbero essere prese in seria considerazione come alternativa al mercato o alla regolamentazione nell'affrontare molti problemi agricoli e ambientali. Poiché sia l'adattamento e che la mitigazione sono strettamente legate a benefici pubblici, le strategie per incoraggiare la cooperazione tra i produttori devono essere parte integrante delle politiche di governo. L'utilizzo di questa teoria è funzionale all'identificazione dell'area di riferimento e delle unità statistiche oggetto dello studio.

La Figura 13 mostra graficamente il quadro logico dell'indagine. I risultati dell'indagine derivano dalla combinazione dei dati derivanti da interviste diretta ad un campione di 56 individui (par. 4.3.2) e dall'analisi dei dati climatici dell'area di studio (par. 4.1.1).

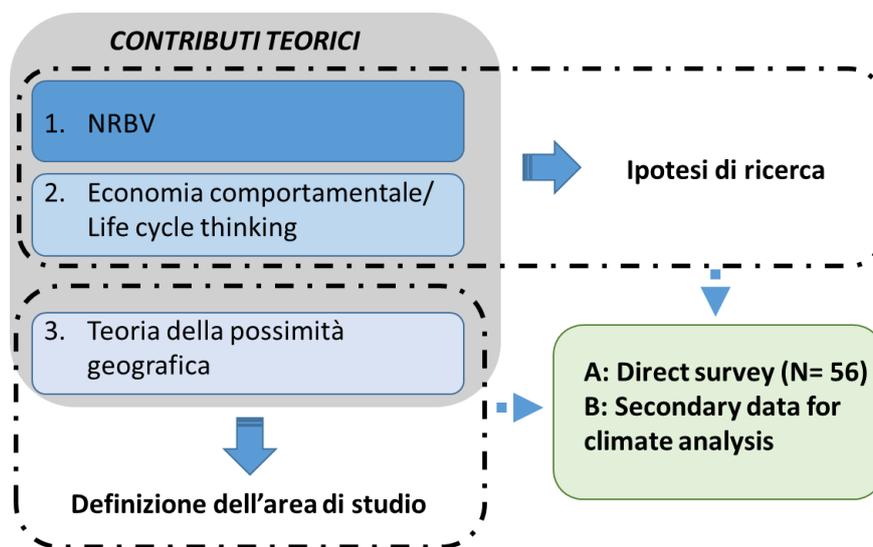


Figura 13: Il quadro concettuale di riferimento dell'indagine

A partire dal concetto di adattamento (par. 2.3) emerge evidente che il cambiamento del comportamento, sia esso del sistema oppure degli attori che lo costituiscono, è intrinseco nelle definizioni più accreditate (Smit & Wandel 2006a). Brooks (2003) Smit et al. (2000), Pielke (1998) (Reidsma et al., 2010). Nel contesto del cambiamento climatico nel settore agricolo, questo comportamento si traduce primariamente nella messa in atto di pratiche o strategie di adattamento applicate per fronteggiare fenomeni meteorologici potenzialmente dannosi. Quindi, considerato che oramai è ampiamente accettato che adattamenti di vario genere possono aumentare o mantenere la competitività aziendale e modificare l'entità gli impatti dei cambiamenti climatici (Yohe e Tol, 2002; Smit e Pilofosova, 2003) e che gli agricoltori che applicano un elevato numero di pratiche efficaci per l'adattamento alla variabilità climatica possono rispondere meglio ai cambiamenti climatici (Below et al., 2012), il modello concettuale di riferimento esplicita la prima ipotesi di ricerca che riguarda le relazioni esistenti tra:

1. il numero delle pratiche di adattamento messe in atto dai vitivinicoltori e l'entità degli impatti del cambiamento climatico, sia livello agronomico (resa e gradazione alcolica) che economico (costi di produzione in vigna e in cantina) (Figura 14).

È però stato dimostrato che la capacità di una azienda vitivinicola di applicare efficaci azioni di adattamento al cambiamento climatico dipende dalle caratteristiche socio-economiche in cui si trovano le aziende e dall'organizzazione della singola azienda (Bernetti et al., 2012). In particolare, la capacità di adattamento di un'azienda vitivinicola può essere influenzata dalla tipologia aziendale (cantina vs. produttore indipendente), dalle dimensioni, dal rischio al quale l'azienda è sottoposta, dalla disponibilità finanziaria e dalla tecnologia disponibile (Belliveau, 2006, Bernetti et al., 2006; Battaglini et al., 2009; Olesen et al., 2011).

Le caratteristiche della azienda sono infatti un fattore di primaria importanza: un cambiamento nella intensità della produzione o nelle dimensioni aziendali, per fronteggiare le sfide climatiche,

può avere un impatto sulle performance aziendali (Reidsma et al., 2009). Aumentare la dimensione aziendale potrebbe sia aumentare la produzione totale, ma potrebbe anche rendere le aziende agricole più vulnerabili ai cambiamenti climatici, amplificando il negativo impatto di temperature più elevate, in paesi come la Francia, i paesi del Regno Unito e Benelux (Reidsma et al., 2009). In generale, comunque, sembra che maggiori dimensioni aziendali caratterizzano aziende più propense ad adottare strategie di adattamento in quanto hanno a disposizione quote maggiori di capitale e di risorse (Gbetibouo, 2009; Armah, et al., 2013).

Alla luce di tali considerazioni, il modello concettuale di riferimento esplicita la seconda ipotesi di ricerca che riguarda le relazioni esistenti tra:

2. le caratteristiche aziendali e l'implementazione di pratiche e strategie di adattamento volte a fronteggiare il cambiamento climatico (Figura 14).

Oltre alle caratteristiche aziendali, però, l'adattamento degli agricoltori dipende linearmente dalla loro percezione delle variabili climatiche esterne (Belliveau, 2006; Yohe e Tol (2002). Infatti, la percezione del cambiamento climatico e delle sue notevoli conseguenze sulla produzione comporta un crescente interesse per le opzioni di adattamento (Battaglini, 2009). Numerosi studi dimostrano che i produttori con una percezione più netta sulle problematiche ambientali e sulla variabile della sostenibilità hanno maggiore capacità di adattamento (Alfaro et al., 2010; Satinan T. e Weatherspoon D.; 2011, Sailing et al., 2002; Ehrenfeld J., Gertler N., 1997). La consapevolezza dei cambiamenti climatici è una caratteristica strettamente legata al produttore e si può generalmente spiegare tramite altri fattori quali, in particolare, il livello di istruzione e di preparazione professionale (Bernetti et al., 2006; Battaglini et al., 2009; Olesen et al., 2011).

Tali fattori possono influenzare positivamente la scelte delle pratiche di adattamento da mettere in atto ed essere quindi connessi alla capacità di adattamento dell'intera azienda (Armah, et al., 2013). Alla luce dei contributi teorici selezionati il modello concettuale di riferimento esplicita la terza ipotesi di ricerca che riguarda le relazioni esistenti tra:

3. la percezione del cambiamento climatico del produttore e l'implementazione di pratiche e strategie di adattamento volte a fronteggiare il cambiamento climatico (Figura 14).

È però necessario tenere in considerazione le caratteristiche locali del sistema (Watts e Bohle, 1993; Wheaton e Maclver, 1999; Kelly e Adger, 2000; Smit e Wandel, 2006). In particolare le condizioni climatiche locali possono fortemente influenzare sia la scelta delle pratiche di adattamento da mettere in atto e le strategie di lungo periodo sia i rischi e gli impatti a cui l'azienda è sottoposta. Infatti la vulnerabilità del sistema è rappresentata dalle caratteristiche locali e dalle variabili climatiche esterne (Watts e Bohle, 1993; Wheaton e Maclver, 1999; Kelly e Adger, 2000; Smit e Wandel, 2006; Belliveau et al., 2006; Hammer et al, 1999; Wilbanks e Kates, 1999; O'Brien et al 2004c.). Le precipitazioni e la temperatura sono fattori che possono influenzare l'adozione di tecnologie agricole (Gbetibouo, 2009; Deressa et al., 2009). Quindi il modello

concettuale di riferimento il modello esplicita la quarta ipotesi di ricerca che riguarda le relazioni esistenti tra:

4. la variabilità climatica locale e l'implementazione di strategie di lungo periodo volte a fronteggiare gli effetti del cambiamento climatico in futuro (Figura 14).

Inoltre, a partire dai contributi torici selezionati, le imprese con filosofie di business maggiormente sostenibili hanno maggior successo di quelle semplicemente orientate all'ambiente e superano ancora di più quelle passive in questo senso (Graedel, Allembly, 2002). Le imprese sono, infatti, chiamate ad essere sensibili alle questioni ambientali, in modo da preservare le risorse, ottimizzare la produzione e salvaguardare l'ambiente per il futuro. Le azioni "ambientali" sono da considerarsi uno dei comportamenti più razionali di impresa, in termini di aumento dell'efficienza, protezione della natura, garanzia di futuro e sostenibilità. Inoltre, sono anche essenziali per guadagnare la fiducia e il supporto dei consumatori che si tradurrà in un incremento delle vendite di beni o servizi (Genç, 2013). L'associazione tra le iniziative ambientali aziendali e le performance organizzative sono, infatti state analizzate in diversi studi (Orlitzky, Schmidt, e Rynes, 2003) ed è stata dimostrata la relazione positiva tra le prestazioni ambientali e quelle finanziaria (Russo e Fouts, 1997), soprattutto per le imprese di grandi dimensioni (Genç, 2013). In generale un'impresa che adotta un comportamento socialmente responsabile, monitorando e rispondendo alle attese economiche, ambientali, sociali di tutti i portatori di interesse, coglie anche l'obiettivo di conseguire un vantaggio competitivo e a massimizzare gli utili di lungo periodo. Il modello concettuale di riferimento esplicita la quinta ipotesi di ricerca che riguarda le relazioni esistenti tra:

5. La relazione tra la certificazione ambientale e di processo delle aziende e l'entità degli impatti del cambiamento climatico, sia livello agronomico (resa e gradazione alcolica) che economico (costi di produzione in vigna e in cantina) (Figura 14).

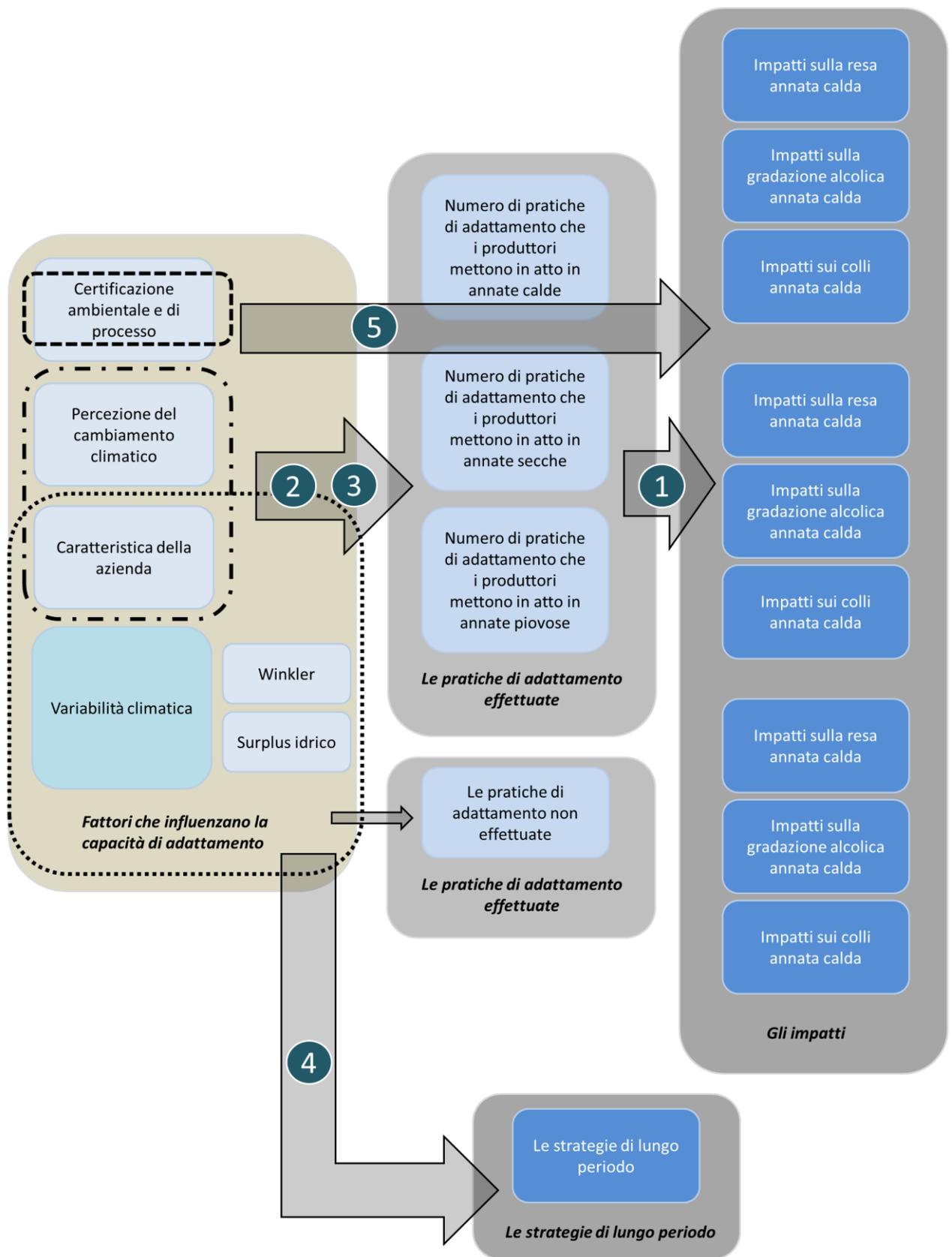


Figura 14: Il quadro logico dell'indagine

4.2 L'area geografica oggetto di studio

Considerate le finalità dello studio e la volontà di indagare, mediante un'indagine empirica, una serie di relazioni esistenti tra le variabili che caratterizzano la capacità di adattamento dei produttori e delle aziende al cambiamento climatico, la scelta del campione è stata effettuata in base ai seguenti parametri:

- Settore economicamente rilevante e soggetto all'innovazione
- Varietà sensibile al cambiamento climatico
- Industria rappresentativa di un'economia locale
- Area geografica soggetta a variabilità climatica

L'industria vitivinicola rappresenta uno dei settori economicamente più importanti a livello mondiale che si è dovuta adattare, negli ultimi anni, all'aumento della competizione nei mercati, alla globalizzazione e ai cambiamenti climatici, diventando un settore dinamico, relativamente sofisticato dal punto di vista tecnologico, e ad alta intensità di conoscenza (Giuliani 2007). Inoltre, l'industria vitivinicola è basata su relazioni di fiducia e vicinanza relazionale che, unite alla vicinanza geografica che generalmente caratterizza il settore, comportano un continuo scambio di conoscenza tra le aziende del territorio e un conseguente impatto positivo sul livello di innovazione e sulla performance aziendale (Giuliani, 2007, Boschma, 2005; Wuyts et al.).

Come descritto nel Capitolo 2, il cambiamento climatico può rappresentare una seria minaccia per la produzione vitivinicola. Gli impatti che possono derivarne, però, agiscono in maniera eterogenea in relazione alle diverse varietà ed alle diverse regioni. Il Sangiovese è, ad esempio, un vitigno estremamente sensibile al cambiamento climatico, in particolare in condizioni di siccità estrema (Poni et al. 2007; Silvestroni et al. 2005; Schultz, 2000) e, pertanto, un crescente numero di studi affronta il tema dell'adattamento fisiologico del Sangiovese al cambiamento climatico (Poni et al. 2007).

Il Sangiovese, inoltre, è uno dei vitigni italiani più diffusi (le aree coltivate da questo vitigno coprono l'11% della superficie viticola nazionale). Lo si può incontrare dalla Romagna fino alla Campania ed è tradizionalmente il vitigno più diffuso in Toscana. Viene utilizzato negli uvaggi di centinaia di vini, tra i quali alcuni dei più prestigiosi vini italiani e mondiali. Le origini e la provenienza del Sangiovese non sono certe. Le prime informazioni sicure risalgono solo al XVI secolo, quando Giovan Vettorino Soderini, nel suo trattato "La coltivazione delle viti", ne parla dicendo che "il Sangiovese è un vitigno rimarchevole per la sua produttività regolare". Anche l'origine del nome è incerta e varie sono le teorie. Taluni sostengono che derivi da "sangiovese" in quanto originario di San Giovanni Valdarno, altri invece lo fanno risalire a forme dialettali da "san giovannina" uva primaticcia dato il suo precoce germogliamento a fine giugno per la festa di San Giovanni Battista, chi sostiene che derivi da "sanguegiovese", ossia "sangue di Giove" in quanto proveniente dal Monte Giove nei pressi di Santarcangelo di Romagna.

Il Sangiovese di Romagna, infatti, insieme all'Albana, è il vitigno DOC per antonomasia. Il Sangiovese, insignito di una propria DOC sin dal 1967, fa parte della profonda tradizione di questa terra dove questo vitigno è coltivato da secoli e prodotto in cinque tipologie - Novello, base, Superiore, Riserva and Superiore Riserva (Figura 15). Dal 2011 Sangiovese e Albana sono comprese nella DOC Romagna insieme al Trebbiano e al Pagadebit.



Figura 15. Rappresentazione della zona di produzione del Sangiovese DOP (in rosso) e del Sangiovese DOP Superiore (in viola).

Fonte: Consorzio Vini di Romagna

La Romagna occupa la parte sud orientale della regione Emilia Romagna. È un territorio di circa 8.000 km², molto variegato, che va dai lunghi litorali di Rimini e Riccione fino ai territori a Est di Bologna. Tra questi due estremi ci sono colline dolcissime, dove nascono alcuni tra i migliori – e più famosi – vini dell'intera regione. In Emilia-Romagna sono, ad oggi, presenti circa 5.090 cantine e 23.000 aziende viticole, con una superficie media di vigneto pari a 2.2 ettari, per un totale di 55.929,23 ettari investiti a vigneto (ISTAT, 2010). La Romagna, con una superficie del 58%, produce oltre il 60% del vino regionale. Il comparto vitivinicolo regionale rappresenta un valore rilevante di tutto il comparto agricolo, con diverse cooperative ed associazioni di produttori che producono il 50% del valore totale della viticoltura nazionale (ISTAT, 2010). Le aziende vitivinicole che producono Sangiovese in Emilia-Romagna possono considerarsi a tutti gli effetti aziende in prossimità geografica che interagiscono ad un meso-livello incrementando il livello di innovazione delle singole imprese grazie allo scambio di conoscenze (Audretsch 1998; Jaffe et al. 1993; Poudet and St. John 1996; Tallman et al. 2004; Camagni 1991; Keeble e Wilhelm Kinson 1999).

Nel dettaglio, le aree selezionate per lo studio sono state le provincie di Bologna, Ravenna, Forlì-Cesena, Rimini ed i comuni e le frazioni riportati in Tabella 2. [Area geografica selezionata](#)

Comune/Frazioni	Provincia
Castrocaro Terme	Bologna
Bagnacavallo	Ravenna
Bertinoro	Forlì-Cesena
Brisighella	Forlì-Cesena
Casalfiumanese	Bologna
Castel Bolognese	Ravenna
Castrocaro Terme E Terra Del Sole	Forlì-Cesena
Cesena	Forlì-Cesena
Coriano	Rimini
Faenza	Ravenna
Fiumana Di Predappio	Forlì-Cesena
Fontanelice	Fontanelice
Forlì	Forlì-Cesena
Galeata	Forlì-Cesena
Imola	Bologna
Longiano	Forlì-Cesena
Meldola	Forlì-Cesena
Montecolombo	Rimini
Montevoglio	Bologna
Poggio Torriana	Rimini
Rimini	Rimini
Roncofreddo	Forlì-Cesena
San Giovanni In Marignano	Rimini
San Paolo di Rimini	Rimini
Sorrivoli Di Roncofreddo	Forlì-Cesena
Vergiano	Rimini
Zola Predosa	Bologna

Tabella 2. Area geografica selezionata

Inoltre, in Emilia-Romagna il clima registra un notevole cambiamento. A partire dagli anni '90, si sta delineando una nuova situazione termica che emerge chiara analizzando, in particolare, le anomalie della temperatura minima e massima (Tmin e Tmax), calcolate come la differenza tra i valori osservati nell'anno di riferimento (2015) e il clima del periodo 1961-1990, assunto a riferimento climatico di base secondo le convenzioni dell'Omm (Organizzazione meteorologica mondiale, organismo delle Nazioni Unite) (FIG min e max).

Nel periodo 1961-2015 si mantiene una tendenza positiva per i valori medi annuali e stagionali delle temperature minime e massime. Il trend annuale per le temperature massime rimane superiore a quello delle temperature minime: 0,4 °C/10 anni contro 0,2 °C/10 anni. Per quanto riguarda i valori stagionali delle temperature, la tendenza si mantiene ancora più forte per la stagione estiva, con un aumento di 0,3°C/10 anni per la minima e 0,6°C/10 anni per la massima. A livello annuale le temperature minime sono state superiori al valore climatico di riferimento su tutto il territorio regionale, con un'anomalia media di circa 1,5 °C e massima di circa 2,5 °C nelle

province di Parma, Reggio-Emilia, lungo la costa e, localmente, sui rilievi. Il contributo principale è stato dato dalla stagione invernale e da quella estiva.

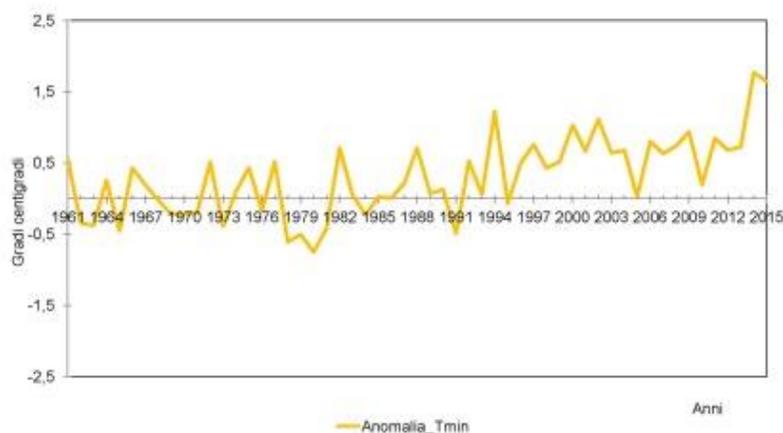


Figura 16. Anomalie della temperatura minima in Emilia-Romagna dal 1991 al 2015

A livello annuale le temperature massime hanno mostrato un'anomalia positiva su tutta la regione, con una media spaziale di circa 2 °C dovuta principalmente alle elevate temperature registrate durante l'inverno, l'estate e l'autunno. Valori più elevati, circa 2,5 °C, sono stati registrati lungo la costa e sulle province di Piacenza, Reggio-Emilia e tra le province di Bologna e Ravenna.

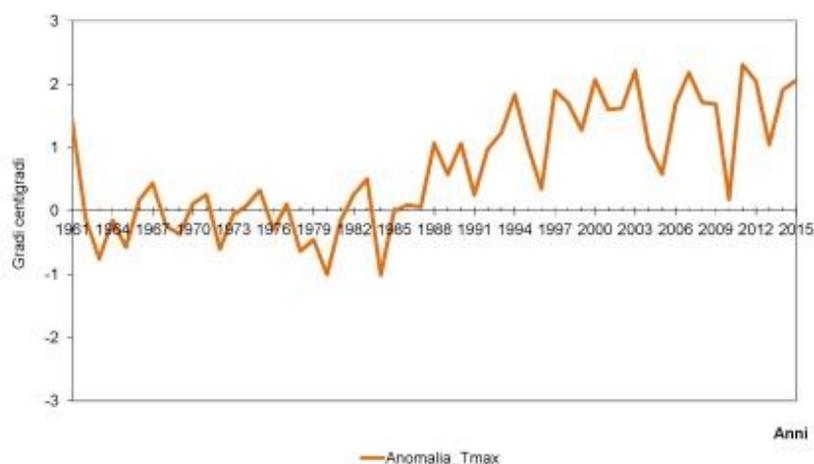


Figura 17. Anomalie della temperatura massima in Emilia-Romagna dal 1991 al 2015

Il cambiamento climatico in Emilia-Romagna è un fenomeno ampiamente studiato e con evidenti impatti sul settore agricolo. Numerosi studi dimostrano, a partire dall'analisi delle serie temporali di temperatura e precipitazione sulla Regione Emilia Romagna (Antolini et al., 2016; Busuioc et al., 2008) che il cambiamento climatico si sta manifestando attraverso:

- un chiaro segnale di aumento delle temperature, massime e minime, e nello stesso periodo un aumento della durata delle onde di calore con parallela diminuzione delle gelate (Figura 18);
- una generale, contenuta, diminuzione della precipitazione totale durante gli ultimi 20 anni, più in collina e montagna che in pianura (Figura 19);
- un aumento della frequenza di fenomeni meteorologici estremi.

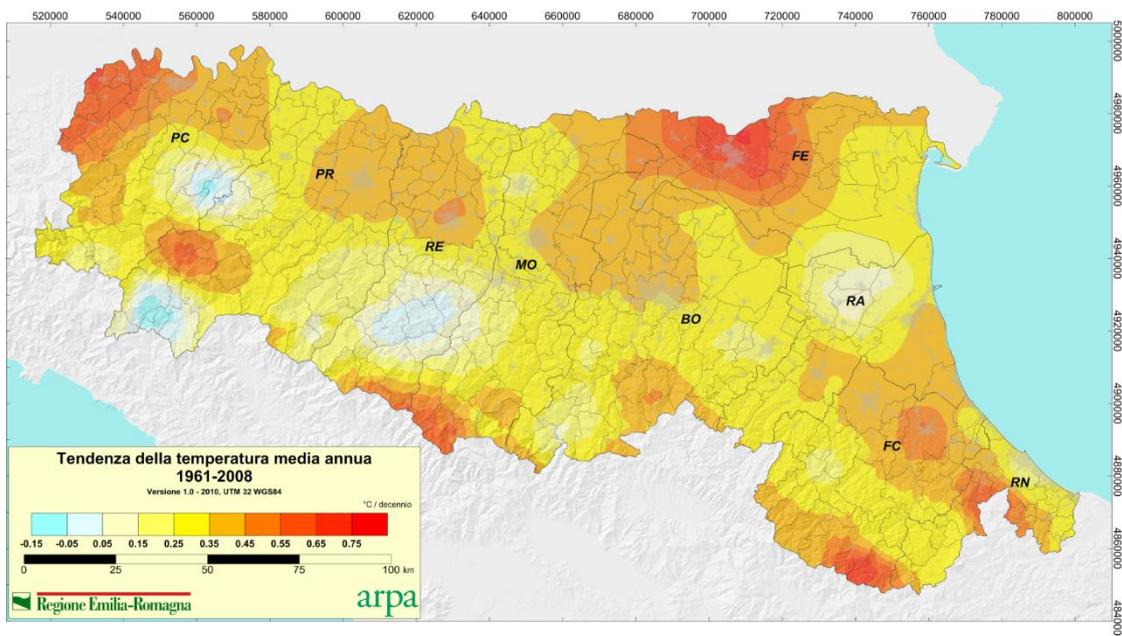


Figura 18. Tendenza della temperatura media annua nel periodo 1961- 2008 in °C

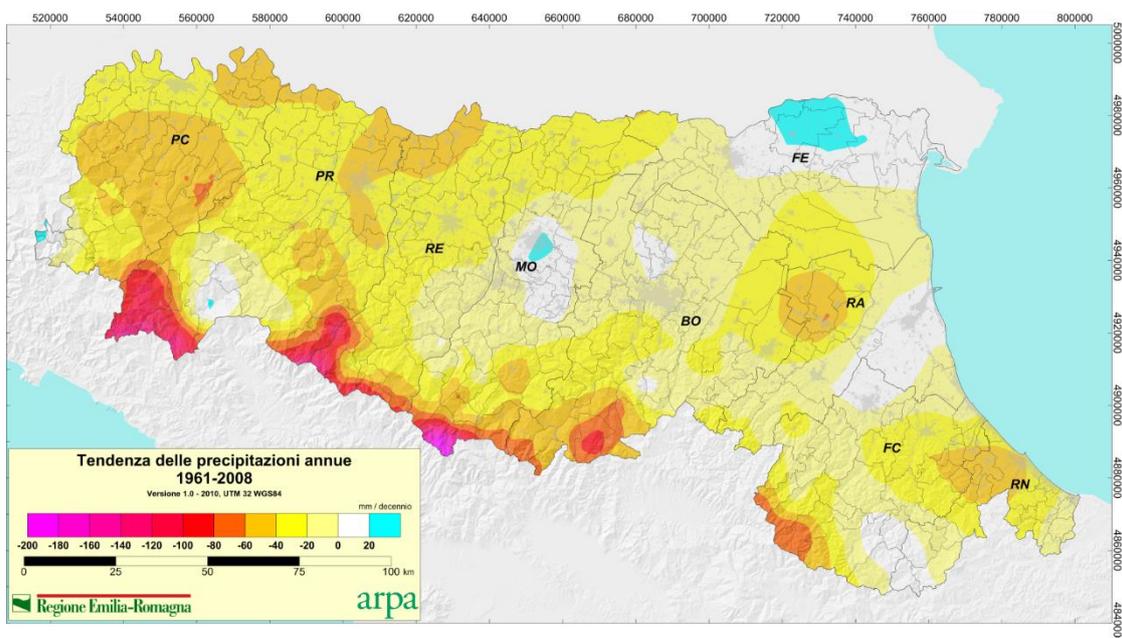


Figura 19.: Tendenza delle precipitazioni annue nel periodo 1961- 2008 in mm/decennio

4.3 Il campione oggetto di studio e le modalità di rilevazione

Negli ultimi anni sempre più autori si stanno concentrando sull'analisi del fenomeno dell'adattamento climatico a livello aziendale (Belliveau et al., 2006; Bardaji e Iraizoz, 2015; Milesta et al., 2012; Porter & Reinhardt, 2007; De Salvo et al., 2015; Fraga et al. 2013) al fine di comprendere il ruolo della percezione e dell'orientamento degli agricoltori, l'efficacia di diversi approcci alla gestione della produzione e la visione dell'azienda.

In particolare, poiché nelle aziende vitivinicole la fase agricola (produzione dell'uva) è integrata con quella di trasformazione (produzione del vino), in essa convergono una molteplicità di problematiche tecnico-produttive che la rendono una realtà estremamente complessa sul piano strutturale, organizzativo nonché tecnico. Nonostante la complessità della tematica, **non esistono studi che applicano un approccio olistico finalizzato ad analizzare le relazioni tra le numerose variabili che devono essere prese in considerazione quando si vuole valutare la capacità di adattamento di un'azienda.**

Per permettere di sviluppare una serie di ragionamenti deduttivi sulla capacità di adattamento, la scelta del campione si rivolge a un insieme di imprese con alcune caratteristiche comuni: la popolazione di riferimento è costituita dalle aziende vitivinicole di piccole, medie e grandi dimensioni che producono Sangiovese in Emilia-Romagna con almeno due ettari di vigneto, in quanto rappresenta la superficie minima per caratterizzare un'impresa professionista, con capacità produttiva e di investimento per eventuali cambiamenti strutturali e visione strategica di lungo periodo. Vincoli di natura economica e strutturale rendono impossibile studiare l'intera produzione vitivinicola Italiana, per quanto possa essere auspicabile.

Grazie alla collaborazione dell'Ente tutela vini di Romagna, sono state individuate 200 aziende destinatarie dell'indagine.

La rilevazione dei dati è stata svolta tramite una *tecnica di indagine mista* composta da interviste dirette, telefoniche o auto compilazione. L'intervista diretta (o faccia a faccia) viene condotta da un rilevatore che legge le domande e le opzioni di risposta nell'esatto ordine e con lo stesso linguaggio adottati nel questionario riportandovi quindi le risposte così come sono fornite dal rispondente. Tale tipo di intervista permette di:

- registrare immediatamente le informazioni
- gestire automaticamente i filtri e, quindi, permette di somministrare questionari molto complessi
- controllare immediatamente le informazioni mediante regole di compatibilità.

L'intervista telefonica, invece, viene condotta al telefono da un intervistatore che legge le domande e le opzioni di risposta nell'esatto ordine e con lo stesso linguaggio adottati nel questionario riportando poi le risposte così come sono fornite dal rispondente. Nell'auto compilazione il rispondente legge il questionario e lo compila (Fortini, 2000; Maggino, 2005).

Le interviste hanno avuto luogo tra i mesi di novembre 2015 e aprile 2016.

La consegna dei questionari è stata sempre preceduta da un contatto via-mail e telefonico. La scelta della modalità di compilazione è stata in genere affidata ai rispondenti. Anche quando è stata effettuata un'intervista diretta, spesso l'individuo ha richiesto di poter osservare il questionario cartaceo per facilitare lo sforzo mnemonico richiesti dal confronto mentale delle alternative.

Sono stati raccolti nel complesso 59 questionari, per un tasso di risposta pari a circa il 30% ma sono state successivamente eliminate 3 aziende in quanto si è verificato che non possedevano tutti i requisiti previsti dall'indagine. Dunque il dataset di riferimento per le elaborazioni descritte di seguito si compone di 56 aziende.

Il questionario è stato costruito definendo con esattezza le informazioni che dovevano essere rilevate, presso quali unità statistiche e in che modo. Una volta elaborato il questionario, è stato caricato in formato elettronico nel sistema Lime Survey, per facilitare la raccolta e l'elaborazione dei dati.

Il questionario si compone di domande aperte (o a risposta libera) e domande chiuse (o a modalità di risposta predefinita). Le domande chiuse sono presentate con diversi livelli di misurazione:

- le scale nominali, che assegnano un codice convenzionale numerico ad un oggetto, una proprietà o un concetto e sono utilizzate nel caso di caratteri qualitativi sconnessi;
- le scale a intervallo, dove i valori numerici sono assegnati in modo tale da indicare differenze nel grado di intensità di possesso di una proprietà o caratteristica, uniformemente per l'intero campo di variazione della scala. La scala ad intervallo utilizzata nel questionario è la scala Likert, utilizzata per valutare l'atteggiamento di un intervistato nei confronti di un'affermazione, prevedendone l'accordo o il disaccordo.

L'adeguatezza del questionario predisposto in versione provvisoria è stato verificato attraverso la realizzazione di un pre-test sul campo, al fine di cogliere la presenza di aspetti ancora non pienamente soddisfacenti (ad esempio, ambiguità, ridondanza, irrilevanza, non esaustività di alcune domande, istruzioni date agli intervistati ecc.) e confermare le annate di riferimento selezionate. Il pre-test è stato realizzato sottoponendo il questionario ad un campione ristretto, costituito da 5 produttori di vino rappresentativi del campione progettato per dimensioni aziendali e localizzazione geografica. In questa occasione è stato anche possibile valutare il tempo di compilazione, l'ordine di presentazione delle domande, la modalità di somministrazione e, infine, apportare i dovuti miglioramenti.

Il questionario si compone di 4 ambiti di indagine:

- 1) la percezione del produttore rispetto alla sostenibilità ambientale e agli impatti del cambiamento climatico**
- 2) le pratiche e le strategie di adattamento**
- 3) le conseguenze del cambiamento climatico sulla produzione**
- 4) i caratteri generali del produttore e dell'azienda**

In appendice è riportato un questionario a titolo esemplificativo.

Il primo ambito di indagine raccoglie informazioni sul livello di percezione, consapevolezza ed informazione dei produttori rispetto alle tematiche della sostenibilità ambientale e del cambiamento climatico. Viene, infatti, richiesto di specificare l'utilizzo di specifici modelli previsionali e la predisposizione alla sostenibilità ambientale, tramite:

- l'adesione a certificazioni ambientali (ISO 9001, ISO 14001, EMAS, IFS, BRC ecc.)
- la certificazione Bio e la registrazione a loghi di produzione Biologica (Agricoltura biologica, BiolWine, Biologico di fattoria ecc.)
- l'utilizzo di pratiche volte a favorire la sostenibilità ambientale (Impianto fotovoltaico, recupero e trattamento reflui, sistemi di irrigazione a basso consumo ecc.)
- la motivazione e l'incentivo per adottare pratiche sostenibili (Incentivi di mercato, incentivi pubblici, miglioramento delle condizioni biofisiche del vigneto ecc.)

Per valutare la percezione dei produttori rispetto al tema del cambiamento climatico è stato chiesto loro di indicare:

- in che misura i fattori ambientali di temperatura, piovosità, eventi e stremi e siccità, influenzano la produzione di vino e quali varietà di uve sono più sensibili al cambiamento climatico
- in che misura il cambiamento climatico possa avere un effetto (positivo o negativo) sulla sua azienda, sia in vigna che in cantina, e quanti incide nella scelta delle pratiche da mettere in atto
- come prevede che il cambiamento climatico possa influenzare nel lungo periodo (10 anni) la produzione vitivinicola

Il secondo ambito di indagine ha l'obiettivo di verificare le pratiche e le strategie di adattamento che i produttori hanno messo in atto nelle tre annate particolarmente sensibili al cambiamento climatico identificate attraverso l'analisi dei dati meteorologici della regione negli ultimi 15 anni (par. 4.4.1): 2003, 2012, 2014.

In particolare, è stato chiesto agli intervistati di specificare, nel corso degli ultimi 15 anni, le annate che hanno subito effetti degli eventi climatici particolarmente marcati e, la variazione, nelle tre annate precedentemente identificate come sensibili, rispetto ad annate considerate standard, di talune pratiche, quali:

- Variazione nelle pratiche colturali (potatura verde, trattamenti fitosanitarie ecc.)
- Variazione nella gestione del suolo (inerbimenti, gestione dell'umidità del suolo ecc.)
- Variazione nelle pratiche di raccolta (manuale, meccanica, società esterne ecc.)
- Anticipazione/Posticipazione nelle date di raccolta
- Variazione nel processo di vinificazione (lieviti selezionati, dealcolazione, tagli ecc.)

- Variazione delle strategie di marketing (variazione della gamma, nuovi prodotti, prezzo, distribuzione ecc.)

- Adattamento/Modifica della modalità di potatura dell'annata seguente

Per le stesse annate e per le stesse pratiche, è stato chiesto ai produttori se, con il senno di poi, ci fossero state alcune pratiche che avrebbero voluto implementare ma che non hanno potuto, per diversi motivi (Costi elevati, disponibilità di attrezzature (estrattore, selezionatore, barili), investimenti, difficoltà organizzative, problemi di anticipazione, coltura perenne, direttive DOP ecc.).

Inoltre, sono state identificate le strategie di adattamento con un orizzonte a più lungo termine (10 anni) previste dagli intervistati per mantenere la produzione vitivinicola ottimale.

Il terzo ambito di indagine analizza le conseguenze del cambiamento climatico sulla produzione vitivinicola, in termini di: Resa (q/ha), Gradazione alcolica (% V/V), pH/Acidità totale (gr/L), Costo della produzione in vigna (€/ha), Costo della produzione in cantina (€/ha), Prezzo di vendita (€/hL), Valore della produzione complessiva (€). Inoltre, è prevista la variazione dei prezzi minimi e massimi di ciascun prodotto nelle tre annate, in relazione al tipo di confezionamento (bottiglie, sfuso, altro).

Il quarto ambito di indagine valuta le caratteristiche socio-demografiche dell'individuo (sesso, età, titolo di studio, fonti di informazione, formazione e aggiornamento) e le caratteristiche dell'azienda (Comune, posizionamento del vitigno, forma giuridica, numero di dipendenti, valore della produzione, denominazioni di origine, modalità di raccolta, tipologie di vino, canale di distribuzione, mercati di destinazione).

4.4 Metodologia di elaborazione e analisi

Come primo passaggio sono stati analizzati i dati climatici a livello regionale con l'obiettivo di valutare la variazione delle condizioni climatiche nei vigneti di ciascuna azienda.

In seguito, le informazioni raccolte dai questionari sono state raggruppate e classificate per fornire una prima descrizione del campione oggetto di studio e delle relative caratteristiche strutturali e comportamentali, tramite un'analisi descrittiva. Inoltre i dati derivanti dai questionari sono stati analizzati tramite lo strumento della *cluster analysis* che, insieme ai risultati dell'analisi climatica, sono stati inseriti all'interno di un modello Bayesiano con l'obiettivo di verificare la probabilità delle conseguenze del cambiamento climatico che le aziende subiscono, a partire dalle caratteristiche anagrafiche, strutturali e territoriali e in relazione al numero e alla tipologia di pratiche di adattamento messo in atto dai produttori.

La scelta del metodo di analisi è ricaduta sul metodo Bayesiano in quanto a differenza del metodo classico, i Network Bayesiani hanno dimostrato di essere particolarmente utili per incorporare nelle analisi le opinioni soggettive degli esperti (Lynam et al., 2006; Uusitalo, 2007), di funzionare correttamente in mancanza di dati o in presenza di dati non distribuiti omogeneamente (Uusitalo 2007), di facilitare i processi di sviluppo partecipativo (Castelletti & Soncini-Sessa, 2007) e di essere potenzialmente migliorabili e aggiornabile con nuovi dati e nuove conoscenze disponibili (Ordóñez Galán et al., 2009). Essi forniscono inoltre la possibilità di combinare conoscenze, informazioni e dati provenienti da fonti diverse e con diversi gradi di precisione (Uusitalo, 2007), oltre alla capacità di integrare variabili sociali, economiche e ambientali all'interno di un unico modello.

4.4.1 Analisi dei dati climatici

L'analisi dei dati climatici è stata svolta, su due differenti fonti di dati climatici, con una duplice finalità:

1. identificare le annate che negli ultimi 15 anni hanno subito effetti del cambiamento climatico particolarmente marcati al fine di individuare annate di riferimento sulle quali calibrare le pratiche e le strategie di adattamento all'interno del questionario;
2. classificare le aziende sulla base della variabilità climatica che i vigneti hanno subito negli ultimi 15 anni.

Per valutare le pratiche di adattamento che i produttori mettono in atto per fronteggiare gli effetti del cambiamento climatico sono state prese in considerazione, a partire dall'analisi dei dati climatici degli ultimi 15 anni, dal 2000 al 2014, estrapolate dal software CRITERIA.

CRITERIA è un sistema modellistico per la simulazione informatica del terreno agrario, in particolare del suo bilancio idrico, sviluppato da ARPA Emilia-Romagna, con il supporto finanziario della Regione Emilia-Romagna e di programmi di ricerca nazionali (Climagri, Agroscevari) e internazionali (Demeter, Ensembles).

CRITERIA viene utilizzato regolarmente per la produzione dei bollettini agrometeorologici e comprende un'interfaccia GIS per la gestione di input e output geografici: mappa colturale, mappa del suolo, griglia meteorologica e griglia di simulazione.

Per questa ricerca sono stati analizzati i valori medi delle Temperature massime mensili (MediaDiTmed), Temperature minime mensili (MediaDiTmin) e delle Precipitazioni (P_med), riferiti ai seguenti distretti:

- collina romagnola, che comprende l'area che va dalla via Emilia sino a circa 250-300 m s.l.m., da Imola sino al riminese
- pianura romagnola, che coincide con il ravennate e il forlivese

I risultati derivanti dall'analisi (Tabella 3, Tabella 4, Tabella 5, Tabella 6, Tabella 7, Tabella 8) hanno condotto all'individuazione di tre annate caratterizzate da fenomeni climatici particolarmente impattanti per la vite:

- **2003: massime temperature nei mesi estivi e scarsi livelli di precipitazione**
- **2012: inverno freddo e siccità nei mesi di giugno e settembre**
- **2014: elevata piovosità durante tutto l'arco dell'anno e, in particolare, durante la stagione di crescita.**

Su queste tre annate, che sono state verificate grazie al parere di esperti vitivinicoltori selezionati, sono state costruite le sezioni del questionario finalizzate a conoscere le pratiche di adattamento che i produttori hanno messo in atto per fronteggiare gli affetti del cambiamento climatico.

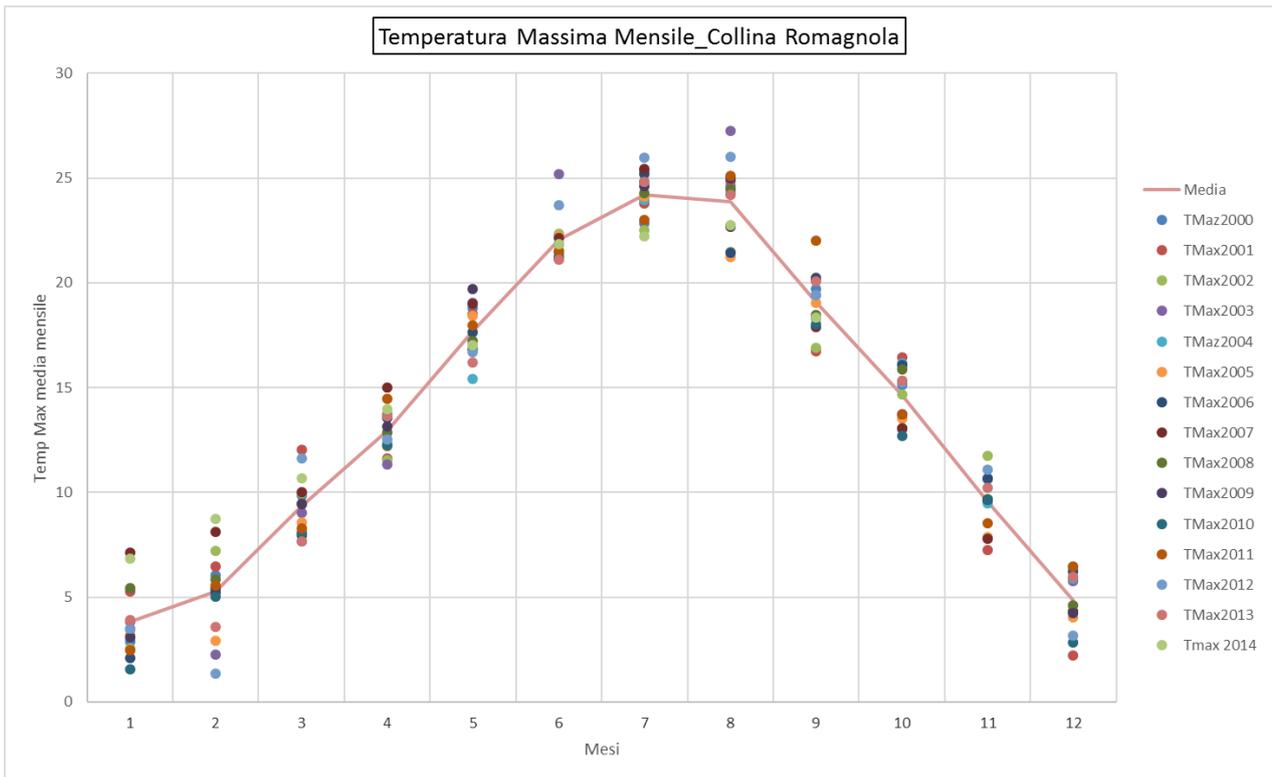


Tabella 3. Temperature massime mensili (°/mese) nelle colline della Romagna, dal 2000 al 2014.

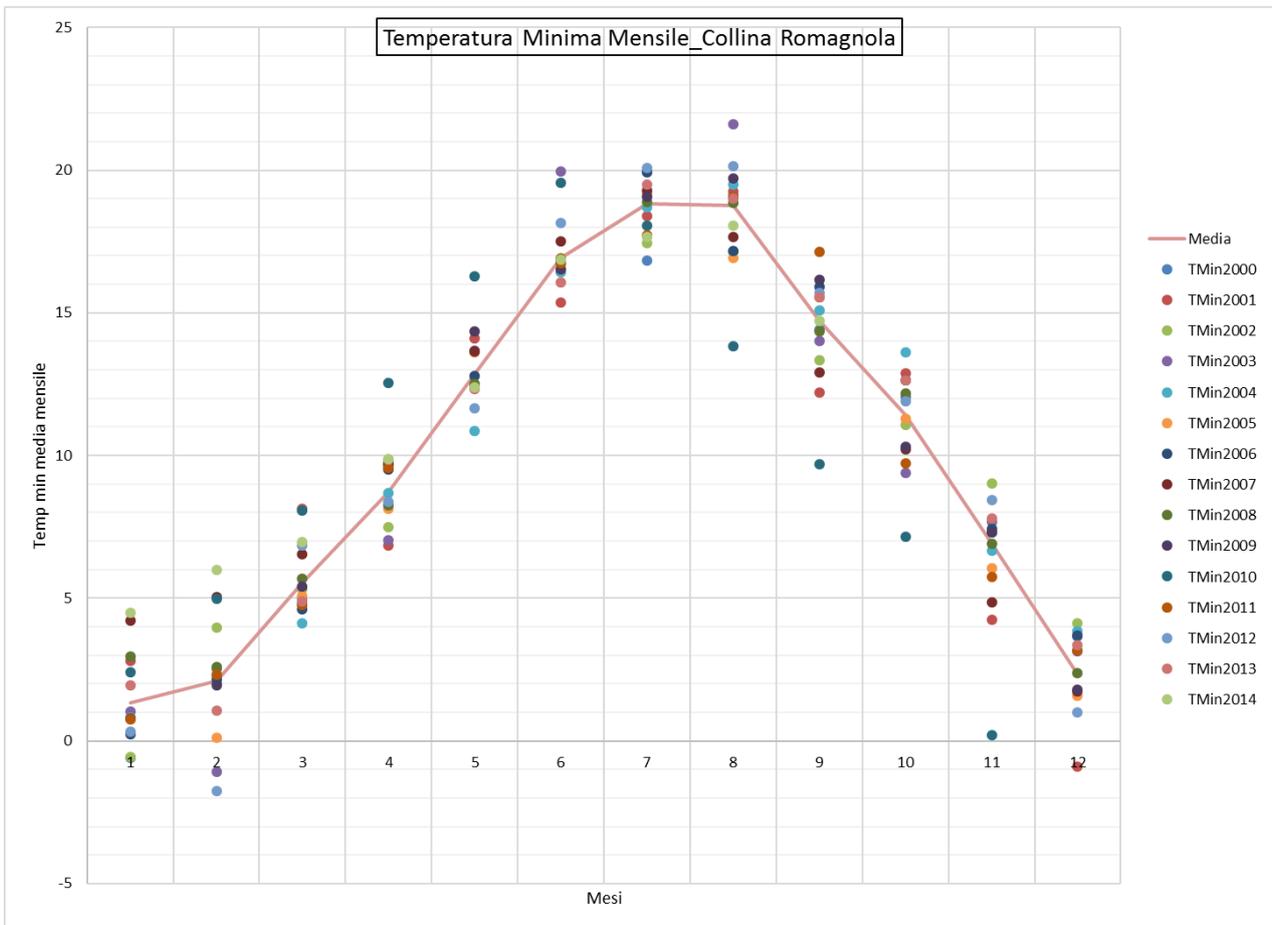


Tabella 4: Temperature minime mensili (°/mese) nelle colline della Romagna, dal 2000 al 2014.

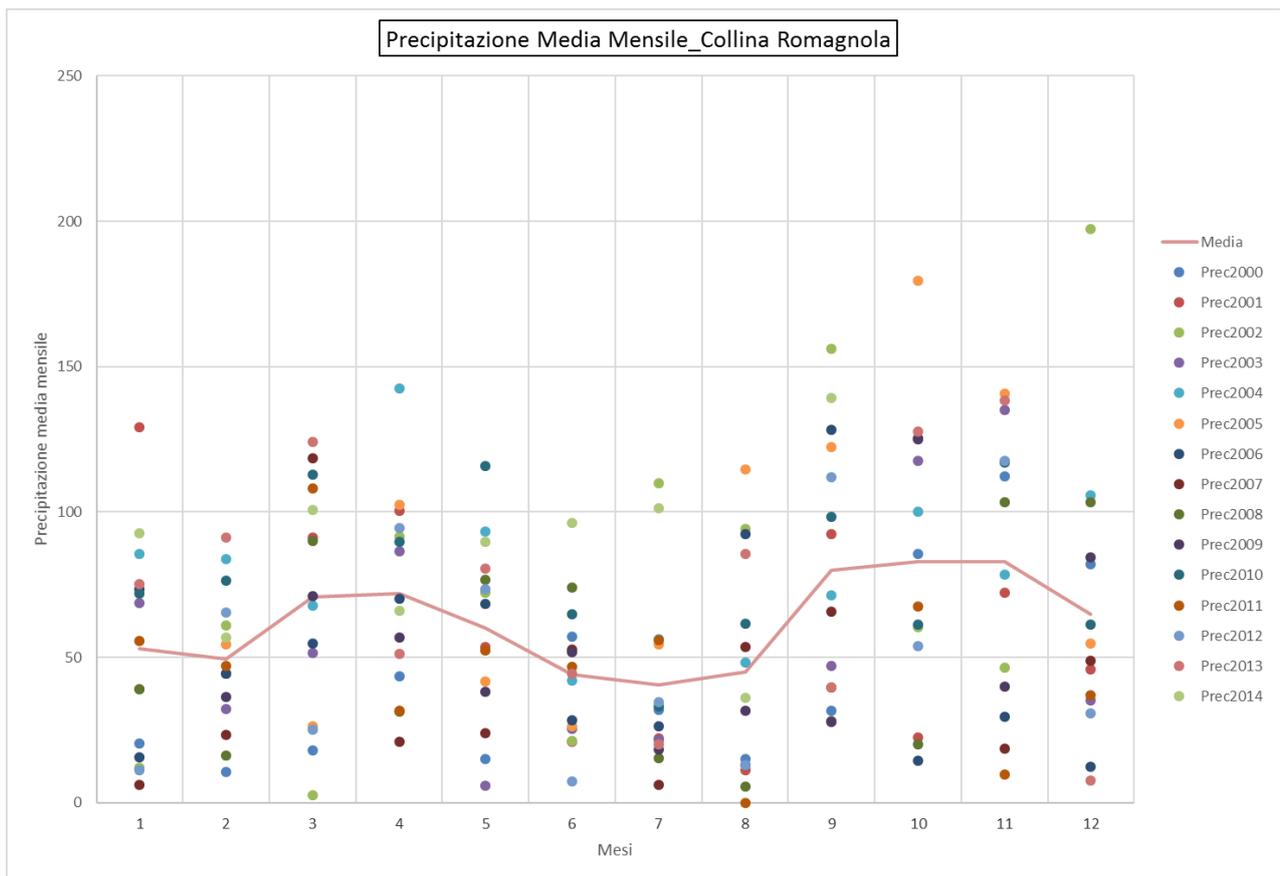


Tabella 5. Precipitazione media mensile (mm/mese) nelle colline della Romagna, dal 2000 al 2014.

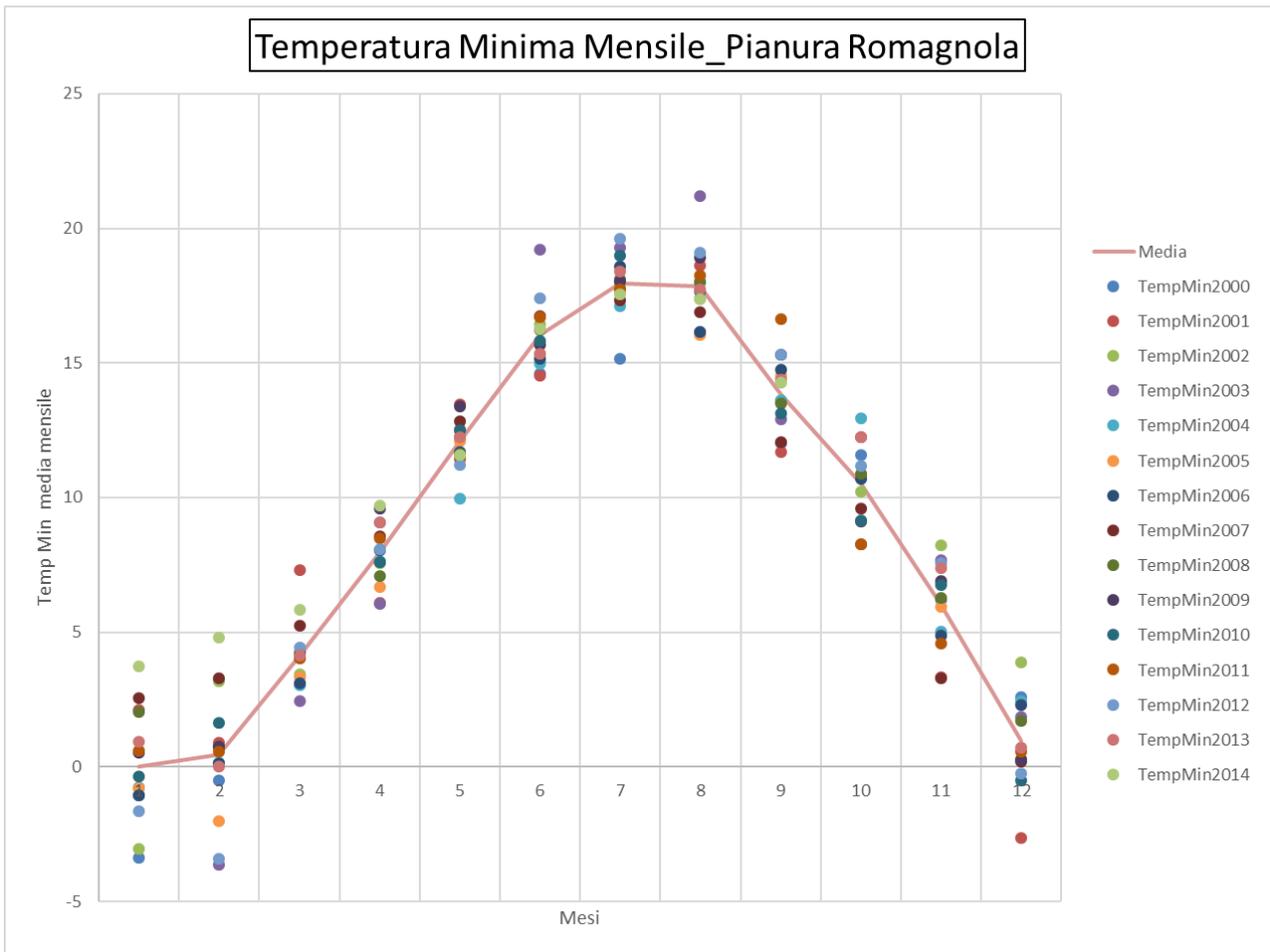


Tabella 6. Temperature massime mensili (°/mese) nella pianura della Romagna, dal 2000 al 2014.

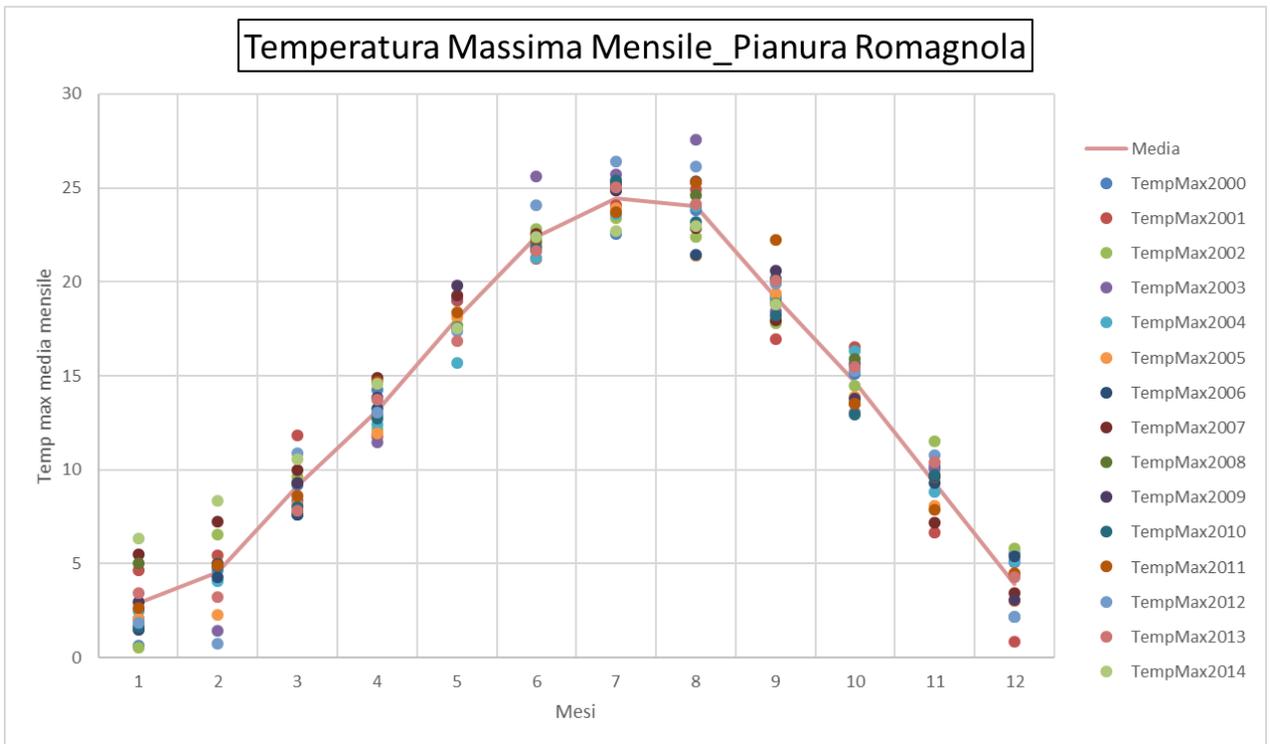


Tabella 7. Temperature minime mensili (°/mese) nella pianura della Romagna, dal 2000 al 2014.

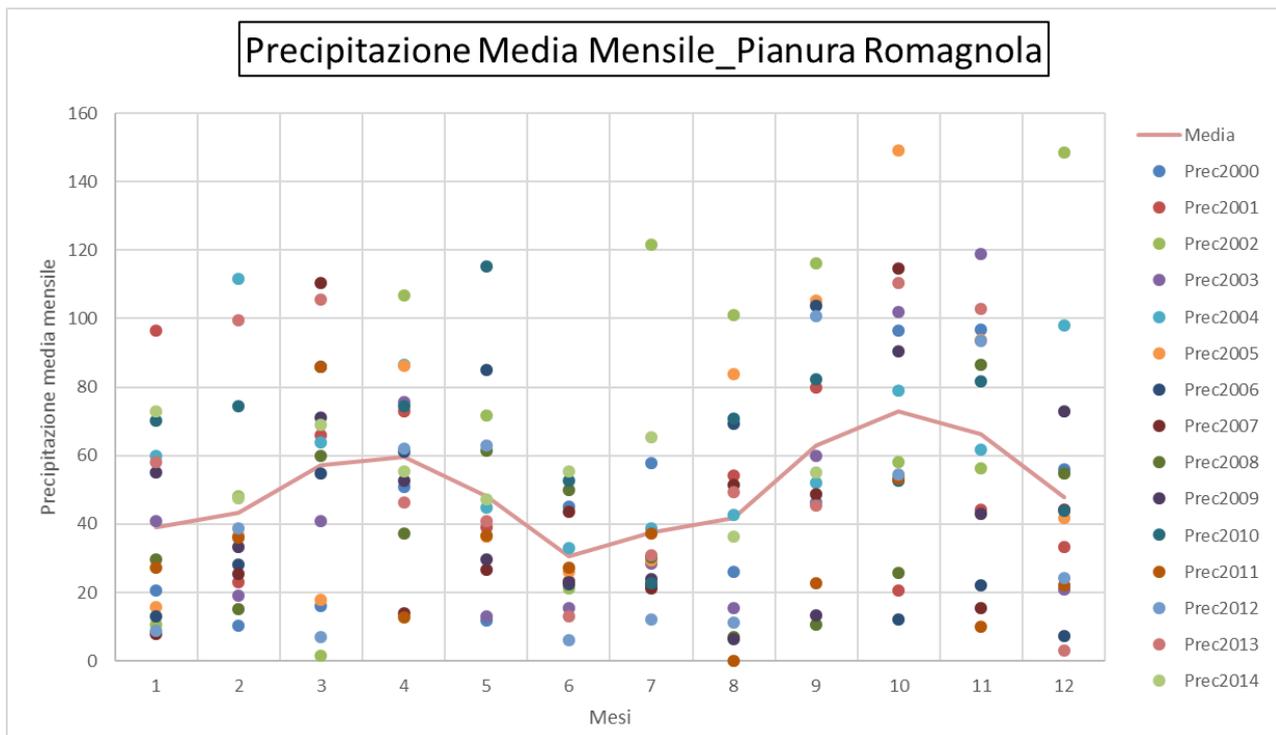


Tabella 8. Precipitazione media mensile (mm/mese) nella pianura della Romagna, dal 2000 al 2014.

Per classificare le aziende sulla base della variabilità climatica che i vigneti hanno subito negli ultimi 15 anni.

In particolare, per ottenere questa seconda classificazione è stata utilizzata, in prima battuta, la tabella comunale dell'Atlante Idroclimatico realizzato da Arpa-Simc in collaborazione con la Regione Emilia-Romagna, Servizio sviluppo dell'amministrazione digitale e sistemi informativi geografici, nell'ambito del Piano Telematico Regionale 2007-2009, progetto Eraclito. L'Atlante idroclimatico evidenzia i cambiamenti climatici e idrologici in atto in Emilia-Romagna e per questo le tavole si riferiscono a due periodi distinti, il trentennio 1961-1990 e l'arco dei diciotto anni 1991-2008. Il primo periodo è un riferimento di base, secondo le convenzioni dell'Omm (Organizzazione meteorologica mondiale, organismo delle Nazioni Unite), il secondo rappresenta una porzione rilevante e maggioritaria dell'attuale trentennio climatologico, che si concluderà nel 2020.

I dati termopluviometrici utilizzati per redigere l'Atlante si riferiscono a 66 stazioni per la temperatura e 169 stazioni per le precipitazioni. Sono stati controllati per verificare l'omogeneità statistica sull'intero periodo 1961-2008 ed eliminare casi di variazioni artificiali nelle serie storiche, dovuti per esempio a spostamenti di stazioni o cambio della strumentazione.

Purtroppo però, è risultato evidente che l'arco temporale 1961-2008 fosse troppo ampio per calcolare la variazione dei dati climatiche che agiscono sui vigneti di riferimento,

considerando i tempi produttivi generalmente mai superiori ai 30 anni, e, in alcuni casi, la mancanza di sovrapposizione tra la sede legale dell'azienda e il posizionamento del vigneto.

Per questo motivo, sono stati, in seguito, analizzati i dati climatici, nell'arco temporale 2001-2016, di Temperatura minima, Temperatura media, Temperatura massima, Precipitazione e Radiazione solare delle stazioni metereologiche di ARPAE prossime ai vigneti di ciascuna azienda. Le coordinate geografiche dei vigneti sono state fornite da AGREA, l'Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura della Regione Emilia-Romagna (istituita con l.r. 21/2001). AGREA ha restituito un database contenente con 1153 coordinate UTM riferite ai centroidi³¹ delle particelle per le quali risultano investimenti a vigneto. Considerata la vicinanza geografica dei centroidi e la scarsa variazione climatica che intercorre tra questi, il database è stato ridotto, mantenendo i centroidi che distano tra loro più di 600 metri. Questa azione è stata svolta tramite la rappresentazione dei vigneti con una serie poligoni sull'interfaccia GIS e ha condotto ad un database finale di 122 centroidi. Tali centroidi ricadono nelle 43 celle climatiche monitorate da ARPAE dalle quale sono stati estrapolati i dati climatici necessari per l'analisi.

Per quanto riguarda il calcolo della variazione di temperatura, è stato calcolato l'indice di Winkler per ogni centroide tramite l'utilizzo delle tabelle Pivot di Excel. L'indice di Winkler si basa sul calcolo delle somme termiche delle temperature medie giornaliere dell'aria superiori a 10 °C, limite al di sotto del quale lo sviluppo vegetativo risulterebbe inibito. L'indice di Winkler è, quindi, stato calcolato per il periodo vegetativo della vite, dal primo aprile al 31 ottobre.

La regione di Winkler adatta per la produzione del Sangiovese e calcolata sulla base dei dati metereologici di una stazione meteorologica di Firenze, in Toscana, è la Regione IV, definita da una sommatoria termica compresa tra 1944-2222 °C (Hugh & Robinson, 2013; Jones & Schultz, 2016).

Dai valori ottenuti per l'indice di Winkler dei vigneti oggetto dell'indagine è stata calcolata la deviazione standard per ciascun centroide al fine di ottenere un indicatore della variabilità termica. Inoltre, è stato calcolato il valore medio per identificare quali vigneti ricadono nel range ottimale di Winkler associato al Sangiovese e quali, invece, negli ultimi 15 anni registrano valori anomali.

Per quanto riguarda la radiazione solare, è stata calcolata l'escursione termica nel periodo di crescita della vite (aprile-ottobre), che è un indicatore della nuvolosità, quindi della radiazione disponibile.

Per la precipitazione, è stato effettuato il calcolo del bilancio giornaliero, cioè la differenza tra precipitazioni ed evapotraspirazione potenziale per la vite, data dal prodotto tra

³¹ Il centroide o baricentro o centro geometrico di una figura bidimensionale è la "posizione media" di tutti i suoi punti, ovvero la media aritmetica delle posizioni di ciascuno di essi.

evapotraspirazione di riferimento calcolata sulla cella e il coefficiente colturale K_c per il periodo considerato.

Da un'intervista con esperti del Centro Ricerche Produzioni Vegetali (CRPV) e Regione Emilia-Romagna abbiamo identificato due finestre critiche per ciascuna azienda nelle fasi di:

- Allegagione-invaiaatura per lo stress idrico (luglio-agosto)
- Maturazione per l'eccesso/surplus di pioggia (settembre-ottobre)

Il coefficiente colturale K_c che è pari a 0,6/0,7 nella fase di pre-maturazione e 0,5 nella fase di maturazione.

Così come per la variabilità termica, anche per la radiazione solare e la precipitazione, intesa come stress e surplus idrico, è stata calcolata la deviazione standard per ciascun centroide per ottenere un indice della variabilità. La scelta di utilizzare la deviazione standard come indicatore delle variabilità climatica è stata effettuata sulla base del parere degli esperti viticoltori del CRPV.

Sui valori di deviazione standard delle quattro variabili prese in considerazione (Winkler, radiazione solare, stress idrico, surplus idrico) è stata calcolata la mediana e sono state classificate le aziende sulla base della variabilità climatica. Le aziende che presentano valori maggiori della mediana sono state classificate come "Alta" variabilità mentre quelle con valori inferiori come "Bassa" variabilità. I dati di Winkler e del surplus idrico così classificati sono funzionali alla costruzione del modello Bayesiano per verificare la relazione tra la variabilità climatica e la visione del lungo periodo degli intervistati.

4.4.2 Cluster analysis

La *cluster analysis (CLA)* è funzionale all'obiettivo dell'indagine di analizzare quali sono i fattori che incidono sulla capacità di adattamento di un'azienda vitivinicola e quindi, che influiscono sui loro comportamenti. La *cluster analysis* è, perciò, stata effettuata al fine di classificare il campione dell'indagine secondo gruppi omogenei basati su caratteristiche simili delle aziende e dei produttori. Questa azione ha permesso di integrare i gruppi omogenei all'interno del Bayesian Network per analizzare la probabilità di innescare taluni comportamenti nei confronti del fenomeno del cambiamento climatico e subire diverse entità di impatti.

Nel dettaglio, i gruppi omogenei sono stati costruiti a partire dal quadro concettuale di riferimento, per poter indagare, tramite il Bayesian Network, alcune delle relazioni tra le variabili oggetto dell'indagine, ossia:

- la relazione tra le caratteristiche aziendali e l'implementazione di pratiche e strategie di adattamento volte a fronteggiare il cambiamento climatico
- la relazione tra la percezione del cambiamento climatico del produttore e l'implementazione di pratiche e strategie di adattamento volte a fronteggiare il cambiamento climatico
- la relazione tra la certificazione ambientale e di processo delle aziende e l'entità degli impatti del cambiamento climatico, sia livello agronomico (resa e gradazione alcolica) che economico (costi di produzione in vigna e in cantina)

Quindi sono stati effettuate tre CLA per creare gruppi omogenei basati sulle seguenti caratteristiche:

1. Strutturali dell'azienda
2. Percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico
3. La certificazione ambientale e di processo

La fase preliminare per svolgere ed applicare la CLA comprende la scelta dei caratteri di segmentazione, identificando le caratteristiche più importanti coerentemente all'obiettivo prefissato. La selezione delle variabili rispecchia quindi le convinzioni del ricercatore e le finalità della ricerca.

In questo caso, le variabili di segmentazione utilizzate in ciascuna delle tre cluster sono:

1. Parcellizzazione dei vigneti, ragione sociale, Dipendenti annuali, Superficie vitata in ettari, Raccolta meccanizzata, Mercati di destinazione
2. Utilizzo di modelli previsionali, Influenza delle variabili di temperatura, piovosità, siccità ed eventi estremi sulla produzione, diversa sensibilità delle uve
3. Certificazione, produzione biologica, conversione a produzione biologica, pratiche di sostenibilità

In seguito alla definizione delle variabili di segmentazione, è necessario effettuare la scelta dell'algoritmo di raggruppamento delle unità, in base anche al tipo di variabili utilizzate.

Le variabili dei Cluster 1 e 3 sono miste, categoriche e non categoriche, quindi sono state trattate attraverso la procedura di clustering Two-step, così chiamata perché si compone di due fasi, una fase di pre-clustering e una di clustering gerarchico dei pre-cluster. In questo caso l'obiettivo della fase di preclustering non è quello di ridurre la dimensione della matrice che contiene le distanze tra tutte le possibili coppie di casi in quanto la matrice di partenza è già ridotta, tuttavia la cluster two step è l'unica in grado di gestire variabili continue e categoriche. I preclusters sono gruppi di casi originali che vengono poi immessi in una procedura di clustering gerarchico al posto dei dati grezzi. Appena un caso viene analizzato, l'algoritmo decide, sulla base di una misura di distanza, se il caso stesso debba essere fuso con un precluster precedentemente formato, o formare un nuovo precluster. Quando la procedura di preclustering è completa, tutti i casi nello stesso precluster vengono trattati

come una singola entità. Perciò, la dimensione della matrice di distanza non dipende dal numero di casi, ma dal numero di preclusters. Nella seconda fase, SPSS utilizza l'algoritmo di clustering gerarchico standard sui preclusters. Formare cluster con un algoritmo gerarchico consente di esplorare una vasta gamma di soluzioni finali con diverso numero di cluster.

Nel caso del cluster 2, è stato utilizzato l'algoritmo gerarchico agglomerativo, che funziona come la cluster Two-step ma in un unico step. In questo caso è stato scelto di utilizzare questo algoritmo, con il metodo utilizzato del legame completo, distanza euclidea al quadrato, in quanto le variabili di appartenenza al cluster sono tutte binarie (Presente-Assente). L'elemento di debolezza di questa categoria di algoritmi è che le unità vengono assegnate definitivamente ad un cluster, precludendo la possibilità di riallocazione ottimale progressiva. Il punto di forza, invece, è la possibilità di individuare il numero dei gruppi ottimale guardando all'evoluzione della distanza di aggregazione tra le varie iterazioni del processo.

Infine, i risultati della procedura di clustering permetteranno l'interpretazione dei gruppi ottenuti attraverso variabili esplicative.

4.4.3 Bayesian network analysis

Il modello Bayesiano, come anticipato nel paragrafo 3.3.6, si basa sul teorema di Bayes e sul concetto che la probabilità sia una misura del grado di credibilità di una proposizione. Questa definizione è applicabile a qualsiasi evento. La probabilità bayesiana è una probabilità inversa, ossia consiste nel risalire dalle frequenze osservate alla probabilità. Nell'approccio bayesiano si utilizzano considerazioni personali per assegnare la probabilità ad un dato evento prima di fare l'esperimento. La probabilità è quindi legata al grado di credibilità dell'evento stabilito da persone informate. Il teorema di Bayes consente in seguito, alla luce delle frequenze osservate, di aggiustare la probabilità a priori (ossia precedentemente assegnata in base all'interpretazione soggettiva) per arrivare alla probabilità a posteriori. Quindi, tramite tale approccio, si usa una stima del grado di credibilità di una data ipotesi prima dell'osservazione dei dati, al fine di associare un valore numerico al grado di credibilità di quella stessa ipotesi successivamente all'osservazione dei dati. Bayesianamente, non c'è distinzione relativamente all'origine dell'incertezza, cioè tra incertezza statistica (dovuta alla precisione dello strumento di misura) e incertezza sistematica (legata a effetti deterministici solo parzialmente noti, per esempio di calibrazione). In effetti entrambi sono legati alla mancanza di informazione e il carattere casuale dell'incertezza statistica è semplicemente dovuto alla non-conoscenza delle esatte condizioni in cui si trova il sistema. Un altro modo per vedere la questione è che la statistica bayesiana considera solo i dati veramente osservati.

Il network Bayesiano rappresenta la distribuzione della probabilità congiunta di un insieme di variabili casuali e le loro dipendenze condizionali in un grafo aciclico diretto (Stanley 1973;

Howard e Matheson 1984; Thulasiraman e Swamy 1992; Lunn et al., 2000), in cui i nodi rappresentano variabili casuali e gli archi rappresentano le relazioni di dipendenza statistica tra le variabili e le distribuzioni locali di probabilità dei nodi figli rispetto ai valori dei nodi genitori. Ogni nodo può avere 1, 2, 3 o più nodi genitori e un insieme di archi con verso connette i nodi (il significato intuitivo di una freccia dal Nodo Genitore 1 al Nodo Figlio 1 è che il Nodo Genitore 1 ha un'influenza diretta sul Nodo Figlio 1) (Figura 20: Rappresentazione grafo aciclico diretto).

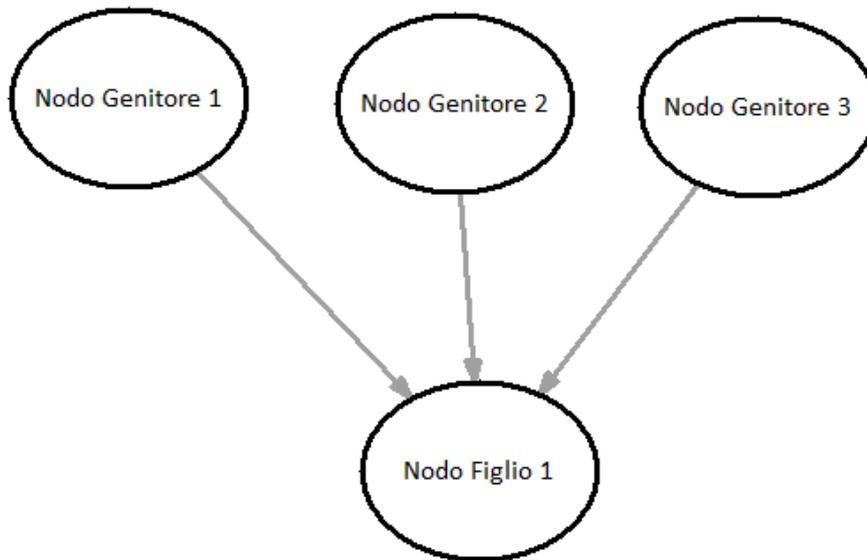


Figura 20: Rappresentazione grafo aciclico diretto

Ogni nodo del network Bayesiano rappresenta un componente di sistema ed ha un insieme finito di stati mutuamente esclusivi ed esaustivi (Carpani & Giupponi 2010). Le variabili rappresentate sono categoriche.

Ogni nodo è associato ad una funzione di probabilità che prende come input un particolare insieme di valori a partire dalle variabili del nodo genitore. Il teorema di Bayes afferma che la probabilità di un'ipotesi A è condizionata dall'evidenza B come segue (Equazione 1):

$$\mathcal{P}(A|B) = \frac{\mathcal{P}(B|A) \mathcal{P}(A)}{\mathcal{P}(B)}$$

Equazione 1: La funzione di probabilità del teorema di Bayes

dove la probabilità a posteriori di un evento A, $\mathcal{P}(A|B)$, si ottiene moltiplicando la probabilità a priori dell'evento A, $\mathcal{P}(A)$, con la sua probabilità $\mathcal{P}(B|A)$, normalizzato dividendo per $\mathcal{P}(B)$, data B come vera (Castelletti e Soncini-Sessa, 2007; Carpani e Giupponi, 2010; Catenacci &

Giupponi, 2013)). Pertanto, il modello BDN rappresenta le probabilità delle relazioni tra le variabili (nodi) di un sistema.

Ad ogni nodo è associata una tabella delle probabilità condizionate (CPT) che quantifica gli effetti che i “genitori” hanno sul nodo. Ad esempio, un nodo che non ha genitori diretti (cioè non ha frecce che puntano verso di lui) contiene una tabella di *probabilità marginali*. Se il nodo è discreto contiene una distribuzione di probabilità sugli stati della variabile che rappresenta. Se il nodo è continuo contiene una funzione gaussiana di densità (definita da media e varianza) della variabile casuale che rappresenta. Se un nodo ha parenti (cioè uno o più frecce che puntano verso di lui) allora il nodo contiene una tabella di *probabilità condizionate*. Se il nodo è discreto la funzione di probabilità condizionata contiene la probabilità condizionata del nodo data una configurazione dei suoi parenti. Se il nodo è continuo, la funzione di probabilità condizionata contiene media e varianza di ogni configurazione degli stati dei suoi nodi parenti.

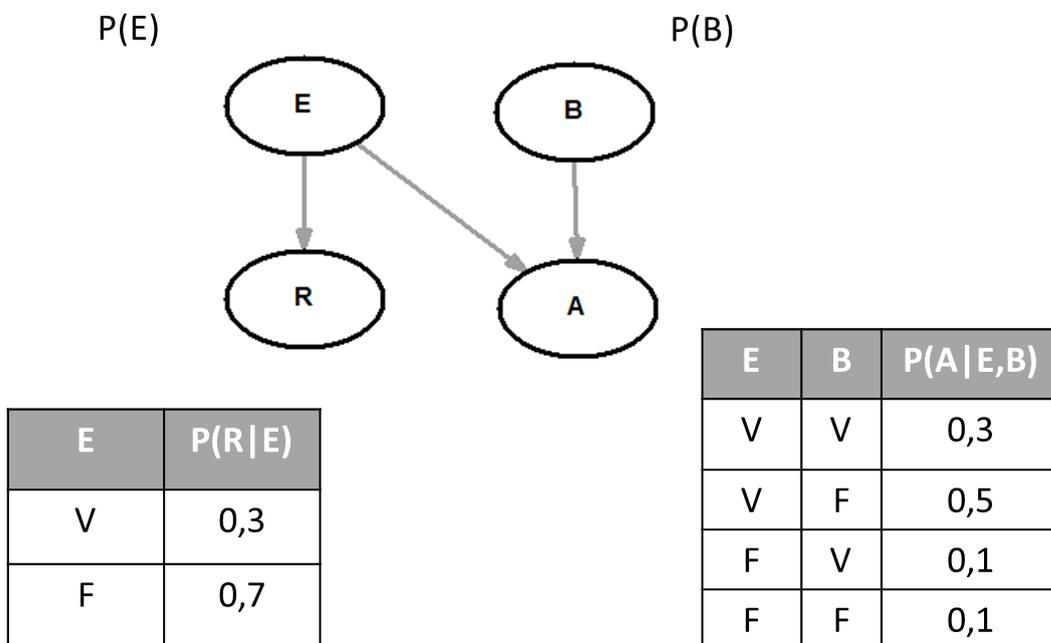


Figura 21: Rappresentazione delle tabelle delle probabilità condizionate associate ai nodi

4.4.3.1 Confronto con la statistica classica

L’approccio Bayesiano consente di superare alcuni limiti tipici delle tecniche di statistica classica che si applica generalmente alle tematiche oggetto di studio, come i modelli di regressione (regressione lineare, analisi discriminante, modelli Tobit e modelli logit) presentano alcune limitazioni rilevanti, tra cui alcune caratteristiche particolari dei dati e della grandezza del campione. Ad esempio, la regressione e altre statistiche possono essere utilizzate per identificare ed esplorare l'intensità delle relazioni tra le variabili ma i modelli possono essere fortemente influenzate da valori estremi (outliers) oppure sono necessarie

grandi dimensioni del campione per fornire un numero sufficiente di entrambe le categorie di risposta variabile (es. sì / no).

Per quanto concerne la valutazione della significatività di un'ipotesi, mentre la statistica classica utilizza generalmente il calcolo del p -value, fissando un'ipotesi nulla e un valore soglia α (per convenzione di solito 0,05) che indica il livello di significatività del test, il fattore di Bayes fornisce diversi vantaggi, in particolare permette al ricercatore di fare una dichiarazione circa l'ipotesi alternativa, piuttosto che l'ipotesi nulla (Jarosz & Wiley 2014). Il fattore di Bayes è un rapporto che confronta la validità dell'adattamento dei dati sotto l'ipotesi nulla con la validità dell'adattamento sotto l'ipotesi alternativa. Un modo semplificato per esprimere questo è:

$BF01 = \text{probabilità di dati di } H_0 / \text{probabilità di dati di } H_1$.

Pertanto, all'aumentare $BF01$, ci sono più prove a sostegno dell'ipotesi nulla, e meno a favore dell'ipotesi alternativa. Invertendo si ottiene il contrario; se $1 / BF01 = 5$, i dati hanno cinque volte più probabilità di verificarsi sotto l'ipotesi alternativa rispetto alla ipotesi nulla.

I due metodi, p -value e fattore di Bayes, sono confrontati da (Wagenmakers, 2007):

1. Il p -value dipende da dati ipotetici. L'approccio bayesiano considera solo i dati osservati, e come quei dati si riferiscono alle ipotesi nulla ed alternativa.
2. Il p -value è condizionato dalle intenzioni del ricercatore. L'approccio bayesiano non è alterato da interruzioni o criteri di valutazione (Rouder, 2014). Infatti, in una analisi bayesiana completa, l'analisi di un lotto di dati può essere utilizzata per informare l'analisi del lotto successivo.
3. Il p -value non concede evidenza statistica. Poiché i fattori di Bayes sono rapporti di probabilità, due fattori di Bayes di pari valore rappresentano la stessa quantità di prove a favore dell'ipotesi alternativa, indipendentemente dalla dimensione del campione o da altri fattori esterni.
4. L'approccio che utilizza il p -value considera solo i dati estremi sotto l'ipotesi nulla, senza alcuna considerazione per l'ipotesi alternativa. Tutti gli approcci bayesiani sono confronto di modelli. Ciò significa che un fattore di Bayes considera la probabilità che si verifichi sia l'ipotesi nulla che l'ipotesi alternativa. Nell'ottica del ricercatore, questo dovrebbe essere più conforme agli obiettivi generali piuttosto che semplicemente rifiutare l'ipotesi nulla.

Oltre alla valutazione delle ipotesi tramite l'applicazione del fattore di Bayes, l'efficacia del modello bayesiano può essere valutata attraverso l'analisi di sensibilità, una tecnica comunemente utilizzata nei modelli matematici e nel campo della teoria delle decisioni per indagare l'incertezza dei parametri di un modello ed il loro effetto sulla produzione del modello (Hamby, 1994; Coupe et al., 2000). Per i BN questo significa studiare le variazioni delle probabilità del nodo di destinazione a seguito di variazioni di valori della rete (Coupe et al., 2000). L'analisi di sensibilità è considerata cruciale per la validazione del modello e per

definire gli obiettivi di ulteriori ricerche (Hamby, 1994). Viene eseguita sul modello BN per ridurre l'incertezza nel nodo bersaglio e per identificare quei nodi che hanno il maggiore impatto sul nodo bersaglio (Hamby, 1994; Coupe et al., 2000; Johnson et al., 2012).

I punti di forza e le limitazioni potenziali per l'utilizzo dei BN sono descritti da Ticehurst et al., (2008). I punti di forza sono i seguenti:

- Forniscono una rappresentazione concettuale di causa ed effetto, e quindi quantificano i rapporti in esame.
- Sono in grado di incorporare gli aspetti quantitativi e qualitativi dei dati rendendo l'approccio adatto all'integrazione dei fattori sociali, ecologici ed economici per esaminare questioni complesse (Bromley et al., 2005).
- La distribuzione delle probabilità cerca di riflettere le incertezze inevitabili legate all'impatto delle variabili l'una sull'altra (Varis & Kuikka, 1997). Questo permette all'utente di effettuare un giudizio sull'affidabilità delle previsioni del modello.
- Il processo utilizzato per sviluppare i BN è particolarmente adatto per facilitare la partecipazione delle parti interessate allo sviluppo, alla sperimentazione e all'utilizzo del modello.
- Gli stati, o classi, utilizzati per definire ogni variabile nel BN possono essere determinati in modo da riflettere importanti e adeguate soglie che sono rilevanti per i decisori (ad esempio, una soglia di reddito annuo sotto la quale la gente non investirà più in NRM sulle loro proprietà).
- Forniscono un mezzo per documentare la comprensione dei fruitori e i presupposti di funzionamento del sistema, che possono poi essere rivisti e aggiornati, mantenendo così un record della conoscenza aziendale in corso.
- Sono ben adatti al processo di gestione flessibile in cui i manager sono sollecitati a pianificare, attuare azioni, monitorare i risultati, rivedere e aggiornare le programmazioni (Smith et al., 2007). Alcuni limiti dei BN sono:
- Non possono incorporare cicli di feedback e, nella loro forma più elementare, rappresentano grossolanamente le dinamiche spaziali e temporali.
- Gli stati o classi utilizzate per definire ciascuna variabile, se mal definite, possono mascherare l'impatto di un particolare scenario o condizione di ingresso.
- Un BN mal strutturato potrebbe non essere in grado di fornire una conoscenza delle questioni di interesse, e potrebbe anche mascherare alcuni degli impatti importanti dei diversi scenari.

Per questi motivi, la scelta metodologica per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati è ricaduta sul modello Bayesiano. Inoltre, tale modello è visivamente accattivante, facile da usare, da comprendere e da interagire. Per informazioni più dettagliate sui vantaggi e gli

svantaggi dei BN e confronti con metodi statistici alternativi, si rimanda a Wilson et al, 2006; Uusitalo, 2007; Ahmed et al., 2009; Ticehurst et al., 2011.

4.4.3.2 Il Bayesian network applicato alla ricerca

Le tabelle di dati nel Bayesian network sono state costruite direttamente dai risultati dell'analisi dei dati climatici e dalle risposte alle domande del questionario. È stato sviluppato un foglio elettronico che elenca, per ciascuno dei 56 intervistati, lo stato di ciascuna variabile nella rete (par. 5.5). Il diagramma semplice di influenza è stato trasferito su GeNIe ([http:// Genie. sis.pitt.edu/](http://Genie.sis.pitt.edu/)), uno strumento sviluppato dal *Decision Systems Laboratory* dell'Università di Pittsburgh e messo a disposizione della comunità scientifica per promuovere l'uso di metodi teorici a supporto dei sistemi decisionali. I nodi del network sono stati riempiti con la probabilità condizionale dei dati raccolti.

Il network Bayesiano applicato all'indagine è stato pensato in risposta al quadro concettuale di riferimento dell'indagine. Vengono, quindi, presi in considerazione, in primo luogo, i fattori che influenzano la capacità di implementare le pratiche di adattamento utili a salvaguardare la produzione rispetto agli effetti del cambiamento climatico, quali le caratteristiche dell'azienda, la percezione del produttore rispetto al cambiamento climatico, la certificazione ambientale e di processo e la variabilità climatica registrata a livello di vigneto negli ultimi 15 anni. In secondo luogo, il modello include il numero delle pratiche di adattamento implementate in annate clade, secche e piovose. In terzo luogo, vengono presi in considerazione i fattori che misurano la capacità di adattamento delle aziende vitivinicole, rappresentati principalmente dagli impatti (resa, gradazione alcolica, costi in vigna e in cantina) in annate calde, secche e piovose e dalle strategie di lungo periodo per fronteggiare il cambiamento climatico in futuro.

Oltre a questi fattori, il modello Bayesiano dell'indagine prevede di analizzare quali fattori condizionano la capacità di mettere in pratica una serie di pratica.

Per verificare l'eventuale dipendenza delle variabili di partenza (causali) del modello, quindi dei fattori che influenzano la capacità di implementare le pratiche di adattamento, è stato applicato il test del chi-quadrato (par. 5.4). I valori utilizzati per la costruzione del modello e il diagramma di influenza sono riportati nel paragrafo 5.5.

Una volta costruito il modello è stata svolta l'analisi di sensitività usando il software Netica, al fine di identificare quali sono gli input che influiscono maggiormente sugli output. *"Sensitivity is defined as the expected reduction in variation of some query variable due to the conditional probability structure of the BBN and the specific value of the parent nodes"* (Marcot et al., 2001). Tale analisi rappresenta uno step importante soprattutto nella fase di test del modello in quanto permette di giustificare la scelta delle relazioni causa ed effetto tra variabili (Marcot et al, 2001, 2006; Howes et al., 2010).

CAPITOLO 5 – PRESENTAZIONE E DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Il capitolo contiene la presentazione e la discussione dei risultati della indagine svolta, che si articolano in tre principali blocchi:

- la descrizione del campione: caratteristiche strutturali e tipologiche
- la rappresentazione della variabilità climatica dell'area di studio
- la caratterizzazione delle imprese in base all'appartenenza a gruppi omogenei ottenuti mediante la *Cluster Analysis*
- la discussione delle ipotesi di ricerca tramite il modello Bayesiano.

I dati raccolti sono stati sistematizzati e organizzati in un unico database su foglio elettronico (Microsoft Excel). Quindi ci si è avvalsi del software statistico SPSS per le successive elaborazioni (analisi descrittiva e cluster analysis). Infine, il modello Bayesiano è stato sviluppato sul software GeNie, applicazione non-commerciale sviluppata dal *Decision Systems Laboratory* dell'Università di Pittsburgh, e la significatività del modello è stata testata grazie all'utilizzo del software Netica, programma commerciale sviluppato dalla *Norsys Software Corporation*.

5.1 Analisi del campione

In primo luogo è utile osservare la composizione del campione in base ad alcuni caratteri di base delle aziende considerate, quali i tratti socio-demografici degli imprenditori intervistati, le fonti di informazione utilizzate per orientare le scelte agronomiche nel vigneto e i dati strutturali dell'azienda.

Per quanto riguarda gli aspetti demografici (Tabella 9) si rileva che gli individui intervistati non si distribuiscono equamente fra maschi e femmine: l'83,9 % dei produttori appartiene al genere maschile, mentre solo il 13,6 % appartiene a quello femminile.

Il 35,7 % si inserisce in una fascia di età tra i 46 e i 55 anni e il 42,9 %, la maggior parte del campione, ha un diploma superiore come titolo di studio e infine, il 73,2 % frequenta regolarmente corsi di formazione, aggiornamento, riunioni tecniche o fiere.

Per quanto riguarda le fonti di informazione consultate, l'indagine ha evidenziato le informazioni che i vitivinicoltori necessitano per gestire al meglio il proprio vigneto a livello tecnico-agronomico sono ottenute, nel 66% dei casi, grazie ad un consulente aziendale (Tabella 10), che, in alcuni casi rappresenta l'unica fonte a cui i produttori fanno riferimento

(100%). A seguire, il 44,6% dei vitivinicoltori si affidano ai fornitori dei prodotti Fitosanitari, il 25% alle Associazioni di categoria, il 16,1% ai servizi della Regione Emilia-Romagna e al Consorzio di Tutela di riferimento. Inferiore al 10%, invece, è la percentuale di vitivinicoltori che consultano fonti derivante da Camera di Commercio e dalle Cooperative di riferimento (Tabella 10). Un dato interessante risulta da coloro che hanno dichiarato di fare riferimento ad “Altre” fonti di informazione (46,6%), rappresentate prevalentemente da conoscenze personali e/o al confronto con i colleghi. Questo aspetto conferma la teoria della prossimità o vicinanza geografica (Marshall, 1980; Porter, 2000), secondo la quale le imprese in prossimità geografica, come possono essere i cluster regionali che si trovano in specifiche condizioni climatiche e di composizione del suolo, mettono in condivisione lavoratori, in termini di capitale umano, e fornitori specializzati, sviluppando comuni strategie per il settore (Romanelli e Khessina 2005; Saxenian 1994; Spender 1989).

		Frequenza	Percentuale
Sesso	Femmina	8	14,3%
	Maschio	47	83,9%
	Cooperativa	1	1,8%
	Totale	56	100,0%
Età	26-35	5	8,9%
	36-45	12	21,4%
	46-55	20	35,7%
	46-65	9	16,1%
	>65	9	16,1%
	Cooperativa	1	1,8%
	Totale	56	100,0%
Titolo di studio	Licenza media	9	16,1%
	Diploma superiore	24	42,9%
	Laurea	20	35,7%
	Master	1	1,8%
	Cooperativa	1	1,8%
	Totale	55	98,2%
	Mancante/i	1	1,8%
	Totale	56	100,0%
Formazione	No	15	26,8%
	Sì	41	73,2%
	Totale	56	100,0%

Tabella 9: Caratteristiche socio-demografiche dei produttori intervistati

	Percentuale (%)	Minimo (%)	Massimo (%)	Media (%)	Deviazione std.
Camera di commercio	3,6%	0	30%	,80%	4,240
Associazione di categoria	25,0%	0	80%	9,38%	19,865
Cooperativa	7,1%	0	80%	3,21%	13,088
Fornitori di prodotti fitosanitari	44,6%	0	100%	16,61%	26,528
Regione Emilia-Romagna	16,1%	0	50%	2,50%	8,090
Consorzio	16,1%	0	20%	1,64%	4,052
Consulente aziendale	66,1%	0	100%	42,32%	36,791
Abbonamenti/Newsletter	46,6%	0	30%	3,84%	7,198
Altre	56,0%	0	100%	18,39%	29,016

Tabella 10: Fonti di informazione per gestire la vigna a livello tecnico-agronomico

Per quanto riguarda i dati strutturali delle aziende, in particolare riferiti alla ragione sociale, agli ettari di superficie coltivata e alle certificazioni di origine, si rileva che le aziende intervistate sono classificate per il 35,7% come Imprese Individuali, il 26,8% come Società Semplice Agricola (SSA) e il 14,3% come Società di Persone (Tabella 11). I vigneti sono collocati per l'82,1% in collina, il 5,4% in pianura e il 12,5% si espande sia in collina che in pianura (Tabella 12). Inoltre, l'85,7% delle aziende hanno registrato i propri vigneti alla DOP, per un valore totale di 719 ettari, il 35,7% sono iscritte alla IGP, per un totale di 120 ettari, e il 16,1% producono vino da tavola (Tabella 13). La superficie media delle aziende selezionate risulta essere pari a 17,43 ettari, con un minimo di 2 ettari ad un massimo di 109 ettari, per un totale di 976 ettari registrati dall'indagine.

		Frequenza	Percentuale
Valido	Impresa Individuale	20	35,7%
	Impresa familiare	3	5,4%
	Srl	5	8,9%
	Società di persone	8	14,3%
	Cooperativa	1	1,8%
	Società semplice	2	3,6%
	Società agricola	15	26,8%
	Totale	55	98,2%
Mancante/i	Sistema	1	1,8%
Totale		56	100,0%

Tabella 11: Ragione sociale delle aziende intervistate

		Frequenza	Percentuale
Valido	Collina	46	82,1%
	Pianura	3	5,4%
	Misto collina/pianura	7	12,5%
	Totale	56	100,0%

Tabella 12: Posizione del vigneto delle aziende intervistate

	Percentuale	Totale ettari	Media ettari	Deviazione std.
DOC/DOP	85,7%	719	14,98	14,803
IGP	35,7%	120	5,98	4,775
Tavola	16,1%	53	5,27	4,049

Tabella 13: Totale ettari di vigneto iscritti alla DOC/DOP, IGP o destinati alla produzione di vino da tavola

Considerando i principali aspetti legati alla produzione, alla raccolta e alla vendita, in media i produttori dichiarano che l'83% del fatturato è da associarsi alla produzione di vino rosso e la tipologia di vino prodotto è caratterizzata in prevalenza da Sangiovese, Cabernet e Trebbiano, seguiti da Albana, Merlot e Chardonnay (Figura 22).

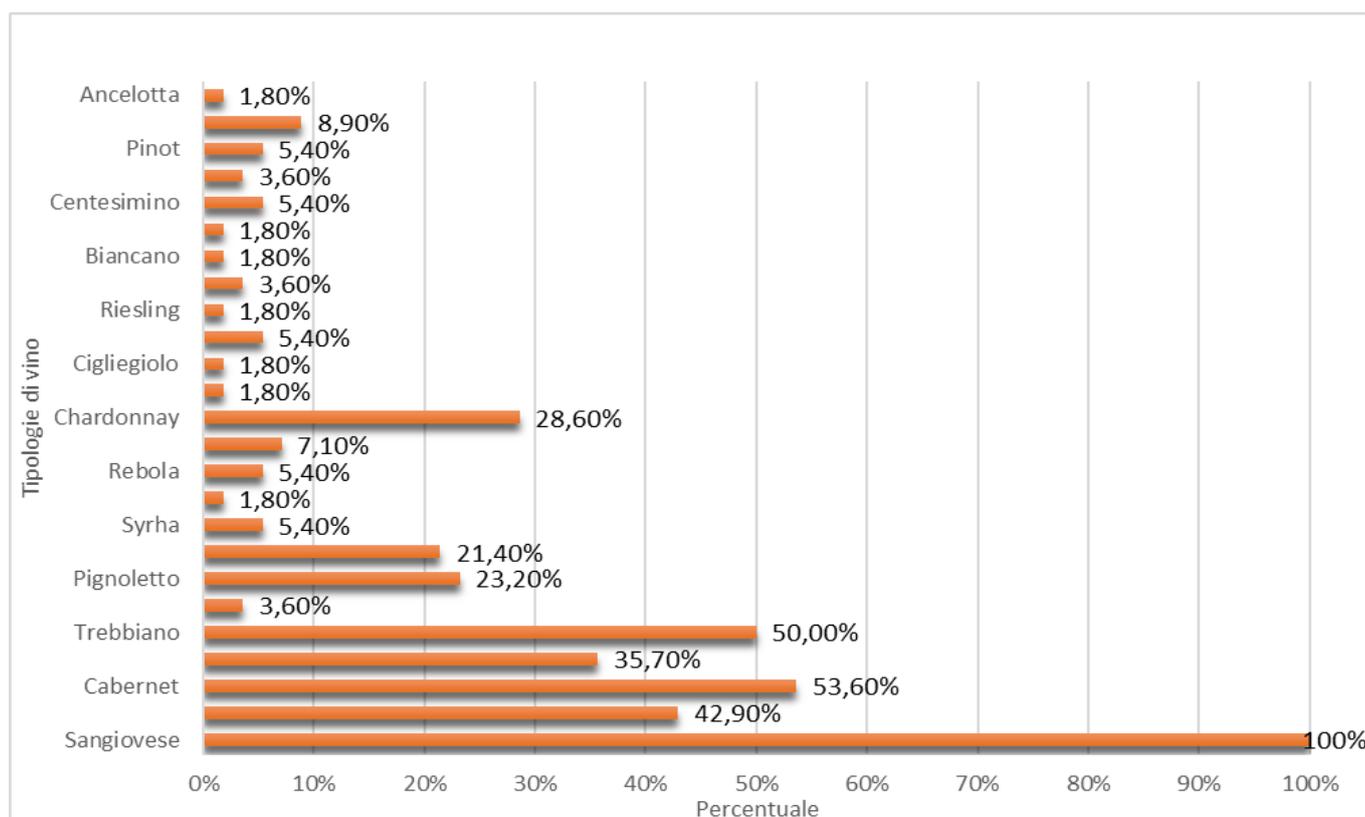


Figura 22: Tipologie di vino prodotto

La raccolta delle uve viene principalmente effettuata a mano, solo il 37,5% dei produttori dichiara di effettuare la raccolta meccanizzata, di questi il 98% la effettua parziale e il restante 2% effettua l'intera raccolta tramite l'utilizzo di appositi macchinari.

I canali di vendita e distribuzione principali risultano essere la vendita diretta (83,1%) e la vendita presso gli Horeca (54,2%) mentre il mercato di destinazione è principalmente quello nazionale. Risulta, infatti, che il 28,8% si affidi completamente al mercato nazionale mentre il 67,8% vende anche nei mercati internazionali (Tabella 14 e

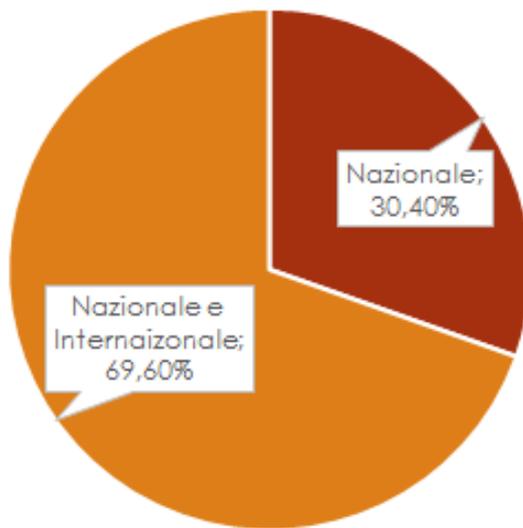


Tabella 15). Non risulta esserci nessun produttore che venda esclusivamente i suoi prodotti nei mercati internazionali.

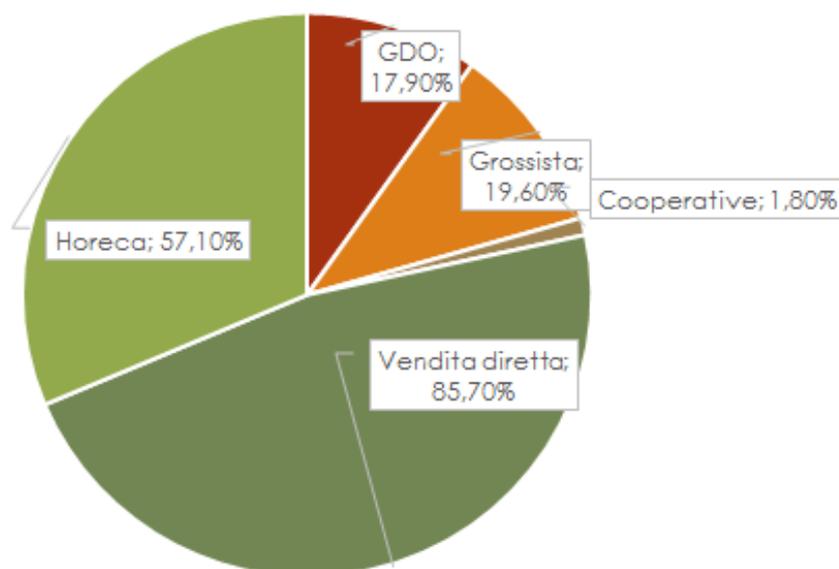


Tabella 14: Principali canali di vendita

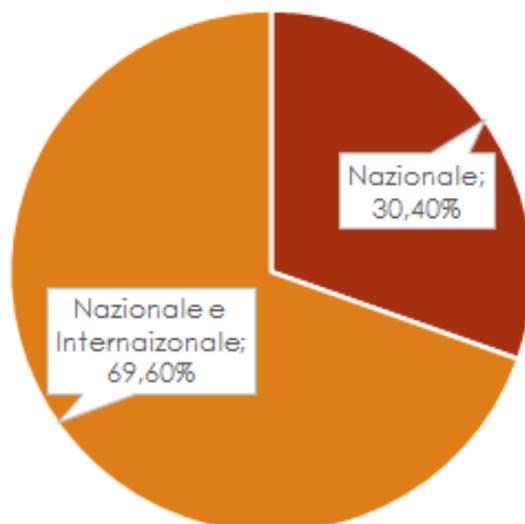


Tabella 15: Principali mercati di destinazione

Per quanto riguarda gli aspetti legati alla percezione, si evidenzia che la maggior parte dei vitivinicoltori intervistati ha una percezione abbastanza chiara sia delle questioni legate alla sostenibilità ambientale sia alle evidenze associate al cambiamento climatico. Infatti, l'80,4% degli intervistati dichiara di mettere in atto pratiche volte a favorire la sostenibilità ambientale, per ridurre gli impatti ambientali, salvaguardare l'ambiente circostante, assicurare un futuro migliore alle nuove generazioni e per ridurre i costi. Il restante 19,6% dichiarano di non adottare pratiche per la sostenibilità a causa, principalmente, dei costi troppo alti associati a tali pratiche, della dimensione troppo piccola dell'azienda, degli elevati investimenti a cui si dovrebbe andare in contro, alla mancanza di condizioni ambientali idonee (vento, esposizione alla radiazione solare ecc.) o di specifiche scelte aziendali.

Le pratiche di sostenibilità maggiormente utilizzate dai vitivinicoltori sono rappresentate dall'utilizzo di impianti fotovoltaici, sistemi di recupero e trattamento reflui e impianti di irrigazione a basso consumo. Inoltre, sono state identificate dagli stessi vitivinicoltori altre pratiche per la sostenibilità, quali le pratiche agronomiche volte a favorire l'aumento della sostanza organica, della biodiversità e della vitalità dei terreni, l'utilizzo di filtri e sistemi di recupero e trattamento delle acque (es. fitodepurazione), la raccolta differenziata dei rifiuti e l'utilizzo di un numero di trattamenti limitato e a basso contenuto di irrorazione (Tabella 16).

La maggior parte degli intervistati ha, inoltre, dichiarato che sarebbe incentivato ad adottare o ampliare pratiche sostenibili a fronte di un miglioramento delle condizioni biofisiche del vigneto (51,8%), seguito da incentivi pubblici (50%) e incentivi di mercato (39,3%) (Tabella 17).

Un altro fattore potenzialmente collegato con la percezione della sostenibilità ambientale è la presenza di 13 aziende su 56, quindi il 23,2% del campione, che producono vino da uve biologiche, per un totale di 245 ettari coltivati con uve biologiche. Di queste 13 aziende certificate Biologiche, 7 aderiscono alla certificazione dell'agricoltura biologica europea

mentre le altre sono certificate ICEA, Global Gap, agricoltura Biodinamica, Ente di certificazione Suolo e Salute, OFDC (Cina), NOP (Usa e Canada)

	Percentuale
Impianto fotovoltaico	32,1%
Recupero e trattamento reflui	19,6%
Sistemi di irrigazione a basso consumo	23,2%
Altre pratiche	50%

Tabella 16: Pratiche per favorire la sostenibilità ambientale maggiormente utilizzate

	Percentuale
Incentivi di mercato	39,3%
Incentivi pubblici	50,0%
Miglioramento delle condizioni biofisiche del vigneto	51,8%
Altro	8,9%
Nessuna	5,4%

Tabella 17: Condizioni per l'utilizzo di pratiche di sostenibilità

Questa chiara sensibilità ambientale non trova, però, riscontro, nell'utilizzo di certificazioni legate ai processi aziendali. Infatti, solo 1 vitivinicoltore, in tutto il campione degli intervistati, ha dichiarato di aver certificato l'azienda con lo standard ISO9001, mentre in un altro singolo caso emerge la certificazione allo standard ISO 22000:2005. Da questi risultati è esclusa l'adesione all'Istituto Valoritalia DOP/IGP, obbligatoria per legge per tutti i viticoltori che hanno il vigneto o parti di esso iscritto alla DOP e/o IGP.

Per quanto riguarda la percezione del cambiamento climatico, solo il 16,1% del campione intervistato ha dichiarato di fare ricorso all'utilizzo di modelli previsionali, tra cui le Capannine meteorologiche all'interno del vigneto (*iMeteos* dell'azienda Pessl Instrument), i dati provenienti dalle stazioni meteo di Arpa, i Modelli per la peronospora (*Plasmopara viticola* (Berk. & M.A. Curtis) Berl. & De Toni, 1888), oidio (*Uncinula necat* Schwein) e tignoletta (*Lobesia botrana* Denis & Schiffermüller, 1775) e Bollettini della cooperativa.

Nonostante ciò, i produttori ritengono che i fattori in grado di influenzare maggiormente la produzione di vino la piovosità e la temperatura, ai quali, rispettivamente l'85,7% e il 77,2% dei vitivinicoltori associa valori di impatto molto elevati. I risultati sono, invece, meno marcati per quanto riguarda eventi estremi e siccità, che presentano una deviazione standard più alta, quindi una distribuzione dei risultati maggiori sulla scala Likert, in cui

emergono valori associati anche ad influenze molto ridotte di tali fattori sulla produzione (Figura 23). Per facilitare la comprensione dei risultati delle scale Likert, i dati sono stati raggruppati in 3 intervalli: da 1 a 3 (Bassa influenza), da 4 a 6 (Media influenza) e da 7 a 10 (Alta influenza).

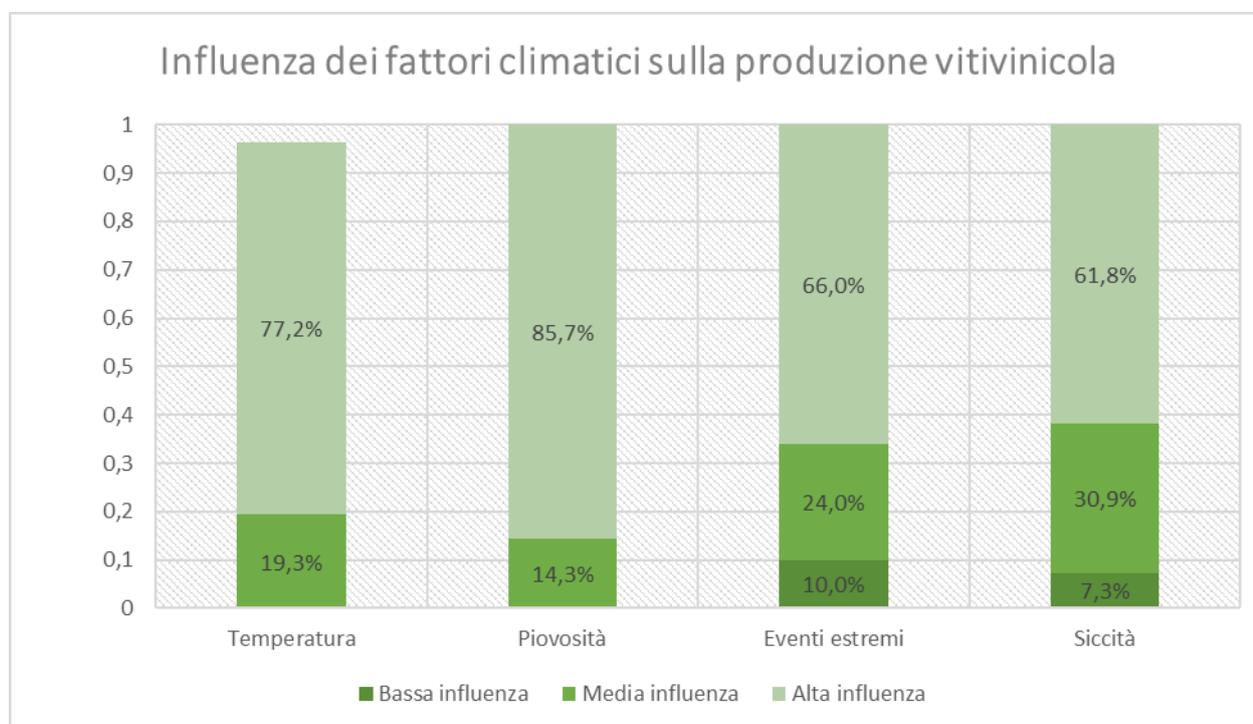


Figura 23: Percezione dei vitivinicoltori dell'influenza dei fattori ambientali, quali temperatura, piovosità, Eventi estremi e siccità, sulla produzione del vino

Inoltre, la percezione dei vitivinicoltori rispetto al cambiamento climatico è stata analizzata valutando, sia in vigna che in cantina, l'entità dell'effetto (positivo o negativo) sulla azienda e l'incidenza sulla scelta delle pratiche da mettere in atto. I risultati ottenuti dimostrano come quasi la metà degli intervistati, cioè il 48,8%, associno al cambiamento climatico un effetto molto negativo in vigna, in particolare sulle rese, sulla qualità e sullo sviluppo delle uve, mentre l'effetto si attenua in cantina dove il 52,2% degli intervistati dichiara un effetto neutro grazie alla maggior possibilità di intervento sulle uve danneggiate (tecnologico, di processo ecc.) (Figura 24). Emerge comunque chiaro, sia in vigna che in cantina, il problema dell'imprevedibilità e della variabilità stagionale e annuale dei fenomeni climatici, che impone ai vitivinicoltori l'adozione di pratiche e strategie di adattamento adeguate di anno in anno e, spesso, di giorno in giorno. Infatti, analizzando i risultati sull'incidenza dei fenomeni climatici sulla scelta delle pratiche da mettere in atto, emerge che, sia in vigna che in cantina, la maggior parte degli intervistati dichiara che il cambiamento climatico incide molto sulle pratiche di adattamento di breve termine, preventive e reattive (es. potatura verde, scacchiatura, selezione dei grappoli, defogliazione, trattamenti antiparassitari, selezione di cloni più resistenti ecc.) (Figura 25).

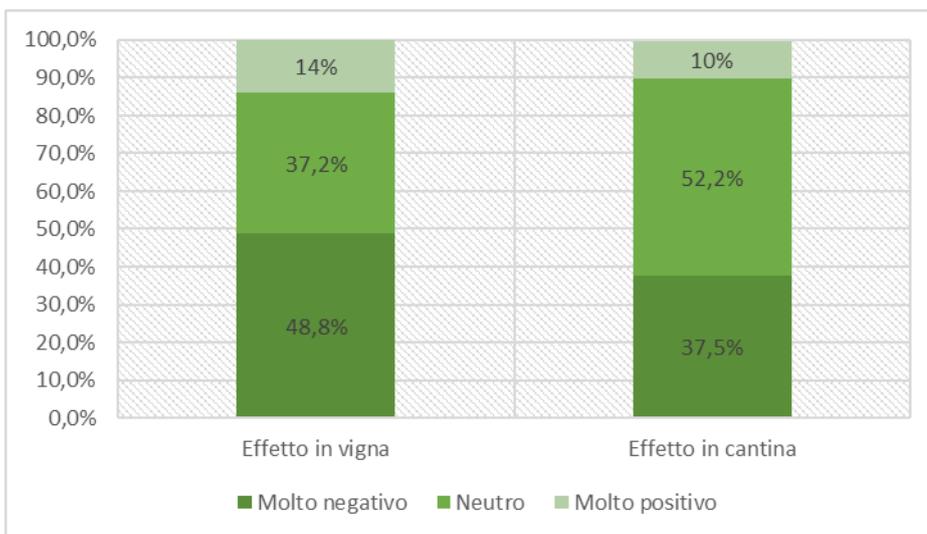


Figura 24: Percezione dei vitivinicoltori dell'effetto del cambiamento climatico in vigna e in cantina

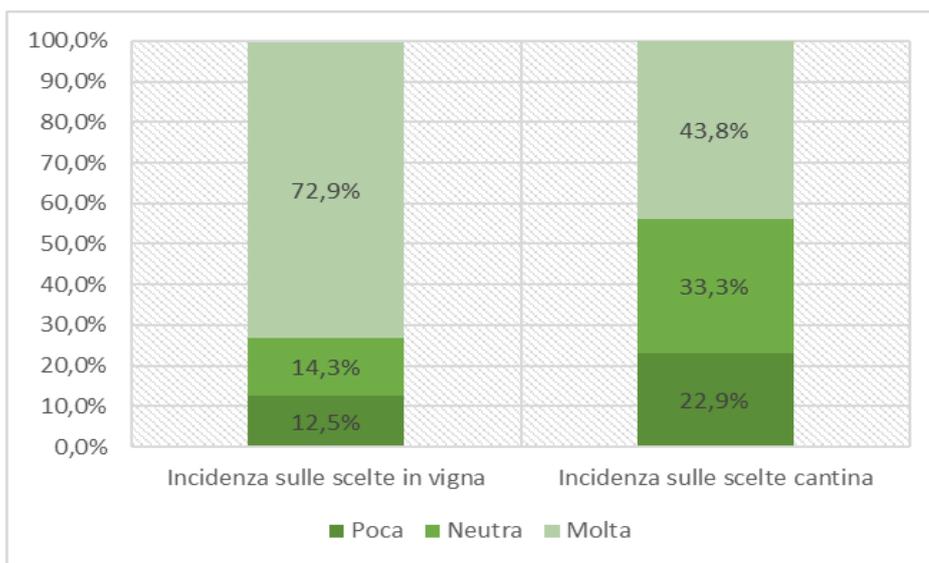


Figura 25: Percezione dei vitivinicoltori sull'incidenza del cambiamento climatico nelle pratiche da mettere in atto in vigna e in cantina

Inoltre, Inoltre, l'82,5% degli intervistati ritiene che gli effetti del cambiamento climatico variano in base alla tipologia di uva, in particolare:

- le varietà precoci faticano ad arrivare a maturazione, con cali di acidità e perdita di aromi
- le varietà a grappolo compatto sono soggette a marciume in annate molto piovose e all'attacco dell'Oidio in annate molto calde

- le uve bianche hanno bisogno di una maggiore escursione termica e il vitigno è più sensibile al calore. Le uve a bacca bianca, nel caso in cui la maturazione è molto anticipata, rischiano di perdere il bilanciamento tra acidità e grado zuccherino

- le uve rosse rischiano di raggiungere i parametri di acidità e zuccheri idonei alla vendemmia senza avere le sostanze coloranti nella buccia in giusta quantità

Gli intervistati ritengono che tra queste, il Sangiovese e lo Chardonnay risultano essere le varietà maggiormente sensibili. Il Sangiovese con alte temperature ha problemi nella maturità fenologica (colore dell'uva ed estrazione) e, in casi di piovosità, è molto sensibile alle fitopatie (legno nero, mal dell'esca) e ai marciumi (Botriti, marciume acido). Secondo il 58,4% degli intervistati, infatti, il Sangiovese subisce effetti del cambiamento climatico particolarmente marcati (Figura 26). Lo Chardonnay, invece, ha un'uva precoce e delicata ed è altamente sensibile all'oidio.

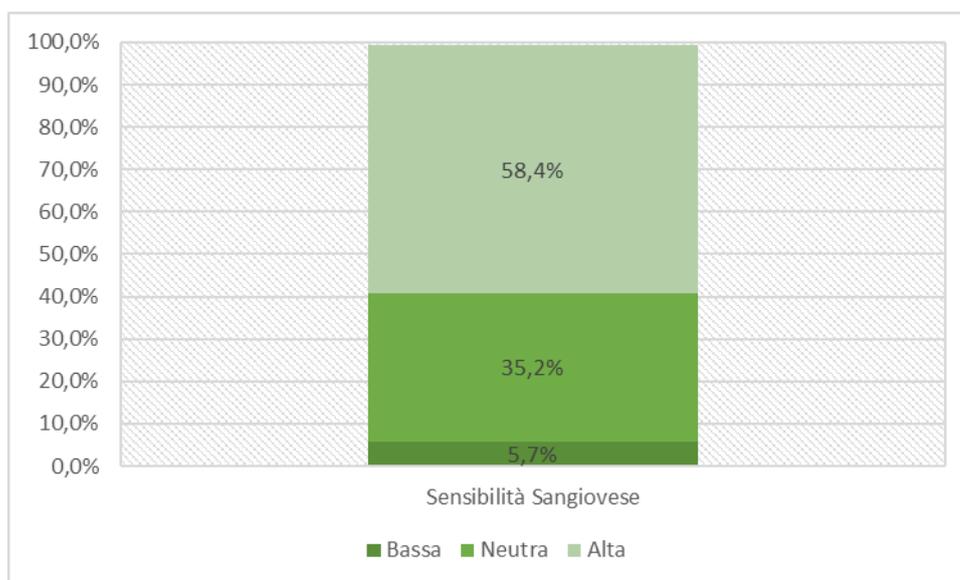


Figura 26: Sensibilità del Sangiovese al cambiamento climatico

Oltre alle pratiche di breve termine, i vitivinicoltori intervistati, però, prevedono che il cambiamento climatico avrà un impatto sulla produzione del vino anche sul lungo periodo, in un arco temporale di 10 anni. Infatti, dall'analisi dei risultati emerge che il 62,5% di loro prevede che sarà necessario modificare le tecniche produttive in futuro, il 17,9% si aspetta elevati investimenti per fronteggiarne gli effetti e il 16,1% si immagina una diversificazione dell'attività, per aumentare la capacità di resilienza del sistema produttivo. Solo l'7,1% e il 3,6% prevedono che sarà necessario un diverso orientamento di mercato o un cambio di business (Tabella 18: [Previsioni di lungo periodo](#)).

Risposta	Frequenza	Percentuale
Elevati investimenti	10	17,9%

Cambi nelle tecniche produttive	35	62,5%
Diversificazione dell'attività	9	16,1%
Orientamento di mercato	4	7,1%
Cambi di business	2	3,6%

Tabella 18: Previsioni di lungo periodo

Inoltre l'87,5% dei produttori intervistati ritiene che saranno necessari investimenti mirati per salvaguardare la produzione vitivinicola in futuro. In particolare, il 46,4% prevede di doversi dotare di un impianto di irrigazione per fronteggiare le annate siccitose che si stanno dimostrando sempre più frequenti, il 42,9% dei produttori ritiene che sarà necessario assicurare il vigneto contro le calamità naturali (vento, grandine) e il 32,1% considera importante frequentare corsi di formazione/aggiornamento per mantenersi informati sui progressi e sulle nuove tecnologie. Altri ritengono utili l'utilizzo di tecniche di riduzione alcolica, la raccolta meccanizzata, l'orientamento della cantina, le pratiche di arricchimento e le reti anti pioggia e ombreggianti (Tabella 19).

	Frequenza	Percentuale
Assicurazione	24	42,9%
Reti anti pioggia/ombreggianti	5	8,9%
Raccolta meccanizzata	10	17,9%
Irrigazione	26	46,4%
Orientamento della cantina	8	14,3%
Tecniche di riduzione alcolica	12	21,4%
Formazione/Aggiornamento	18	32,1%
Pratiche di arricchimento	7	12,5%

Tabella 19: Investimenti previsti nel lungo periodo

Inoltre, il 32,1% dei produttori sarebbe favorevole ad una variazione del disciplinare DOC/DOP, perché:

- I cambiamenti del clima e del mercato rendono necessario un adeguamento delle pratiche ammesse
- Bisogna eliminare varietà non autoctone (Cabernet e Merlot)
- Eccessive restrizioni (limita adattamenti o modifiche), il disciplinare si deve adattare alle esigenze del consumatore (nel DOC deve aumentare il residuo zuccherino, le rese per ettaro)
- Utilizzo di un numero maggiore di vitigni, tra cui alcune varietà di vitigni internazionali (Merlot resiste bene)
- Riconoscimenti dei territori e delle sottozone (Rimini, Spungone Romagnolo)

		Frequenza	Percentuale
Valido	No	38	67,9
	Sì	18	32,1
Totale		56	100,0

Tabella 20: Previsione che sarà necessaria una variazione del disciplinare nel lungo periodo

Per valutare le pratiche che effettivamente sono state messe in atto dai viticoltori per adattarsi al cambiamento climatico, sono state prese in considerazione tre annate particolarmente influenzate da fenomeni climatici (2003: calda, 2012: secca, 2014: piovosa), identificate a partire da un'analisi dell'andamento delle variabili meteorologiche nella Regione negli ultimi 15 anni.

La scelta di tali annate è stata in parte confermata dai risultati del questionario. Secondo gli intervistati, infatti, le annate che hanno subito effetti del cambiamento climatico particolarmente marcati negli ultimi 15 anni sono state il 2003 (52,7%), a causa di massime temperature nel mese di agosto e scarsi livelli di precipitazione (alta temperatura e bassa piovosità), il 2014 (87,3%), a causa dell'elevata piovosità nella stagione di crescita (Figura 27) e il 2012 (21,1%), a causa di inverno freddo e siccità nei mesi di giugno e settembre. Il 2002 è stata inoltre indentificata come annata sensibile dal 32,7% degli intervistati, a causa delle temperature tendenzialmente inferiori alla media e accentuata piovosità durante i mesi estivi. Quest'ultimo dato conferma la sensibilità che esprime il vitigno Sangiovese nei confronti, in particolare, della piovosità, come sostengono la maggioranza dei produttori.

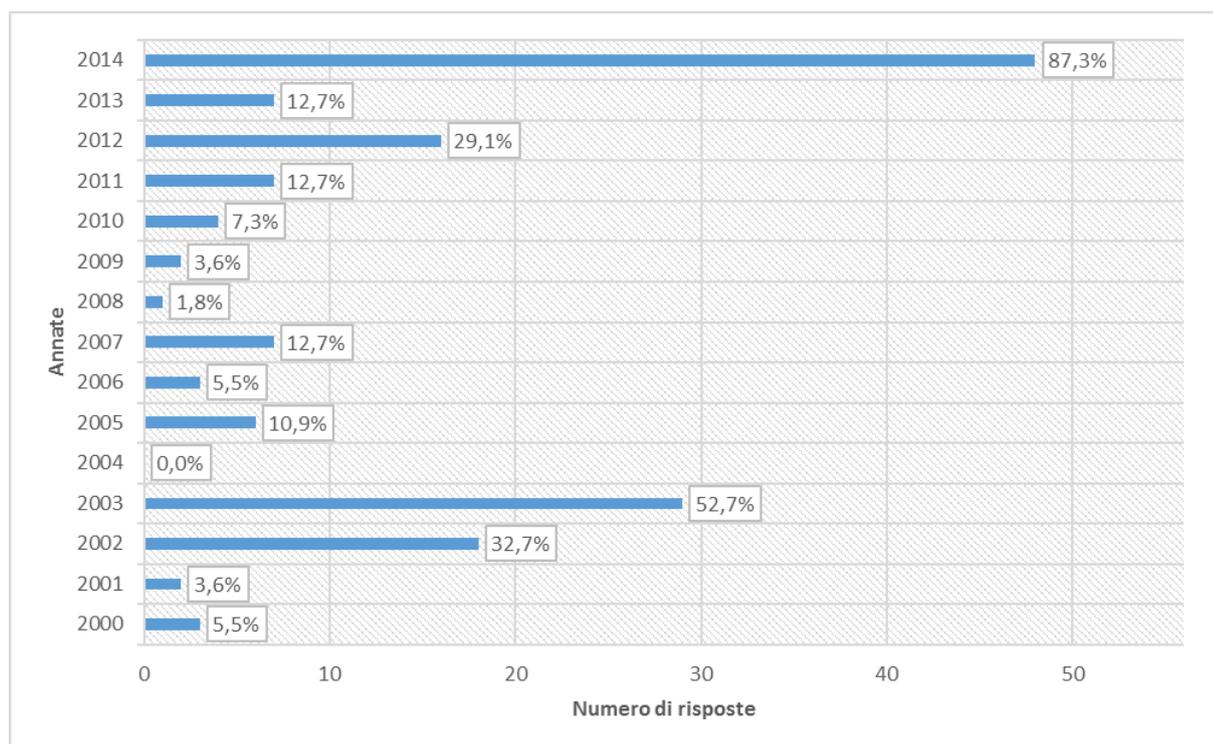


Figura 27: Annate che hanno subito fenomeni climatici particolarmente marcati negli ultimi 15 anni

Dall'analisi dei questionari risulta che il maggior numero di pratiche di adattamento messe in atto dai vitivinicoltori intervistati durante le tre annate di riferimento, rispetto ad annate "standard" sono (Figura 28):

- Pratiche culturali nelle annate calde e piovose
- Variazione nelle date di raccolta nelle annate calde, secche e piovose
- Variazione nel processo di vinificazione nelle annate piovose

La Figura 29 riporta nel dettaglio le pratiche che subiscono una variazione più accentuata. Nelle annate calde e secche si sono ridotte le pratiche culturali, come la potatura verde e il numero e la frequenza dei prodotti fitosanitari mentre nelle annate piovose questa pratiche sono aumentate a causa dell'intensa pioggia.

Le lavorazioni del terreno vengono effettuate nelle tre annate, in maniera differenziale, ossia, in annate calde e siccitose, come nelle annate calde e secche, si procede con la lavorazione meccanica del terreno e l'aratura per aumentare l'umidità del suolo, mentre nelle annate piovose si procede con dei tagli in mezzo ai filari per facilitare il dilavamento delle acque.

Mentre la raccolta manuale raggiunge il massimo valore nel 2003, annata calda e decresce nell'arco delle tre annate, la raccolta meccanizzata subisce un aumento a partire dal 2012. Questo aspetto potrebbe non essere direttamente legato alla variazione climatico di una specifica annata, bensì alla variazione climatica che si sta manifestando nella Regione e che impone ad un numero sempre maggiore di vitivinicoltori di dotarsi di un sistema per la raccolta meccanizzata.

Per quanto riguarda la variazione nelle date di raccolta, ad esclusione delle annate piovose, quando la maggior parte dei vitivinicoltori ha dovuto posticipare la raccolta delle uve per assicurarne la maturazione, nelle annate calde e secche la raccolta è stata anticipata, a fronte di una maturazione velocizzata dalle elevate temperature.

Le variazioni nel processo di vinificazione come pratica di adattamento, in particolare tagli e lieviti selezionati), si registrano in tutte e tre le annate, con un picco dell'utilizzo di lieviti selezionati nelle annate calde e secche. Inoltre, sono state citate le seguenti pratiche, associate a ciascuna annata:

- Annate calde: Dealcolazione
- Annate calde e secche: Aumento della fermentazione
- Annate piovose: Arricchimento, Salassi, Macerazione corta, aumento della solforosa

Il numero maggiori di variazioni della strategia di marketing si registrano nelle annate piovose quando, a causa dell'eccessiva piovosità, diversi produttori hanno dovuto rinunciare sia alla qualità dei vini prodotti, svendendo il vino alle cantine sociale o alla Grande Distribuzione Organizzata, sia alla produzione dei vini riserva.

Come per la variazione delle strategie di marketing, anche il maggior numero delle modifiche della modalità di potatura si verificano maggiormente nelle annate piovose, dove si registra

necessaria la potatura manuale e il mantenimento di un numero inferiore di gemme rispetto ad annate “standard”.

Altre pratiche emerse dalle interviste per ciascuna annata sono riportate di seguito:

- Alternanza cortina semplice/cordone speronato: Annate calde, secche e piovose
- Diradamento: Annate calde, secche e piovose
- Scacchiatura: Annate piovose
- Asciugatura delle uve: Annate piovose

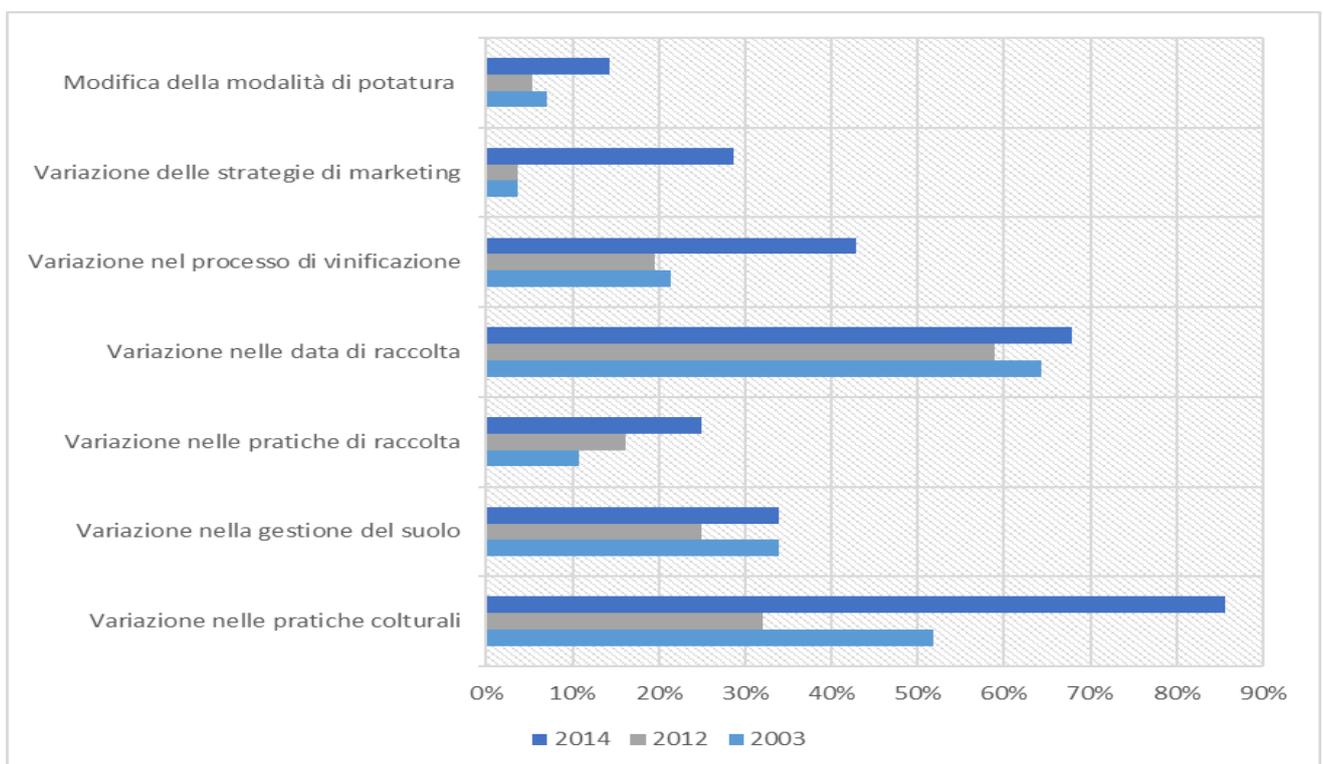


Figura 28: Variazione delle pratiche di adattamento nelle annate calde, secche e piovose

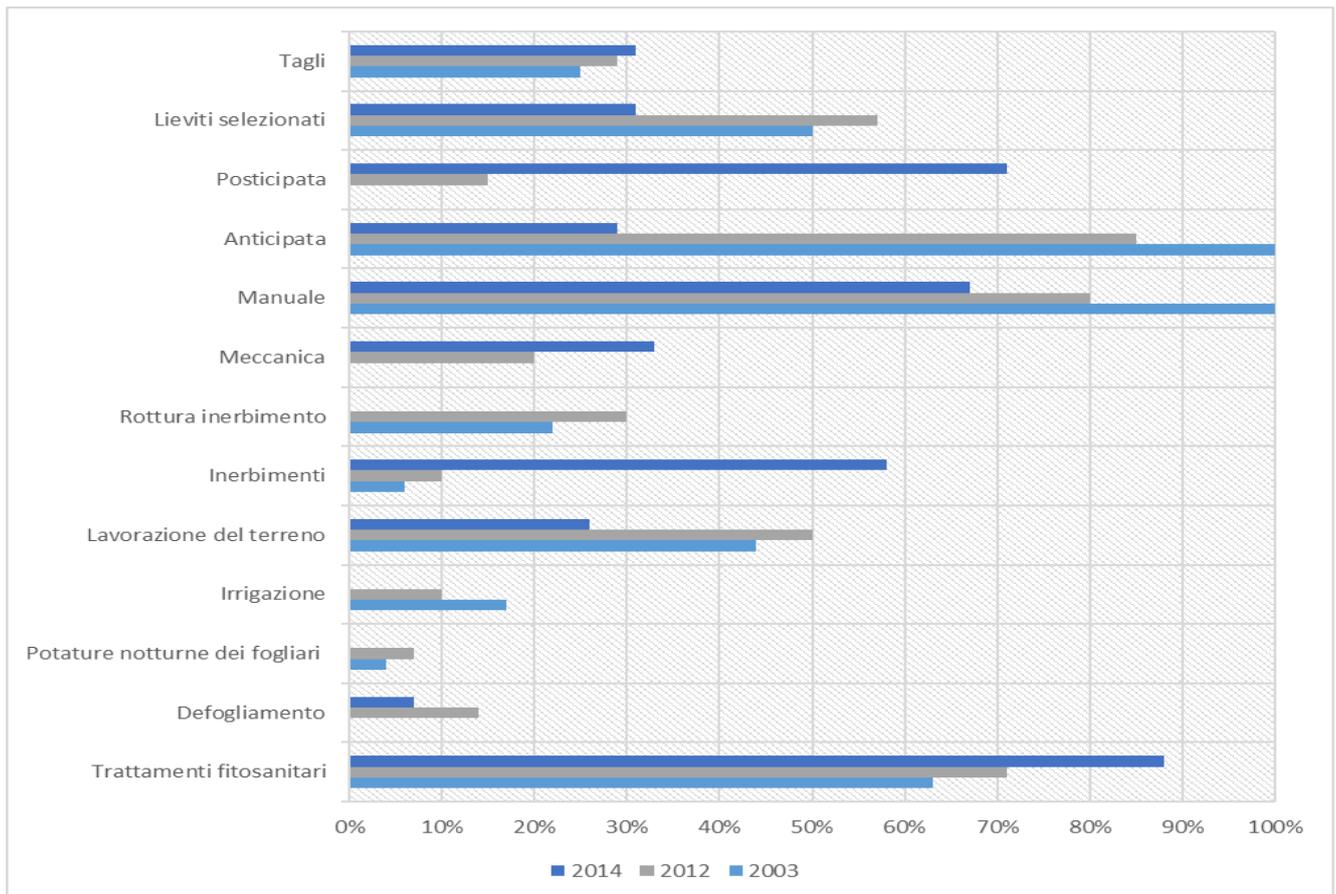


Figura 29: Dettaglio della variazione delle principali pratiche di adattamento annate calde, secche e piovose

In generale, risulta che i vitivinicoltori, grazie alla loro esperienza e alla conoscenza del proprio vigneto, mettano in campo tutte le pratiche di adattamento necessarie a massimizzare la produzione, in accordo con tempi, disponibilità di risorse e capacità. Ciononostante, dall'analisi effettuata emerge che una percentuale di intervistati dichiara di non aver messo in atto talune pratiche, quali:

- le pratiche colturali: Irrigazione, minore defogliamento, trattamenti e potatura verde e corta, eliminazione totale delle uve, ventilazione, selezione dei grappoli
- la variazione nella gestione del suolo: Irrigazione, lavorazione del terreno in tutte le file e non alternata, inerbimento o rottura dell'inerbimento
- la variazione delle pratiche di raccolta: Velocizzazione dei tempi di raccolta, raccolta meccanica
- la variazione nel processo di vinificazione: Aumento del potere di raffreddamento dei mosti in cantina, celle di raffreddamento pre-pigiatura, vigneti tutti meccanizzati, ghiaccio
- la variazione nella strategia di marketing: Mancata produzione di alcune tipologie di prodotti, riduzione della gamma
- altro: copertura delle uve.

Tali pratiche non sono state messe in atto soprattutto a causa dei costi elevati, dei problemi organizzativi e di anticipazione di fenomeni climatici dannosi. Inoltre emergono altre cause, come la mancanza di acqua, l'abitudine e la mancanza di mano d'opera specializzata, la mancanza delle condizioni biofisiche del terreno per pratiche come l'inerbimento ed i problemi di commercializzazione nel disciplinare (Tabella 21).

	Annata calda	Annata secca	Annata piovosa
Costi elevati	3,6%	7,1%	12,5%
Disponibilità di attrezzature	7,1%	3,6%	1,8%
Investimenti	3,6%	3,6%	1,8%
Difficoltà organizzative	7,1%	3,6%	10,7%
Problemi di anticipazione	12,5%	3,6%	8,9%

Tabella 21 Principali difficoltà nella messa in atto di talune pratiche di adattamento

Parallelamente alle pratiche di adattamento, i risultati dell'analisi dimostrano come i produttori considerino anche l'adozione di strategie di adattamento sul lungo periodo (Tabella 22), quali:

- Nuovo portainnesto: Più resistente o con minore vigore alla vite innestata (sviluppo vegetativo ridotto per fronteggiare la siccità), meno uva per pianta
- Nuove varietà: in relazione alle necessità del mercato, non del cambiamento climatico, varietà internazionali, utilizzo di varietà esistenti e più idonee
- Modifica della densità di impianto: Impianti più fitti
- Cambiamento della modalità di potatura a lungo termine: più corta e carico ridotto
- Cambiamento delle pratiche colturali a lungo termine: potatura più contenuta, lotta alla Drosophila (in movimento dal Trentino alla Regione ER)
- Cambiamento della gestione del suolo a lungo termine: drenaggi, inerbimento e trattamento sotto fila, riduzione fresature, inerbimento costante e aumento concimazione
- Cambiamento e gestione del metodo di irrigazione: gestione idrica più parsimoniosa, tubo interrato (tecnologia ancora da testare)
- Modificazione nelle date di raccolta: anticipazione di due settimane, varia in relazione alle nuove varietà, raccolta anticipata perché si alza l'acidità
- Modificazione significativa del processo di vinificazione (lieviti selezionati, Dealcolazione, tagli ecc.): criomacerazione, defecazione statica a freddo dei

mosti, controllo delle temperature in cantina e nelle vasche, lieviti selezionati, tagli migliorativi

- Modificazione significativa della strategia di marketing: decise dai giovani, rafforzare il marketing aziendale, riduzione della produzione e delle rese a favore della qualità e della cura delle uve
- Spostamento di terreni/appezzamenti in aree interne: Cambio Regione, analisi del terreno per la scelta dei nuovi portainnesti
- Altra pratica lungo periodo: alternanza sistemi di potatura, cloni tardivi, ripensare allo sviluppo economico.

Solo il 14,3% dichiara di non prevedere alcuna forma di adattamento sul lungo periodo.

	Percentuale	Deviazione std.
Nuovo portainnesto	23,2%	,426
Nuove varietà	23,2%	,426
Modifica della densità di impianto	16,1%	,371
Cambiamento della modalità di potatura a lungo termine	28,6%	,456
Cambiamento delle pratiche colturali a lungo termine	26,8%	,456
Cambiamento della gestione del suolo a lungo termine	42,9%	,499
Cambiamento e gestione del metodo di irrigazione	16,1%	,371
Modificazione nelle date di raccolta	48,2%	,504
Modificazione significativa del processo di vinificazione (lieviti selezionati, Dealcolazione, tagli ecc.	16,1%	,371
Modificazione significativa della strategia di marketing	8,9%	,288
Spostamento di terreni/appezzamenti in aree interne	10,7%	,312
Altra pratica lungo periodo	8,9%	,288
Nessuna	14,3%	,353

Tabella 22: Strategie di lungo periodo

Nonostante le pratiche messe in atto dai produttori, gli impatti del cambiamento climatico che si registrano sulla produzione di Sangiovese, nelle tre annate di riferimento, hanno conseguenze sia sulle rese e sulla gradazione alcolica sia sul valore complessivo della produzione. In particolare, nel 2014 le rese, in termini di ql/ha, hanno registrato un aumento del 3% in quanto, eccessivi livelli di piovosità hanno provocato un rigonfiamento delle uve, quindi un aumento della produzione in termini di peso (Tabella 23), ma a discapito della qualità e della gradazione alcolica. Quest'ultima, infatti, registra una diminuzione di quasi un grado e mezzo nel 2014, mentre, le elevate temperature e la siccità registrata nel 2003 e nel 2012 hanno prodotto vini con quasi un grado alcolico in più.

Per quanto riguarda i costi della produzione in vigna, che si aggirano intorno ai 3.200,00 € in annate standard, si registra solo un lieve incremento nel 2003 e nel 2012, mentre l'aumento del costo nel 2014 si aggira intorno al 20% (€/ha). In cantina, dove generalmente si registrano costi compresi tra i 40,00 € e i 45,00 €, il maggiore incremento, anche se inferiore

(14,6%) si registra nel 2014, mentre il 2003 subisce un lieve incremento e il 2012 una lieve diminuzione nei costi di produzione (€/hl). Nel complesso, nelle tre annate il valore della produzione subisce un calo (-3,86% nel 2003 e -7,36% nel 2012), registrando il valore più negativo nel 2014, con una riduzione del 34% rispetto al valore atteso (Tabella 23).

Nell'arco delle tre annate si registra anche una variazione nei prezzi di vendita in relazione al tipo di confezionamento. In particolare, sia per le bottiglie che per il vino sfuso, si registra un aumento dei prezzi dal 2003 al 2014 che però non è generalmente associato, dagli stessi produttori, alle diverse condizioni climatiche o all'intensificarsi del fenomeno del cambiamento climatico, bensì alle diverse condizioni di mercato. Non è quindi certo che la variazione dei prezzi possa essere associata al cambiamento climatico, essendoci altri fattori determinanti per questo aspetto (fluttuazioni di mercato, tassi di interesse ecc.) (Tabella 24, Tabella 25).

	Scostamento 2003 (%)	Scostamento 2012 (%)	Scostamento 2014 (%)
Resa (ql/ha)	- 14	- 10	3
Gradazione alcolica	+ 0,80	+ 0,81	- 1,35
Costo di produzione in vigna (€/ha)	+ 0,2	+ 0,6	+ 19,8
Costo di produzione in cantina (€/hl)	+ 4,42	- 2,16	+ 14,6

Tabella 23: Scostamento percentuale di resa, gradazione alcolica, costo di produzione in vigna e in cantina nelle tre annate di riferimento

Prezzo minimo e massimo delle bottiglie nelle annate calde, secche e piovose																	
Minimo DOC/DOP			Massimo DOC/DOP			Minimo IGP			Massimo IGP			Minimo Tavola			Massimo Tavola		
2003	2012	2014	2003	2012	2014	2003	2012	2014	2003	2012	2014	2003	2012	2014	2003	2012	2014
4,67	4,78	5,38	11,50	13,00	12,50	3,83	3,00	3,00	5,17	5,00	6,00	1,00	5,00	5,00	1,50	8,25	7,07
1%			1%			2%			1%			16%			15%		

Tabella 24: Media dei prezzi minimi e massimi delle bottiglie nelle tre annate e tasso di crescita in percentuale dal 2003 al 2014

Prezzo minimo e massimo del vino sfuso nelle calde, secche e piovose																	
Minimo DOC/DOP			Massimo DOC/DOP			Minimo IGP			Massimo IGP			Minimo Tavola			Massimo Tavola		
2003	2012	2014	2003	2012	2014	2003	2012	2014	2003	2012	2014	2003	2012	2014	2003	2012	2014
0,5	0,5	0,4	1,5	1,5	0,8	0,9	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,3	1,15	1,15	0,6	1,3	1,2
-2%			-6%			-5%			0%			13%			7%		

Tabella 25: Media dei prezzi minimi e massimi del vino sfuso nelle tre annate e tasso di crescita in percentuale dal 2003 al 2014

5.2 Caratteristiche climatiche dei vigneti

I vigneti delle 56 aziende oggetto dell'indagine sono stati classificati in base alla variabilità climatica che hanno subito nell'arco temporale 2001-2016. In particolare, sono stati calcolati i valori per rappresentare la variabilità termica e la variabilità associata alla risorsa idrica a partire dai dati climatici delle stazioni metereologiche di ARPAE prossime ai centroidi dei vigneti delle aziende. I centroidi che rappresentano i vigneti delle 56 aziende e che si trovano a distanza tale da poter permettere l'analisi delle variabilità climatica, ossia ad una distanza di almeno 600 metri l'uno dall'altro, sono 122 e ricadono in 43 celle che rappresentano le stazioni metereologiche ARPAE dalle quale sono stati estrapolati i dati climatici (Figura 30).

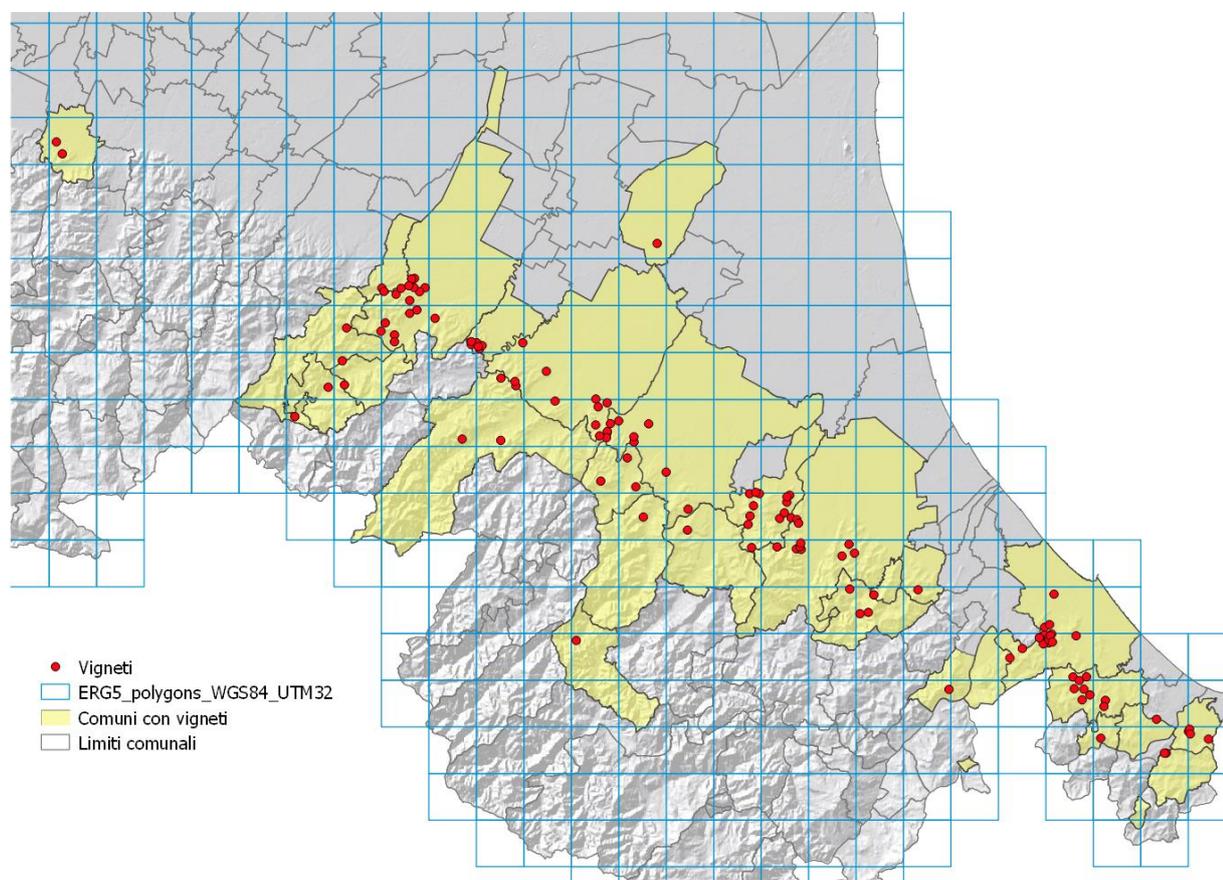


Figura 30: Rappresentazione dei centroidi dei vigneti delle 56 aziende e delle celle climatiche di riferimento

Le deviazioni standard delle variabili climatiche oggetto dell'indagine, Winkler, stress e surplus idrico e radiazione solare, sono riportate nelle Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34 e permettono la visualizzazione grafica della variabilità climatica che ciascun vigneto ha subito negli ultimi 15 anni.

I vigneti che hanno subito una maggiore variabilità di temperatura, associata all'indice di Winkler, sono i vigneti localizzati prevalentemente nella zona sud delle Romagna, nella provincia di Rimini, e nella fascia pre-collinare della provincia di Cesena. La variabilità

termica presenta, invece, un'estensione più ampia registrando i valori maggiori nella provincia di Rimini, seguite da alcune aree della provincia di Cesena, Forlì e Faenza.

La provincia di Rimini registra anche i valori maggiori associati allo stress idrico, così come la zona sud della provincia di Cesena, mentre la maggior variabilità legata al surplus idrico si registra prevalentemente nelle province comprese tra Cesena e Bologna.

È, quindi, possibile concludere che i vigneti situati nella provincia di Rimini hanno subito, nel periodo compreso tra il 2001 e il 2016, maggiori valori di variabilità termica, correlati direttamente con lo stress idrico. La variabilità associata all'eccesso di piovosità nel periodo di maturazione delle uve caratterizza, invece, prevalentemente le aree collinari e pre-collinari non limitrofe alla costa, quindi nelle province di Cesena, Forlì, Faenza, Imola e Bologna.

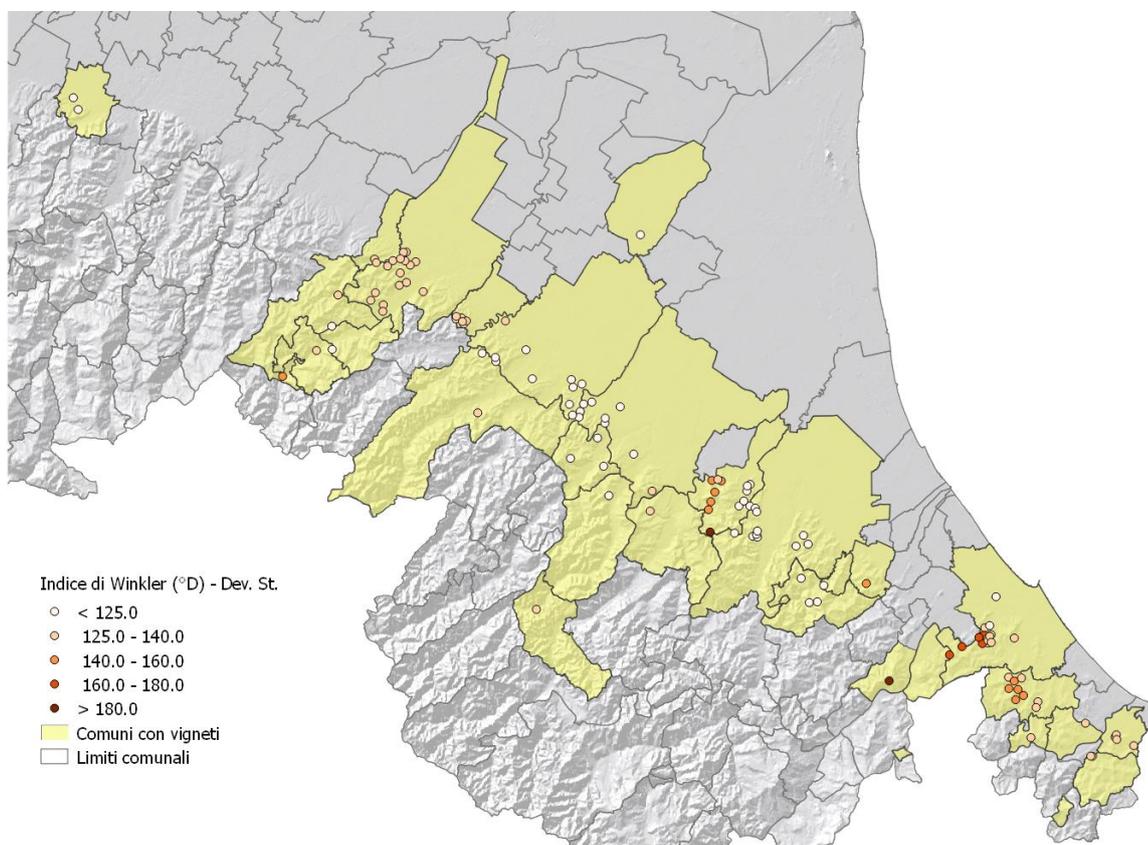


Figura 31: Rappresentazione geografica della variabilità termica basata sui valori della deviazione standard dell'indice di Winkler

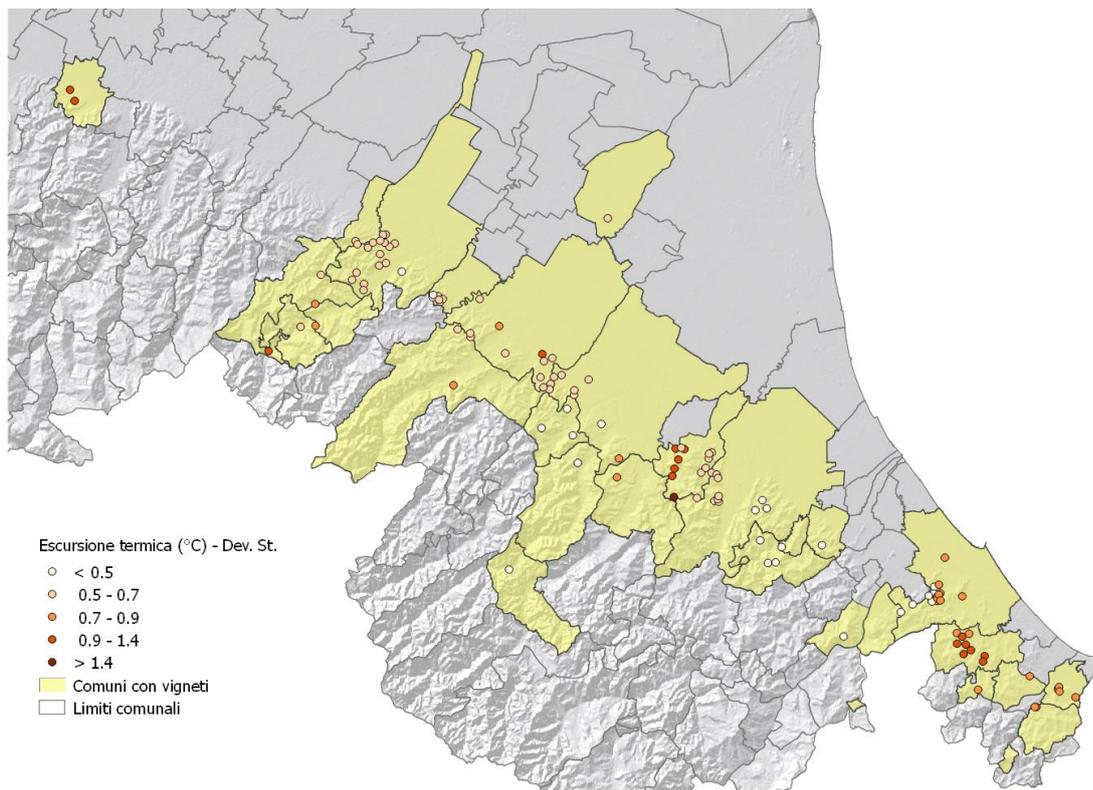


Figura 32: Rappresentazione geografica della variabilità termica basata sui valori della deviazione standard della radiazione solare

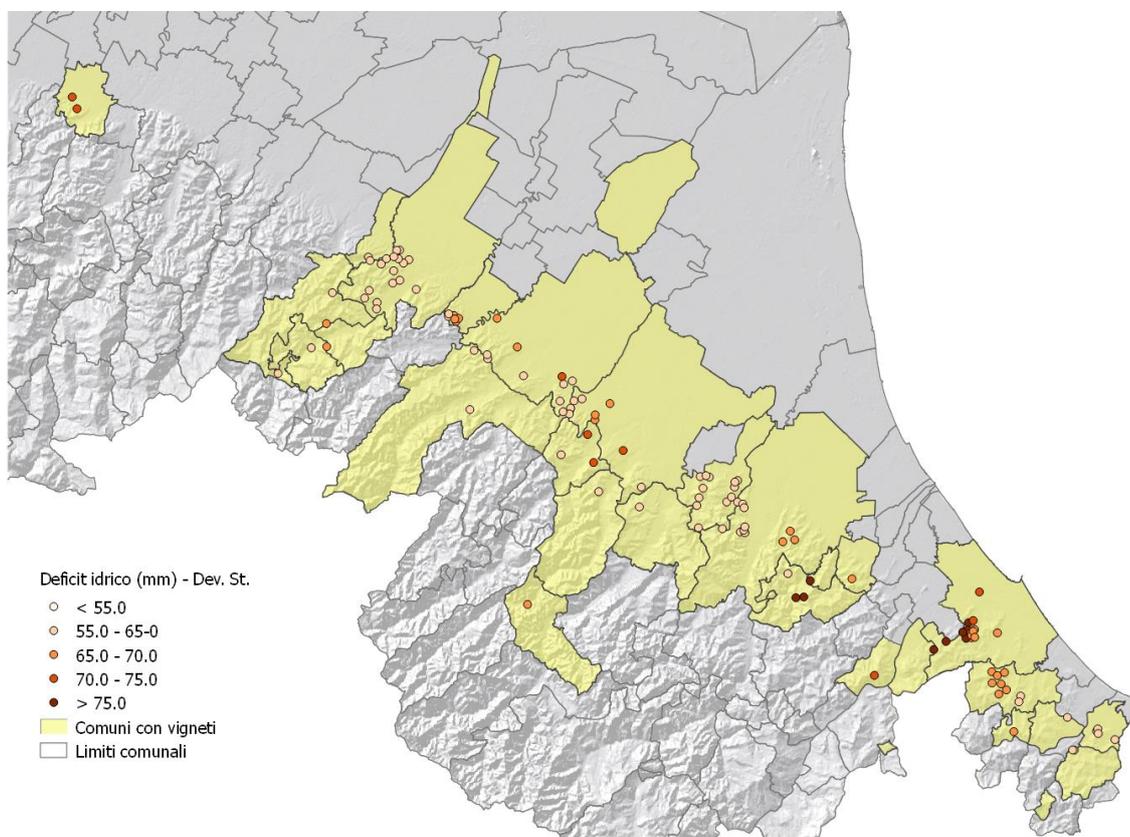


Figura 33: Rappresentazione geografica della variabilità idrica basata sui valori della deviazione standard dello stress idrico

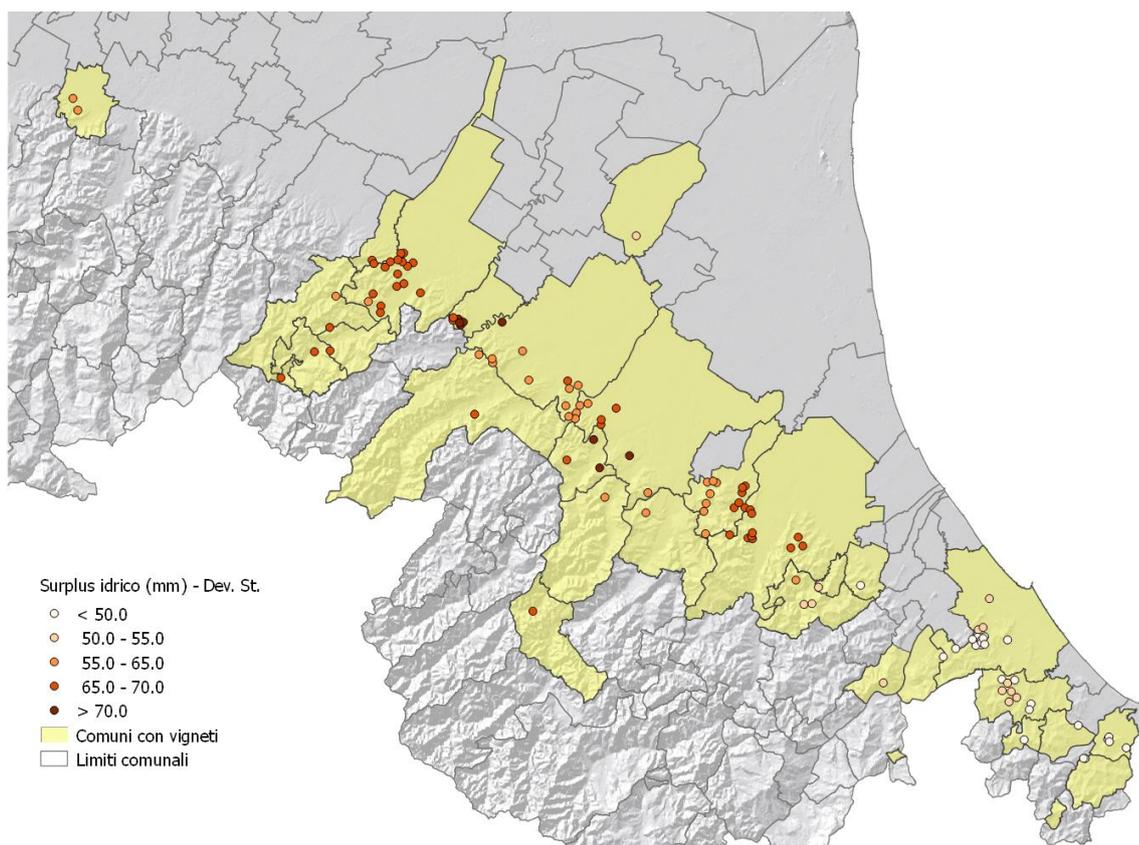


Figura 34: Rappresentazione geografica della variabilità idrica basata sui valori della deviazione standard del surplus idrico

Per semplificare i risultati e associare alle aziende un valore qualitativo di variabilità climatica, è stata calcolata la mediana delle variabili climatiche prese in considerazione. Le aziende che riportano valori maggiori della mediana sono classificate come “Alta” variabilità e rappresentate con un colore più scuro, mentre quelle con valori inferiori come “Bassa” variabilità e rappresentate con un colore più chiaro (Tabella 26). I risultati mostrano come alcune aziende subiscano alta variabilità in almeno tre delle quattro variabili considerate, così come in alcune aziende si registra alta variabilità solo in una variabile. È interessante osservare che nessuna delle aziende oggetto dello studio si trova in una condizione di bassa variabilità di tutte e quattro le variabili contemporaneamente. Questo potrebbe essere interpretato come una dimostrazione della variabilità climatica registrata dai modelli meteorologici regionali. D’altro canto, solo un’azienda (n°23) registra valori di alta variabilità delle quattro variabili contemporaneamente.

I dati di Winkler e del surplus idrico, risultati i valori maggiormente impattanti sul campione di aziende, così classificati sono funzionali alla costruzione del modello Bayesiano per verificare la relazione tra la variabilità climatica e la visione del lungo periodo degli intervistati.

ID	CodiceERGS	WINKLER	VARIABILITA WINKLER	STRESS IDRICO	VARIABILITA STRESS	SURPLUS IDRICO	VARIABILITA SURPLUS	ESCURSIONE	VARIABILITA ESCURSIONE
1	1829	124,7445	Bassa	62,64217753	Bassa	61,06415	Bassa	0,509491987	Bassa
2	1991	121,4191	Bassa	63,22129512	Bassa	63,55981	Bassa	0,452644041	Bassa
3	1869	137,1735	Alta	62,01605941	Bassa	56,35272	Bassa	0,850302584	Alta
4	1786	119,657	Bassa	71,14666534	Alta	65,76077	Alta	1,364641335	Alta
5	1586	122,6999	Bassa	65,33247207	Alta	69,72118	Alta	0,80269408	Alta
6	1828	122,0543	Bassa	71,12982468	Alta	70,20847	Alta	0,496756651	Bassa
7	2152	164,2155	Alta	76,1601459	Alta	48,75033	Bassa	0,406690411	Bassa
8	2234	133,0834	Alta	66,57893678	Alta	44,51412	Bassa	0,837893872	Alta
9	1665	137,7148	Alta	63,15432083	Bassa	69,51429	Alta	0,513764136	Bassa
10	1585	125,1373	Bassa	63,02897738	Bassa	64,31042	Alta	0,595354696	Bassa
11	2071	146,6705	Alta	67,77709721	Alta	49,19334	Bassa	0,420172021	Bassa
12	1787	115,6206	Bassa	60,76918481	Bassa	61,56162	Bassa	0,687965814	Alta
13	1787	115,6206	Bassa	60,76918481	Bassa	61,56162	Bassa	0,687965814	Alta
14	1705	127,7406	Alta	65,88771889	Alta	76,16427	Alta	0,555127324	Bassa
15	1705	127,7406	Alta	65,88771889	Alta	76,16427	Alta	0,555127324	Bassa
16	1746	109,7083	Bassa	66,07105574	Alta	64,85462	Alta	0,763584784	Alta
17	1869	137,1735	Alta	62,01605941	Bassa	56,35272	Bassa	0,850302584	Alta
18	1908	134,9951	Alta	56,3431891	Bassa	61,22449	Bassa	0,719219414	Alta
19	1949	119,0629	Bassa	55,20797912	Bassa	65,1108	Alta	0,576498514	Bassa
20	1787	115,6206	Bassa	60,76918481	Bassa	61,56162	Bassa	0,687965814	Alta
21	1990	116,9006	Bassa	66,19861144	Alta	66,41226	Alta	0,48867279	Bassa
22	1909	144,3917	Alta	55,28443572	Bassa	63,98261	Alta	1,078226448	Alta
23	1547	142,0534	Alta	64,95392718	Alta	68,31062	Alta	1,044105315	Alta
24	1624	132,4768	Alta	61,35752798	Bassa	68,22907	Alta	0,642894325	Bassa
25	1585	125,1373	Bassa	63,02897738	Bassa	64,31042	Alta	0,595354696	Bassa
26	1747	109,2171	Bassa	58,62564996	Bassa	63,67357	Bassa	0,623158384	Bassa
27	1706	119,2233	Bassa	60,80114274	Bassa	63,72148	Alta	0,60969845	Bassa
28	2273	127,266	Alta	59,55730005	Bassa	44,78834	Bassa	0,897451075	Alta
29	2274	130,9569	Alta	63,39921521	Alta	44,49734	Bassa	0,847960166	Alta
30	1706	119,2233	Bassa	60,80114274	Bassa	63,72148	Alta	0,60969845	Bassa
31	1624	132,4768	Alta	61,35752798	Bassa	68,22907	Alta	0,642894325	Bassa
32	1341	124,988	Bassa	73,85184091	Alta	55,30247	Bassa	1,042766326	Alta
33	1823	115,5775	Bassa	54,0715844	Bassa	53,53253	Bassa	0,685872072	Alta
34	1341	124,988	Bassa	73,85184091	Alta	55,30247	Bassa	1,042766326	Alta
35	1707	127,8857	Alta	62,27524513	Bassa	67,79143	Alta	0,739425418	Alta
36	2233	130,8814	Alta	59,64609375	Bassa	47,58464	Bassa	1,037180567	Alta
37	2151	127,5769	Alta	83,07185237	Alta	54,53338	Bassa	0,426209997	Bassa
38	1546	131,7187	Alta	63,88930784	Alta	65,13754	Alta	0,637652072	Bassa
39	1624	132,4768	Alta	61,35752798	Bassa	68,22907	Alta	0,642894325	Bassa
40	1787	115,6206	Bassa	60,76918481	Bassa	61,56162	Bassa	0,687965814	Alta
41	2192	126,099	Bassa	67,23480986	Alta	48,76418	Bassa	0,835093164	Alta
42	1667	132,123	Alta	62,65624528	Bassa	62,54659	Bassa	0,784284415	Alta
43	2193	152	Alta	69,42848651	Alta	53,40944	Bassa	0,948848806	Alta
44	2152	164,2155	Alta	76,1601459	Alta	48,75033	Bassa	0,406690411	Bassa
45	1990	116,9006	Bassa	66,19861144	Alta	66,41226	Alta	0,48867279	Bassa
46	1586	122,6999	Bassa	65,33247207	Alta	69,72118	Alta	0,80269408	Alta
47	1792	131,5989	Alta	68,91776251	Alta	66,56989	Alta	0,36678809	Bassa
48	2152	164,2155	Alta	76,1601459	Alta	48,75033	Bassa	0,406690411	Bassa
49	2233	130,8814	Alta	59,64609375	Bassa	47,58464	Bassa	1,037180567	Alta
50	2073	238,6131	Alta	72,21668551	Alta	50,2503	Bassa	0,474552454	Bassa
51	2031	122,97	Bassa	75,60646681	Alta	52,42426	Bassa	0,430360517	Bassa
52	1949	119,0629	Bassa	55,20797912	Bassa	65,1108	Alta	0,576498514	Bassa
53	1828	122,0543	Bassa	71,12982468	Alta	70,20847	Alta	0,496756651	Bassa
54	1950	117,4244	Bassa	60,55421667	Bassa	66,15294	Alta	0,660638328	Alta
55	1705	127,7406	Alta	65,88771889	Alta	76,16427	Alta	0,555127324	Bassa
56	1788	122,2233	Bassa	63,33197422	Alta	65,01178	Alta	0,528887138	Bassa

Tabella 26: I valori di variabilità climatica classificate in base alla mediana

Il valore medio di Winkler, calcolato al fine di identificare quali vigneti ricadono nel range ottimale di Winkler associato al Sangiovese, 1944-2222 °C, e quali, invece, negli ultimi 15 anni registrano valori anomali, è riportato in Figura 35. I risultati mostrano come le aree pre-collinari delle provincie di Cesena e Forlì e le aree collinari di Cesena e Imola registrano valori medi di Winkler al di sotto del range ottimale per la produzione del Sangiovese. Queste aree, considerato anche la variabilità della piovosità che le ha caratterizzate negli ultimi 15 anni, potrebbero risultare non adatte nel prossimo futuro alla produzione di Sangiovese.

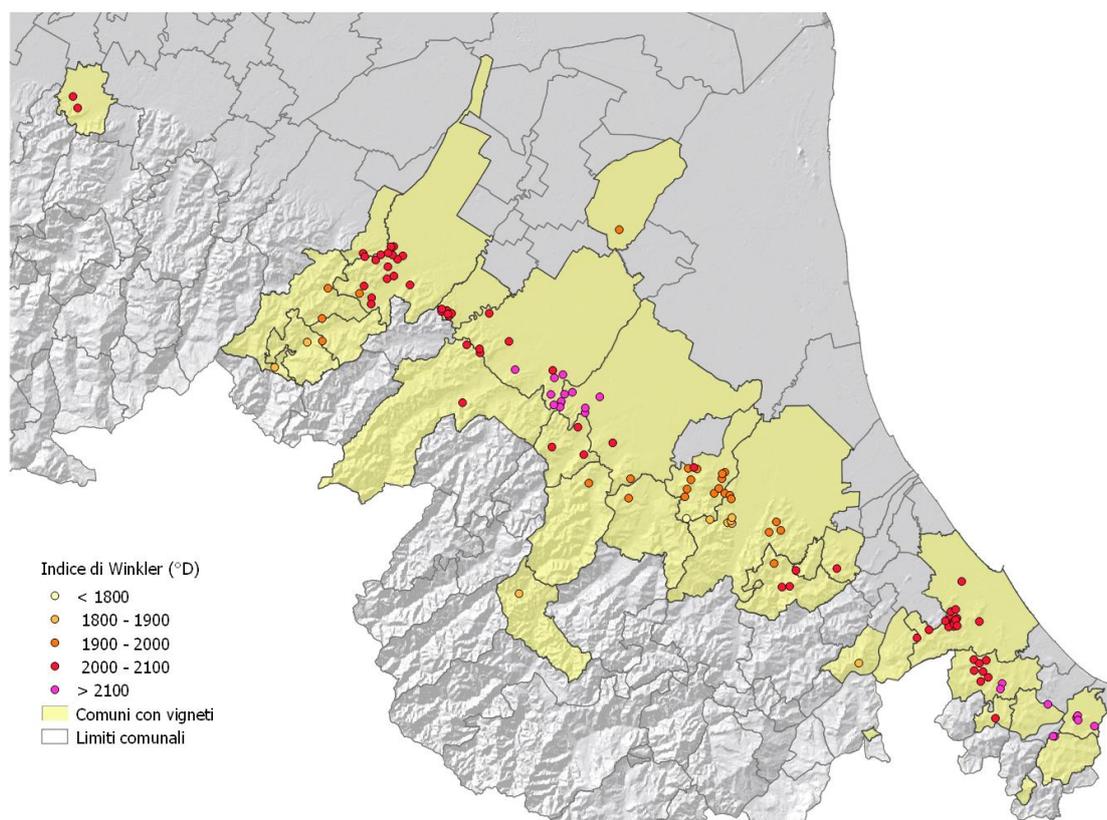


Figura 35: Rappresentazione geografica del valore medio dell'indice di Winkler

5.3 I risultati della Cluster analysis

La *cluster analysis* stata effettuata al fine di classificare il campione dell'indagine secondo gruppi omogenei utili per analizzare la probabilità di innescare taluni comportamenti nei confronti del fenomeno del cambiamento climatico e subire diverse entità di impatti. Nel dettaglio, i gruppi omogenei sono stati costruiti, a partire dal quadro concettuale di riferimento, per raggruppare il campione di aziende sulla base dei seguenti parametri:

1. Caratteristiche strutturali dell'azienda

2. Percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico
3. Certificazione ambientale e di processo

5.3.1 Caratteristiche strutturali dell'azienda

Rispetto alle caratteristiche strutturali dell'azienda, la Tabella 27 mostra le variabili di segmentazione utilizzate e le modalità che queste possono assumere. Sulla base di tali variabili il campione d'indagine viene suddiviso dalla procedura di clustering in tre gruppi omogenei con sufficiente silhouette di coesione e separazione (Figura 36).

Variabili di segmentazione	Modalità
Parcelle vigneti	No
	Sì
Ragione sociale	Impresa Individuale
	Impresa familiare
	Srl
	Spa
	Società di persone
	Cooperativa
	Società semplice
	Società agricola
Dipendenti annuali	No
	Sì
Superficie vitata in ettari	1-5
	6-20
	>21
Raccolta meccanica	No
	Sì
Mercato di destinazione	Nazionale
	Misto

Tabella 27: Variabili di segmentazione del cluster basato sulle caratteristiche strutturali dell'azienda

Cluster TwoStep

Riepilogo del modello

Algoritmo	TwoStep
Input	6
Cluster	3

Qualità cluster

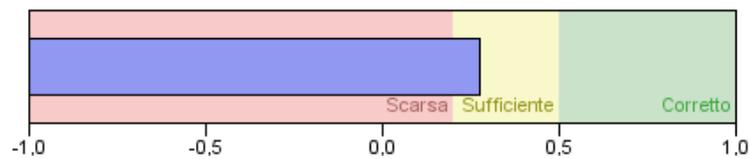


Figura 36: Misura della silhouette di coesione e separazione del cluster basato sulle caratteristiche strutturali dell'azienda

Le aziende appartenenti al primo gruppo hanno a disposizione i vigneti parcellizzati, quindi diffusi nel territorio (70,6%), hanno costituito una Società Agricola (35,5), hanno a disposizione dipendenti annuali nella maggior parte dei casi, possiedono una superficie vitata maggiore di 21 ettari, effettuano la raccolta meccanizzata (100%) e, primariamente, hanno un mercato di destinazione misto, nazionale e internazionale (Tabella 28). Quindi è possibile sostenere che le aziende appartenenti al cluster 1 sono generalmente aziende di grandi dimensioni, ben strutturate e con buona capacità finanziaria, considerata la presenza di dipendente e di macchine per la raccolta meccanizzata.

Le aziende del cluster numero 2 hanno, invece, i vigneti raccolti in un unico appezzamento di terreno (73,3%), sono imprese individuali (80%), nella maggior parte dei casi non hanno dipendenti annuali, hanno un vigneto di estensione compresa tra 1 e 5 ettari, non effettuano la raccolta meccanizzata in nessun caso e destinano i loro prodotti sia su mercati nazionali che internazionali, anche se non in grandi quantità (Tabella 28). Le aziende del cluster 2 sono, quindi, aziende di piccole dimensioni che effettuano la raccolta manuale delle uve e con scarsa capacità di investimento per l'acquisto di macchinari.

Il cluster 3 è caratterizzato da aziende con vigneti parcellizzati e non, generalmente sono società agricole (41,7%), hanno dipendenti annuali (70,8%), gestiscono un vigneto compreso tra i 6 e i 20 ettari, non effettuano raccolta meccanizzata nella maggior parte dei casi, per questioni etiche e di qualità del prodotto piuttosto che per scarsa capacità finanziaria e vendono in un mercato di destinazione misto (Tabella 28). Quindi, le aziende del cluster 3 possono essere classificate come aziende di medie dimensioni con una buona struttura aziendale ma con produttività limitata rispetto alle grandi aziende del territorio.

Nel complesso emerge come, nel territorio oggetto dell'indagine, la maggior parte delle aziende appartengano al cluster numero 3, quindi di medie dimensioni, con dipendenti

annuali e mercato di destinazione nazionale e internazionale (42,9%), seguite dalle aziende di grandi dimensioni, con vigneti parcellizzati e con raccolta meccanizzata (30,4%) e da quelle di piccole dimensioni, con un unico vigneti e senza raccolta meccanizzata (26,8%) (Tabella 29).

Le aziende di medie dimensioni, con dipendenti annuali e mercato di destinazione nazionale e internazionale, sono gestite prevalentemente da personale laureato (45,8%) che segue corsi di formazione e aggiornamento nel 79,2% dei casi (Tabella 29). L'età non risulta esser una variabile esplicativa del raggruppamento dei gruppi omogenei della CLA.

		CLUSTER 1: Aziende grandi, con vigneti parcellizzati e con raccolta meccanizzata (30,4%)						CLUSTER 2: Aziende piccole, con un unico vigneti e senza raccolta meccanizzata (26,8%)		CLUSTER 3: Aziende di medie dimensioni, con dipendenti annuali e mercato di destinazione nazionale e internazionale (42,9%)			
		Conteggio		% numero casi colonna		Conteggio		% numero casi colonna		Conteggio		% numero casi colonna	
Parcelle vigneti	No	5	29,4%	11	73,3%	12	50,0%						
	Sì	12	70,6%	3	20,0%	12	50,0%						
Ragione sociale	Impresa Individuale	5	29,4%	12	80,0%	3	12,5%						
	Impresa familiare	1	5,9%	1	6,7%	1	4,2%						
	Srl	2	11,8%	0	0,0%	3	12,5%						
	Spa	0	0,0%	0	0,0%	1	4,2%						
	Società di persone	3	17,6%	0	0,0%	5	20,8%						
	Cooperativa	0	0,0%	1	6,7%	0	0,0%						
	Società semplice	0	0,0%	1	6,7%	1	4,2%						
	Società agricola	6	35,3%	0	0,0%	10	41,7%						
Dipendenti annuali	No	8	47,1%	9	60,0%	7	29,2%						
	Sì	9	52,9%	6	40,0%	17	70,8%						
Ettari	1-5	0	0,0%	10	66,7%	0	0,0%						
	6-20	5	29,4%	3	20,0%	23	95,8%						
	>21	12	70,6%	2	13,3%	1	4,2%						
Raccolta meccanica	No	0	0,0%	15	100,0%	20	83,3%						
	Sì	17	100,0%	0	0,0%	4	16,7%						
Mercato di destinazione	Nazionale	1	5,9%	4	26,7%	12	50,0%						
	Misto	16	94,1%	11	73,3%	12	50,0%						

Tabella 28: Caratterizzazione del cluster basato sulle caratteristiche strutturali dell'azienda sulla base delle variabili di segmentazione

		Cluster caratteristica aziende					
		CLUSTER 1: Aziende grandi, con vigneti parcellizzati e con raccolta meccanizzata (30,4%)		CLUSTER 2: Aziende piccole, con un unico vigneti e senza raccolta meccanizzata (26,8%)		CLUSTER 3: Aziende di medie dimensioni, con dipendenti annuali e mercato di destinazione nazionale e internazionale (42,9%)	
		Conteggio	% numero casi colonna	Conteggio	% numero casi colonna	Conteggio	% numero casi colonna
Età	26-35	0	0,0%	1	6,7%	4	16,7%
	36-45	5	29,4%	4	26,7%	3	12,5%
	46-55	5	29,4%	7	46,7%	8	33,3%
	46-65	4	23,5%	1	6,7%	4	16,7%
	>65	3	17,6%	1	6,7%	5	20,8%
Titolo di studio	Cooperativa	0	0,0%	1	6,7%	0	0,0%
	Licenza media	4	23,5%	0	0,0%	5	20,8%
	Diploma	7	41,2%	9	64,3%	8	33,3%
	Laurea	5	29,4%	4	28,6%	11	45,8%
	Master	1	5,9%	0	0,0%	0	0,0%
Formazione	Cooperativa	0	0,0%	1	7,1%	0	0,0%
	No	6	35,3%	4	26,7%	5	20,8%
Aggiornamento	Sì	11	64,7%	11	73,3%	19	79,2%

Tabella 29: Caratterizzazione del cluster basato sulle caratteristiche strutturali dell'azienda sulla base delle variabili esplicative

5.3.2 Percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico

La procedura di clusterizzazione in base alla percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico è stata effettuata sulla base delle variabili di segmentazione riportate in Tabella 30 e ha condotto alla creazione di 2 cluster, con sufficiente silhouette di coesione e separazione (Figura 37: Misura della silhouette di coesione e separazione del cluster basato sulla percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico).

La maggior parte degli individui, siano essi appartenenti al cluster 1 o 2, non utilizzano modelli previsionali, anche se si registra un lieve aumento nella frequenza di utilizzo negli individui del cluster 1. Inoltre, gli individui appartenenti al cluster 1 associano con maggiore frequenza alta influenza alle variabili di temperatura (100%), piovosità (94,3%) e siccità (68,6%) (Tabella 31). Mentre gli individui del cluster 2 associano a tali variabili climatiche valori inferiori: media influenza della temperatura nel 61,9% dei casi, alta influenza della piovosità solo nel 66,7% dei casi e media influenza della siccità nel 57,1% dei casi (Tabella 31). Per quanto riguarda gli eventi estremi, in entrambi i cluster il 57,1% degli individui dichiara alta influenza ma è interessante notare come nel 14,3% dei casi del cluster 2 agli eventi estremi venga associato il valore di bassa influenza.

Infine, il 100% degli individui del cluster 1 riconoscono che il cambiamento climatico agisce in maniera diversa in relazione alla tipologia di uva, mentre, nel cluster 2, solo il 52,3% è consapevole di questo aspetto

Variabili di segmentazione	Modalità
Utilizzo modelli previsionali	No
	Sì
Temperatura	Bassa Influenza
	Media Influenza
	Alta Influenza
Piovosità	Bassa Influenza
	Media Influenza
	Alta Influenza
Eventi Estremi	Bassa Influenza
	Media Influenza
	Alta Influenza
Siccità	Bassa Influenza
	Media Influenza
	Alta Influenza
Sensibilità di alcune varietà di uve al cambiamento climatico	No
	Sì

Tabella 30: Variabili di segmentazione del cluster basato sulla percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico

Cluster TwoStep

Riepilogo del modello

Algoritmo	TwoStep
Input	8
Cluster	2

Qualità cluster

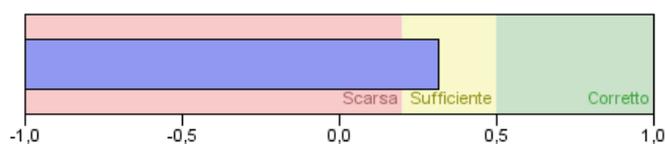


Figura 37: Misura della silhouette di coesione e separazione del cluster basato sulla percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico

A fronte di quanto appena descritto, è possibile concludere che gli individui del cluster 1 hanno una percezione maggiore del fenomeno del cambiamento climatico rispetto a quelli

del cluster 2. Se si analizzano le caratteristiche anagrafiche e socio-economiche dei produttori, è possibile evidenziare che gli individui del cluster 1, quindi più sensibili e consapevoli, sono generalmente (Tabella 32):

- più adulti, quindi con maggiore esperienza personale rispetto agli andamenti climatici degli ultimi anni
- più istruiti: hanno una laurea nel 42, 9% dei casi, rispetto al 55% dei casi del cluster 2 che hanno un diploma superiore
- più formati e aggiornati: l'82,9% dei casi segue corsi di formazione e aggiornamento.

Il campione di indagine è, quindi, suddiviso nel 62,5% di individui con una netta percezione del fenomeno del cambiamento climatico e il 37,5% di individui con una inferiore percezione (Tabella 32).

		Numero cluster TwoStep			
		CLUSTER 1: Produttori con una netta percezione del cambiamento climatico (62,3%)		CLUSTER 2: Produttori con una percezione inferiore del cambiamento climatico (37,5%)	
		Conteggio	% numero casi colonna	Conteggio	% numero casi colonna
Utilizzo modelli previsionali	No	29	82,9%	18	85,7%
	Si	6	17,1%	3	14,3%
Temperatura	Bassa Influenza	0	0,0%	0	0,0%
	Media Influenza	0	0,0%	13	61,9%
	Alta Influenza	35	100,0%	8	38,1%
Piovosità	Bassa Influenza	0	0,0%	0	0,0%
	Media Influenza	2	5,7%	7	33,3%
	Alta Influenza	33	94,3%	14	66,7%
Eventi Estremi	Bassa Influenza	2	5,7%	3	14,3%
	Media Influenza	13	37,1%	6	28,6%
	Alta Influenza	20	57,1%	12	57,1%
Siccità	Bassa Influenza	4	11,4%	0	0,0%
	Media Influenza	7	20,0%	12	57,1%
	Alta Influenza	24	68,6%	9	42,9%
Sensibilità di alcune varietà di uve al cambiamento climatico	No	0	0,0%	10	47,6%
	Si	35	100,0%	11	52,4%

Tabella 31: Caratterizzazione del cluster basata sulla percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico sulla base delle variabili usate

		Percezione			
		CLUSTER 1: Produttori con una netta percezione del cambiamento climatico (62,3%)		CLUSTER 2: Produttori con una percezione inferiore del cambiamento climatico (37,5%)	
		% numero casi		% numero casi	
		Conteggio	colonna	Conteggio	colonna
Età	26-35	4	11,4%	1	4,8%
	36-45	5	14,3%	7	33,3%
	46-55	15	42,9%	5	23,8%
	46-65	4	11,4%	5	23,8%
	>65	6	17,1%	3	14,3%
Titolo di studio	Cooperativa	1	2,9%	0	0,0%
	Licenza media	5	14,3%	4	20,0%
	Diploma	13	37,1%	11	55,0%
	Laurea	15	42,9%	5	25,0%
	Master	1	2,9%	0	0,0%
Formazione	Cooperativa	1	2,9%	0	0,0%
	No	6	17,1%	9	42,9%
Aggiornamento	Sì	29	82,9%	12	57,1%

Tabella 32: Caratterizzazione del cluster basato sulla percezione del produttore rispetto al fenomeno del cambiamento climatico sulla base delle variabili descrittive

5.3.3 Certificazione ambientale e di processo

Il raggruppamento di gruppi omogenei per definire la certificazione ambientale e di processo delle aziende è stato effettuato sulla base delle variabili di segmentazioni riportate in Tabella 33. Il risultato della CLA mostra come la certificazione, la produzione biologica e la conversione della produzione da tradizionale a biologica siano le uniche variabili che distinguono il campione in due cluster separati: il primo gruppo di aziende non ha certificazioni, marchio biologico o è in conversione, mentre il secondo gruppo di aziende presenta la certificazione ambientale e di processo (Tabella 34).

La variabile associata all'implementazione delle pratiche di sostenibile non distingue il campione in gruppi omogenei, nonostante si registra un valore percentuale maggiore per gli individui del cluster 2 (84,2%). È, quindi, possibile distinguere il campione in un gruppo di aziende certificate e biologiche, appartenenti al cluster 2 (33,9%), e un gruppo di aziende non certificate e non biologiche, appartenenti al cluster 1 (66,1%) (Tabella 34).

Questa distinzione è spiegabile grazie ad altre variabili di caratterizzazione (Tabella 35): le aziende del cluster 2, certificate e biologiche, sono in prevalenze azienda di piccole dimensioni (47,4%), con una netta percezione del fenomeno del cambiamento climatico (68,4%), con un'età compresa tra i 46 e i 55 anni (42,1%), diretta da un proprietario in possesso di laurea o master, che frequenta corsi di formazione e/o aggiornamento.

Variabili di segmentazione	Modalità
Certificazione, BIO e in conversione	No
	Sì
Sostenibilità	No
	Sì

Tabella 33: Variabili di segmentazione del cluster basato sulla certificazione ambientale e di processo

		Complete Linkage			
		CLUSTER 1: Aziende non certificate (66,%)		CLUSTER 2: Aziende certificate (33,9%)	
		Conteggio	% numero casi colonna	Conteggio	% numero casi colonna
Certificazione, BIO e in conversione	No	37	100,0%	0	0,0%
	Sì	0	0,0%	19	100,0%
Sostenibilità	No	8	21,6%	3	15,8%
	Sì	29	78,4%	16	84,2%

Tabella 34: Caratterizzazione del cluster basato sulla certificazione ambientale e di processo sulla base delle variabili usate

		Complete Linkage			
		CLUSTER 1: Aziende non certificate (66,%)		CLUSTER2: Aziende certificate (33,9%)	
		Conteggio	% numero casi colonna	Conteggio	% numero casi colonna
Cluster	Azienda grande, con vigneti parcellizzati e con raccolta meccanizzata	13	35,1%	4	21,1%
caratteristica	Azienda piccola, con un unico vigneti e senza raccolta meccanizzata	6	16,2%	9	47,4%
aziende	Azienda di medie dimensioni, con dipendenti annuali e mercato di destinazione nazionale e internazionale	18	48,6%	6	31,6%
Cluster Percezione	Produttori con una netta percezione del cambiamento climatico	22	59,5%	13	68,4%
	Produttori con una percezione inferiore del cambiamento climatico	15	40,5%	6	31,6%
Età	26-35	3	8,1%	2	10,5%
	36-45	6	16,2%	6	31,6%
	46-55	12	32,4%	8	42,1%
	46-65	7	18,9%	2	10,5%
	>65	9	24,3%	0	0,0%
Titolo di studio	Cooperativa	0	0,0%	1	5,3%
	Licenza media	7	19,4%	2	10,5%
	Diploma	18	50,0%	6	31,6%
	Laurea	11	30,6%	9	47,4%
	Master	0	0,0%	1	5,3%
Formazione	Cooperativa	0	0,0%	1	5,3%
	No	11	29,7%	4	21,1%
Aggiornamento	Sì	26	70,3%	15	78,9%
	Totale	37	100,0%	19	100,0%

Tabella 35: Caratterizzazione del cluster basato sulla certificazione ambientale e di processo sulla base delle variabili descrittive

5.4 Test di ipotesi relativamente alla dipendenza tra le variabili

I tre cluster precedentemente strutturati sono funzionali alla costruzione del network Bayesiano per analizzare i comportamenti dei produttori e gli impatti del cambiamento climatico a partire dalle caratteristiche delle aziende e dei produttori. Per rispondere agli obiettivi dell'indagine e verificare la relazione tra le variabili che influenzano la capacità di adattamento delle aziende vitivinicole dell'Emilia-Romagna rispetto al fenomeno del

cambiamento climatico, i cluster basati sulle caratteristiche delle aziende, sulla percezione del cambiamento climatico e sulla certificazione ambientale e di processo sono utilizzati come variabili causali di partenza del modello, partendo dal presupposto che non ci sia una interrelazione tra le suddette variabili. Inoltre, come variabile di partenza causale per la costruzione del modello, si utilizzano la variabilità termica di Winkler e la variabilità associata al surplus idrico. Per verificare l'eventuale dipendenza tra queste variabili di partenza è stato, quindi applicato il test del qui-quadrato, test statistico non parametrico atto a verificare se i valori di frequenza ottenuti tramite rilevazione, sono diversi in maniera significativa dalle frequenze ottenute con la distribuzione teorica. Questo test permette di accettare o rifiutare una data ipotesi.

Le seguenti tabelle (Tabella 36, Tabella 37 e Tabella 38) mostrano a titolo esemplificativo i risultati del test per i valori del cluster delle caratteristiche delle aziende con le altre variabili di riferimento: percezione, la certificazione ambientale e di processo, variabilità di Winkler e variabilità di surplus idrico. I risultati dimostrano che la dipendenza tra queste variabile non è significativa, in quanto superiore a 0.05.

Test chi-quadrato di Pearson

		Caratteristica delle aziende
Percezione	Chi-quadrato	,316
	gl	2
	Sign.	,854

I risultati sono basati sulle righe e sulle colonne non vuote in ogni sottotabella più interna.

Tabella 36: Test chi-quadrato per valutare la dipendenza tra i cluster di caratteristica delle aziende e percezione

Test chi-quadrato di Pearson

		Caratteristica delle aziende
Certificazione ambientale e di processo	Chi-quadrato	6,222
	gl	2
	Sign.	,045*

I risultati sono basati sulle righe e sulle colonne non vuote in ogni sottotabella più interna.

*. La statistica chi-quadrato è significativa al livello ,05.

Tabella 37: Test chi-quadrato per valutare la dipendenza tra i cluster di caratteristica delle aziende e la certificazione ambientale e di processo

		Caratteristica delle aziende
Winkler	Chi-quadrato	,763
	gl	2
	Sign.	,683
Surplus_idrico	Chi-quadrato	1,325
	gl	2
	Sign.	,515

I risultati sono basati sulle righe e sulle colonne non vuote in ogni sottotabella più interna.

Tabella 38: Test chi-quadrato per valutare la dipendenza tra i cluster di caratteristica delle aziende e variabilità di Winkler e surplus idrico

Anche i valori del test di dipendenza tra le altre variabili di interesse, ossia tra i cluster sulla percezione del produttore e sulla certificazione ambientale e di processo e i valori di variabilità di Winkler e surplus idrico sono risultati non significativi.

In definitiva, i risultati del test di ipotesi dimostrano come non ci sia una dipendenza significativa tra le variabili di interesse. Alla luce di questo risultato, le variabili analizzate tramite il test possono essere utilizzate come variabili di partenza/casuali del modello Bayesiano.

5.5 I risultati della Bayesian network analysis

Il Bayesian network dell'indagine è stato costruito a partire dai risultati del questionario, alcuni dei quali aggregati tramite la procedura della *cluster analysis*, e dall'analisi dei dati climatici calcolati a livello di ciascun vigneto. Lo stato, la fonte e le assunzioni che stanno alla base delle variabili del modello sono riportate nella Tabella 39.

La struttura del Bayesian network risponde al quadro concettuale di riferimento (par.4.1) al fine indagare le relazioni tra le variabili che influenzano la capacità di adattamento delle aziende vitivinicole che producono Sangiovese in Emilia-Romagna e verificare le cinque ipotesi di ricerca identificate. Il network Bayesiano è stato, quindi, costruito su tre grandi blocchi (Figura 14):

1. I fattori che influenzano la capacità di implementare le pratiche di adattamento utili a salvaguardare la produzione rispetto agli effetti del cambiamento climatico:
 - Le caratteristiche dell'azienda
 - La percezione del produttore rispetto al cambiamento climatico
 - La certificazione ambientale e di processo

- La variabilità climatica registrata a livello di vigneto negli ultimi 15 anni
2. Il numero delle pratiche di adattamento implementate in annate calde, secche e piovose
 3. La capacità di adattamento delle aziende vitivinicole, descritta da due principali fattori:
 - Gli impatti (resa, gradazione alcolica, costi in vigna e in cantina) in annate calde, secche e piovose
 - Le strategie di lungo periodo per fronteggiare il cambiamento climatico in futuro

Oltre a questi fattori, il modello Bayesiano dell'indagine prevede di analizzare quali fattori condizionano la capacità di mettere in pratica una serie di pratiche (Pratiche di adattamento non effettuate).

Variabile	Stato	Fonte	Assunzioni per il BN
Caratteristiche dell'azienda	Piccola Media Grande	Domande del questionario numero: 8.6, 8.7, 8.9, 8.10, 8.13	Azienda piccola, con un unico vigneti e senza raccolta meccanizzata Azienda di medie dimensioni, con dipendenti annuali e mercato di destinazione nazionale e internazionale Azienda grande, con vigneti parcellizzati e con raccolta meccanizzata
Percezione	Netta percezione Inferiore percezione	Domande del questionario numero: 4.1, 4.6	Produttori con una netta percezione del cambiamento climatico Produttori con una percezione inferiore del cambiamento climatico
Certificazione ambientale e di processo	Non certificati Certificati	Domande del questionario numero: 3.1, 3.3, 3.4, 3.5	Aziende non certificate e che non hanno e non intendono convertirsi alla produzione biologica Aziende certificate, biologiche e in fase di conversione da produzione tradizionale e biologica
Variabilità Winkler	Alta Bassa	Analisi dei dati climatici (ARPAE)	Valori di deviazione standard dell'indice di Winkler, calcolati per il periodo 2001-2016, superiori (Alta) o inferiori (Bassa) alla mediana calcolata per l'insieme dei vigneti oggetto dell'indagine
Variabilità surplus idrico	Alta Bassa	Analisi dei dati climatici (ARPAE)	Valori di deviazione standard del surplus idrico, calcolati per la fase di maturazione delle uve (settembre-ottobre) per il periodo 2001-2016, superiori (Alta) o inferiori (Bassa) alla mediana calcolata per l'insieme dei vigneti oggetto dell'indagine
Numero di pratiche annate calde	Nessuna Poche Molte	Domanda del questionario numero: 4.8	Valori aggregati del numero di pratiche che i produttori hanno implementato in un'annata calda. Nessuna: non hanno implementato alcuna pratica Poche: hanno implementato tra 1 e 3 pratiche Molte: hanno implementato tra 4 e 6 pratiche
Numero di pratiche annate secche	Nessuna Poche Molte	Domanda del questionario numero: 4.8	Valori aggregati del numero di pratiche che i produttori hanno implementato in un'annata secca. Nessuna: non hanno implementato alcuna pratica Poche: hanno implementato tra 1 e 3 pratiche Molte: hanno implementato tra 4 e 6 pratiche
Numero di pratiche annate piovose	Nessuna Poche Molte	Domanda del questionario numero: 4.8	Valori aggregati del numero di pratiche che i produttori hanno implementato in un'annata piovosa. Nessuna: non hanno implementato alcuna pratica Poche: hanno implementato tra 1 e 3 pratiche Molte: hanno implementato tra 4 e 6 pratiche
Impatti resa annata calda	Riduzione Nessuna	Domanda del questionario numero: 5.1	Riduzione: valori registrati minori di 0 Nessuna: valori registrati pari a 0
Impatti gradazione alcolica annata	Riduzione Nessuna	Domanda del questionario numero: 5.1	Riduzione: valori registrati minori di 0 Nessuna: valori registrati pari a 0

calda	Aumento		Aumento: valori registrati maggiori di 0
Impatti costi annata calda	Riduzione Nessuna Aumento	Domanda del questionario numero: 5.1	Riduzione: valori registrati minori di 0 Nessuna: valori registrati pari a 0 Aumento: valori registrati maggiori di 0
Impatti resa annata secca	Riduzione Nessuna Aumento	Domanda del questionario numero: 5.1	Riduzione: valori registrati minori di 0 Nessuna: valori registrati pari a 0 Aumento: valori registrati maggiori di 0
Impatti gradazione alcolica annata secca	Riduzione Nessuna Aumento	Domanda del questionario numero: 5.1	Riduzione: valori registrati minori di 0 Nessuna: valori registrati pari a 0 Aumento: valori registrati maggiori di 0
Impatti costi annata secca	Riduzione Nessuna Aumento	Domanda del questionario numero: 5.1	Riduzione: valori registrati minori di 0 Nessuna: valori registrati pari a 0 Aumento: valori registrati maggiori di 0
Impatti resa annata piovosa	Riduzione Nessuna Aumento	Domanda del questionario numero: 5.1	Riduzione: valori registrati minori di 0 Nessuna: valori registrati pari a 0 Aumento: valori registrati maggiori di 0
Impatti gradazione alcolica annata piovosa	Riduzione Nessuna	Domanda del questionario numero: 5.1	Riduzione: valori registrati minori di 0 Nessuna: valori registrati pari a 0
Impatti costi annata piovosa	Nessuno Aumento	Domanda del questionario numero: 5.1	Nessuna: valori registrati pari a 0 Aumento: valori registrati maggiori di 0
Strategie di lungo periodo	Sì No	Domanda del questionario numero: 7.1	Sì: il produttore dichiara di prevedere di dover implementare strategie di lungo periodo per adattare la produzione in futuro No: il produttore dichiara di non prevedere di dover implementare strategie di lungo periodo per adattare la produzione in futuro
Pratiche di adattamento non effettuate	Sì No	Domande del questionario numero: 4.9	Sì: il produttore dichiara che avrebbe voluto implementare talune pratiche di adattamento ma non ha potuto per una serie di motivi No: il produttore dichiara che ha implementato tutte le pratiche di adattamento che riteneva necessarie

Tabella 39: Lo stato, la fonte e le assunzioni che stanno alla base delle variabili del modello Bayesiano

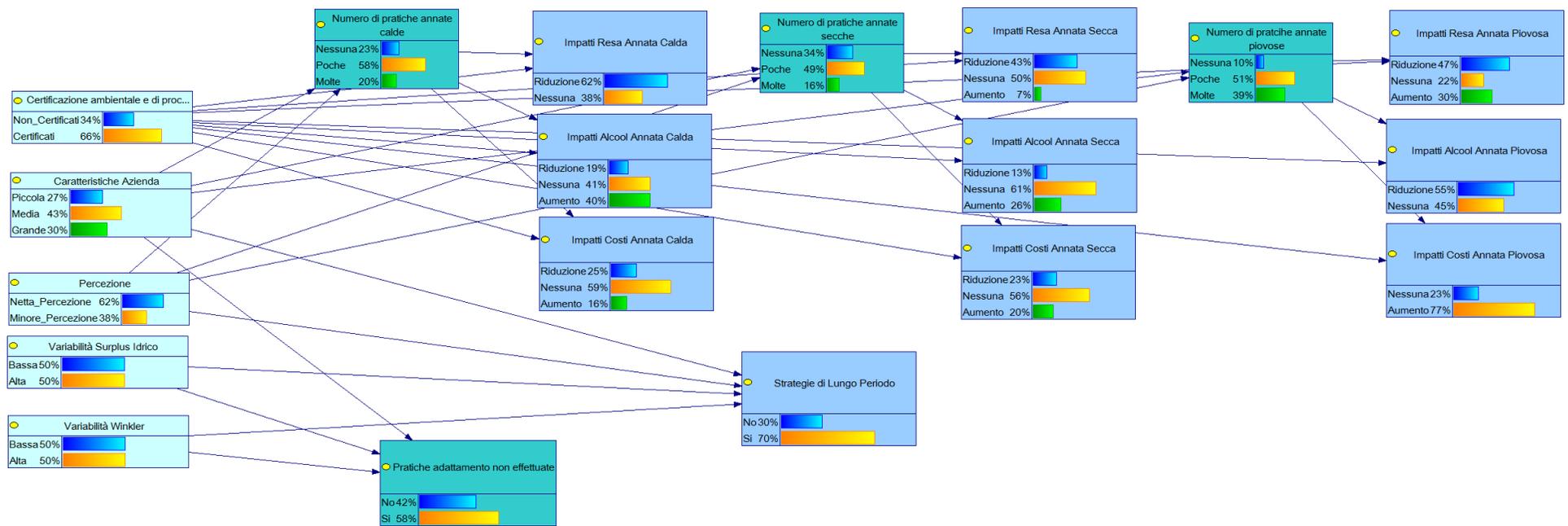


Figura 38: La struttura del network Bayesiano dell'indagine

La relazione tra il numero delle pratiche di adattamento messe in atto dai vitivinicoltori e l'entità degli impatti del cambiamento climatico, sia livello agronomico (resa e gradazione alcolica) che economico (costi di produzione in vigna e in cantina) è rappresentata nella Tabella 40.

Nelle annate calde l'implementazione di un numero maggiore di pratiche di adattamento potrebbe non comportare una riduzione degli impatti sulla resa e sulla gradazione alcolica. In particolare, dal modello emerge una maggiore probabilità di ridurre la resa (68%) e aumentare la gradazione alcolica (67%), mentre i costi registrano una variazione nulla con una probabilità del 74%. Questo aspetto potrebbe essere spiegato che, in annate calde, le pratiche che possono essere messe in campo dai produttori sono poco costose ma inefficienti, in quanto la possibilità di ridurre gli impatti negativi è collegato principalmente alla disponibilità dell'azienda di un sistema di irrigazione.

La probabilità maggiore di ridurre i costi di produzione, pari al 45%, è, invece, associata alla mancata implementazione di pratiche di adattamento, quota che si riduce con l'aumento del numero di pratiche.

Nelle annate secche, un numero maggiore di pratiche è associato ad una maggiore probabilità di aumentare le rese (13%), rispetto all'implementazione di un numero di pratiche inferiore o nulle, così come ridurre l'impatto negativo sulla gradazione alcolica, registrando una variazione nulla con una probabilità del 69%. Per quanto riguarda i costi, la scelta di implementare un numero maggiore di pratiche di adattamento potrebbe essere associata ad un aumento dei costi (26%) mentre la maggiore probabilità di mantenere costanti i costi di produzione è associata alla scelta di non implementare alcuna pratica di adattamento (64%).

Nelle annate piovose un numero elevato di pratiche potrebbe assicurare una mancata riduzione delle rese, con una probabilità del 44% di registrare un aumento della produzione in termini quantitativi ma registra comunque una marcata riduzione nella gradazione alcolica (70%). La probabilità di ridurre gli impatti sulla gradazione alcolica è invece associata all'implementazione di un numero medio di pratico (58%), in quanto, come per le annate calde, l'efficacia delle pratiche è primariamente correlata alla possibilità di usufruire della risorsa idrica. L'incremento dei costi è direttamente proporzionale al numero di pratiche di adattamento messe in atto, quindi a maggiori pratiche una maggiore probabilità, pari all'87%, di incrementare i costi di produzione.

La relazione tra le caratteristiche aziendali e l'implementazione di pratiche e strategie di adattamento volte a fronteggiare il cambiamento climatico è rappresentata in Tabella 41.

Le aziende di grandi dimensioni registrano una maggiore probabilità di mettere in atto un numero maggiore di pratiche di adattamento, nel dettaglio: 19% nelle annate calde, 25% nelle annate secche e 56% nelle annate piovose. Questo aspetto potrebbe essere correlato alla maggiore capacità organizzativa, gestionale e finanziaria che le differenzia dalle aziende di minori dimensioni. Inoltre è necessario considerare che la maggior presenza di vigneti parcellizzati nelle aziende di grandi dimensioni possono subire effetti eterogenei del cambiamento climatico e, quindi, impongono all'azienda un numero maggiore di pratiche di adattamento. Tuttavia, è

interessante osservare come le aziende di piccole dimensioni registrino una probabilità del 34% di implementare un numero elevato di pratiche di adattamento nelle annate calde. Questo potrebbe essere spiegato con la necessità di compensare la mancanza di un sistema di irrigazione con pratiche colturali, di gestione del suolo e di variazione nelle date di raccolta.

In linea con quest'ultima considerazione e con la maggior capacità delle aziende di grandi dimensioni di implementare maggiori pratiche, si evidenzia come le aziende di piccole e medie dimensioni dichiarino, con una probabilità rispettivamente del 61% e 62%, maggiore difficoltà di mettere in atto le pratiche di adattamento a causa, principalmente dei costi elevati, delle difficoltà organizzative e delle incapacità di prevedere i fenomeni climatici con bassi livelli di incertezza.

Riguardo alle prospettive di lungo periodo, invece, è interessante evidenziare che le aziende di grandi dimensioni, sempre considerata la maggiore capacità finanziaria e di investimento, prevedono con una probabilità pari al 75% di dover adottare strategie di adattamento per salvaguardare la produzione in futuro, seguite da quelle di piccole dimensioni che registrano una probabilità del 69%. Questo aspetto dimostra come anche le aziende di piccole dimensioni percepiscono l'importanza di adottare strategie di adattamento per assicurare buone performance aziendali in futuro. Tali strategie, per tutte le tipologie aziendali, ricadono principalmente sulla modifica delle pratiche colturali di lungo periodo e sugli investimenti in campo, primo tra i quali l'impianto di irrigazione per fronteggiare le annate calde e siccitose.

La relazione tra la percezione del cambiamento climatico del produttore e l'implementazione di pratiche e strategie di adattamento volte a fronteggiare il cambiamento climatico è rappresentata in Tabella 41.

Dai risultati del modello la percezione risulta essere un fattore che potrebbe non incidere in maniera significativa sul numero di pratiche di adattamento che i vitivinicoltori mettono in atto. Si registra, infatti, un incremento solo di qualche punto percentuale nella frequenza di un numero maggiore di pratiche da coloro che hanno una maggiore percezione del fenomeno del cambiamento climatico. Una differenza evidente si manifesta, invece, nell'intenzione di mettere in atto strategie di lungo periodo: i produttori con una netta percezione dovrebbero prevedere, con una probabilità pari al 83% di dover fronteggiare gli effetti del cambiamento climatico implementando strategie di lungo periodo, rispetto a quelli con una percezione inferiore, che registrano una visione di lungo periodo con una probabilità solo del 48%.

La relazione tra la variabilità climatica locale e l'implementazione di strategie di lungo periodo è rappresentata in Tabella 41.

La variabilità climatica, calcolata nell'arco degli ultimi 15 anni, non ha dimostrato relazioni con le pratiche di adattamento che i produttori implementano in annate difficili dal punto di vista climatico. Questo a dimostrazione del fatto che i vitivinicoltori reagiscono alle problematiche climatiche adattando le proprie tecniche di produzione giorno per giorno, in forma reattiva.

Invece, è chiara la relazione tra la variabilità climatica registrata negli ultimi anni e l'adattamento preventivo previsto per il futuro. In particolare questa relazione è evidente per l'indice di

Winkler, quindi per la variabile di temperatura, e per il surplus idrico, quindi l'eccesso di piovosità durante la fase di maturazione dell'uva. I risultati del modello Bayesiano dimostrano, infatti, come, in condizioni di alta variabilità per entrambe le variabili si registra una maggiore probabilità di prevedere strategie di lungo periodo, rispettivamente il 75% per la variabilità di Winkler e il 71% per la variabilità associata al surplus idrico.

Lo stesso risultato si ottiene integrando i due valori di variabilità, di Winkler e di surplus idrico: in condizioni di bassa variabilità la probabilità che il produttore debba implementare strategie di lungo periodo è pari al 65% (Figura 39), questa probabilità si alza fino al 79% in condizioni di alta variabilità climatica (Figura 40). La scelta delle strategie di adattamento che, con maggiore probabilità, dovranno essere implementate in futuro, ricade sulla modifica delle pratiche agricole/agronomiche di lungo periodo e gli investimenti in campo, come i sistemi di irrigazione, e/o l'assicurazione per salvaguardare la produzione dai possibili danni causati dal cambiamento climatico.

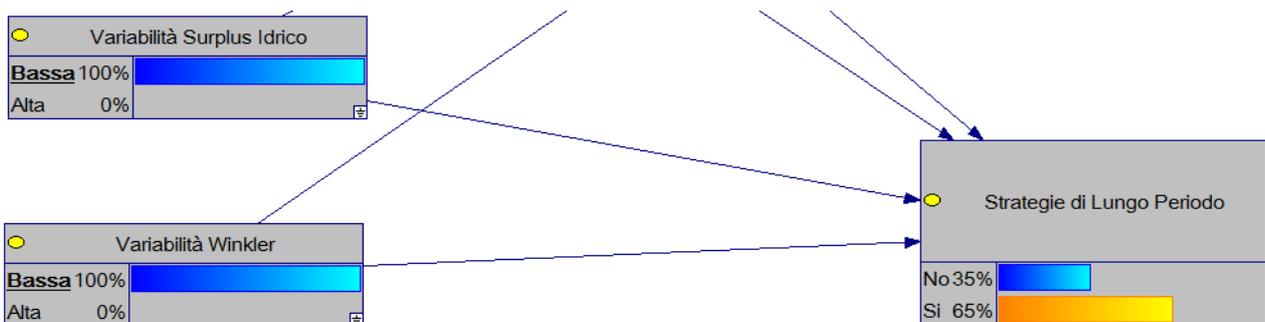


Figura 39: La relazione tra bassi valori di variabilità climatica e l'implementazione di strategie di lungo periodo

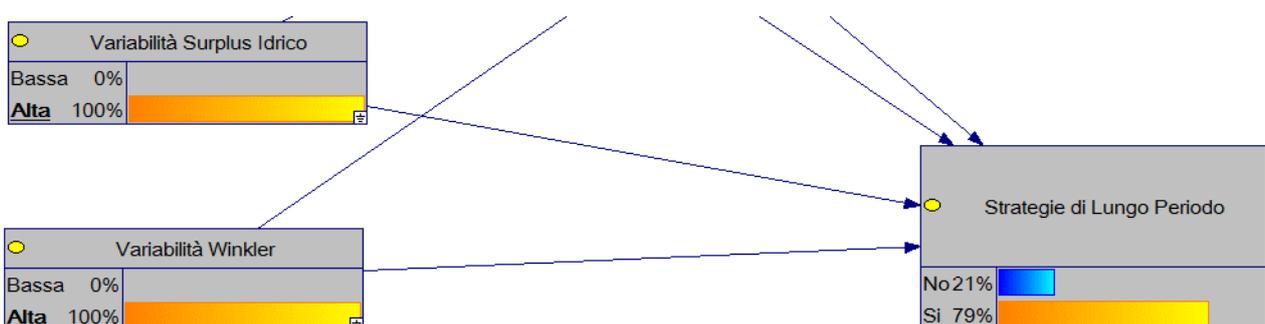


Figura 40: La relazione tra alti valori di variabilità climatica e l'implementazione di strategie di lungo periodo

La relazione tra la certificazione ambientale e di processo delle aziende e l'entità degli impatti del cambiamento climatico è riportata in Tabella 42.

I risultati del modello mostrano come la certificazione ambientale e di processo delle aziende, basata sulla certificazione oppure sulla produzione e/o conversione a sistema di produzione biologico, non dimostra una chiara relazione con gli impatti del cambiamento climatico.

Infatti, nelle annate calde, la vocazione ambientale non rappresenta un vantaggio competitivo in quanto le aziende certificate potrebbero subire, con maggiore probabilità, gli effetti negativi del cambiamento climatico, registrando una maggiore riduzione delle rese (72%), maggiore riduzione della gradazione alcolica (25%) e l'aumento dei costi di produzione (19%) nelle annate calde. Nelle annate secche, invece, le aziende "sostenibili" dovrebbero registrare minori impatti sulla gradazione alcolica (71%) e sui costi (59%), mentre nelle annate piovose i costi risulterebbero essere maggiori rispetto alle aziende non certificate (80%).

Questo aspetto può essere spiegato in quanto la certificazione ambientale di un'azienda aggrega valore al prodotto finale, in termini di immagine del prodotto e dell'azienda. Infatti, l'impegno "etico" di un'impresa è entrato direttamente nella cosiddetta catena del valore prospettando l'utilizzo di nuovi percorsi e leve competitive coerenti con uno "sviluppo sostenibile" per la collettività ed è divenuto di fondamentale importanza l'attività verso tutti gli stakeholders tra cui i cittadini, i quali esigono ormai un impegno quotidiano e credibile, frutto di una precisa politica manageriale e di un sistema aziendale organizzato a tal fine. D'altro canto i risultati di questa indagine dimostrano come la certificazione ambientale e di processo delle aziende non è correlata alla capacità tecnico, gestionale e finanziaria di un'azienda di fronteggiare gli impatti del cambiamento climatico in vigna e in cantina.

Solo se le preoccupazioni ambientali si traducono in azioni strategiche come lo sviluppo di un nuovo prodotto, l'ubicazione di nuovi impianti di produzione, l'aumento degli investimenti in ricerca e sviluppo, lo sviluppo tecnologico e cambiamenti nella progettazione del prodotto e del processo, queste possono assicurare una maggior capacità di adattamento nei confronti del cambiamento climatico.

		IMPATTI								
		RESA			GRADAZIONE ALCOLICA			COSTI		
		RIDUZIONE	NESSUNA	AUMENTO	RIDUZIONE	NESSUNA	AUMENTO	RIDUZIONE	NESSUNA	AUMENTO
PRATICHE ANNATE CALDE	Nessuna	53%	47%	-	45%	40%	15%	45%	40%	15%
	Poche	64%	36%	-	12%	47%	42%	21%	62%	17%
	Molte	68%	32%	-	8%	25%	67%	13%	74%	13%
PRATICHE ANNATE SECCHHE	Nessuna	21%	74%	5%	20%	63%	17%	20%	64%	17%
	Poche	53%	41%	6%	8%	56%	36%	21%	57%	21%
	Molte	57%	30%	13%	13%	69%	19%	37%	37%	26%
PRATICHE ANNATE PIOVOSE	Nessuna	55%	22%	23%	66%	34%	-	-	50%	50%
	Poche	56%	22%	22%	42%	58%	-	-	26%	74%
	Molte	34%	23%	44%	70%	30%	-	-	13%	87%

Tabella 40: La relazione tra il numero delle pratiche di adattamento messe in atto dai vitivinicoltori e l'entità degli impatti del cambiamento climatico

		PRATICHE DI ADATTAMENTO									INCAPACITÀ DI EFFETTUARE TALUNE PRATICHE		STRATEGIE DI LUNGO PERIODO	
		ANNATE CALDE			ANNATE SECHE			ANNATE PIOVOSE						
		Nessuna	Poche	Molte	Nessuna	Poche	Molte	Nessuna	Poche	Molte	No	Sì	No	Sì
CARATTERISTICHE AZIENDA	Piccola	27%	39%	34%	40%	39%	22%	10%	57%	33%	39%	61%	31%	69%
	Media	34%	56%	10%	42%	52%	6%	15%	56%	29%	38%	62%	34%	66%
	Grande	3%	77%	19%	19%	55%	25%	3%	40%	56%	49%	51%	25%	75%
PERCEZIONE	Netta	21%	58%	21%	31%	50%	19%	8%	52%	40%	-	-	17%	83%
	Inferiore	26%	57%	17%	39%	49%	12%	14%	50%	37%	-	-	52%	48%
VARIABILITÀ WINKLER	Bassa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36%	64%
	Alta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25%	75%
VARIABILITÀ SURPLUS IDRICO	Bassa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32%	68%
	Alta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29%	71%

Tabella 41: La relazione tra le caratteristiche aziendali, la percezione del fenomeno del cambiamento climatico, e la variabilità climatica con l'implementazione di pratiche e strategie di adattamento volte a fronteggiare il cambiamento climatico

			IMPATTI								
			RESA			GRADAZIONE ALCOLICA			COSTI		
			RIDUZIONE	NESSUNA	AUMENTO	RIDUZIONE	NESSUNA	AUMENTO	RIDUZIONE	NESSUNA	AUMENTO
CERTIFICAZIONE AMBIENTALE E DI PROCESSO	Certificati	ANNATE CALDE	72%	28%	-	25%	39%	36%	31%	50%	19%
	Non certificati		44%	56%	-	6%	45%	50%	17%	75%	9%
	Certificati	ANNATE SECCHIE	46%	46%	8%	13%	71%	16%	24%	59%	17%
	Non certificati		36%	59%	6%	13%	41%	46%	23%	50%	27%
	Certificati	ANNATE PIOVOS E	46%	22%	32%	53%	47%	-	-	20%	80%
	Non certificati		51%	22%	27%	59%	41%	-	-	30%	70%

Tabella 42: La relazione tra la certificazione ambientale e di processo delle aziende e l'entità degli impatti del cambiamento climatico

I risultati del modello Bayesiano confermano in parte i risultati attesi dell'indagine e previsti dall'analisi di sensitività, svolta al fine di identificare quali sono gli input che influiscono maggiormente sugli output.

In particolare, è confermata la relazione tra le caratteristiche aziendali la capacità di implementare le pratiche di adattamento nelle annate calde, secche e piovose. Questa relazione è supportata anche dai risultati dell'analisi di sensitività che dimostra come le caratteristiche aziendali siano il principale fattore strutturale a influenzare il numero di pratiche di adattamento, rispetto alla percezione del produttore del cambiamento climatico (Figura 41). È, inoltre, interessante evidenziare come dall'analisi della sensitività emerga che tale relazione è più marcata nelle annate calde (9,33%) mentre sia inferiore nelle annate piovose (3,75%) quando la scelta delle pratiche di adattamento ricade quasi esclusivamente sulla quantità e sulla tipologia dei trattamenti fitosanitari. In linea con questo aspetto, l'analisi di sensitività mostra come l'impossibilità di implementare talune pratiche di adattamento sia prevalentemente influenzata dalla variabilità associata al surplus idrico, quindi all'elevata piovosità durante la fase di maturazione, seguita dalle caratteristiche dell'azienda e dalla variabilità termica (Figura 42).

L'analisi di sensitività per verificare quali variabili influenzano maggiormente la volontà dei produttori di implementare strategie di lungo periodo dimostra come questa sia prevalentemente influenzata dalla variabilità termica, seguita dalle caratteristiche aziendali e, solo in ultimo step, dalla variabilità del surplus idrico (Figura 43). Questo contrasta in parte con il risultato atteso da letteratura secondo cui le aziende che subiscono una maggiore variabilità climatica hanno una visione più chiara del problema del cambiamento climatico nel lungo periodo, quindi sono più propense ad implementare strategie di adattamento.

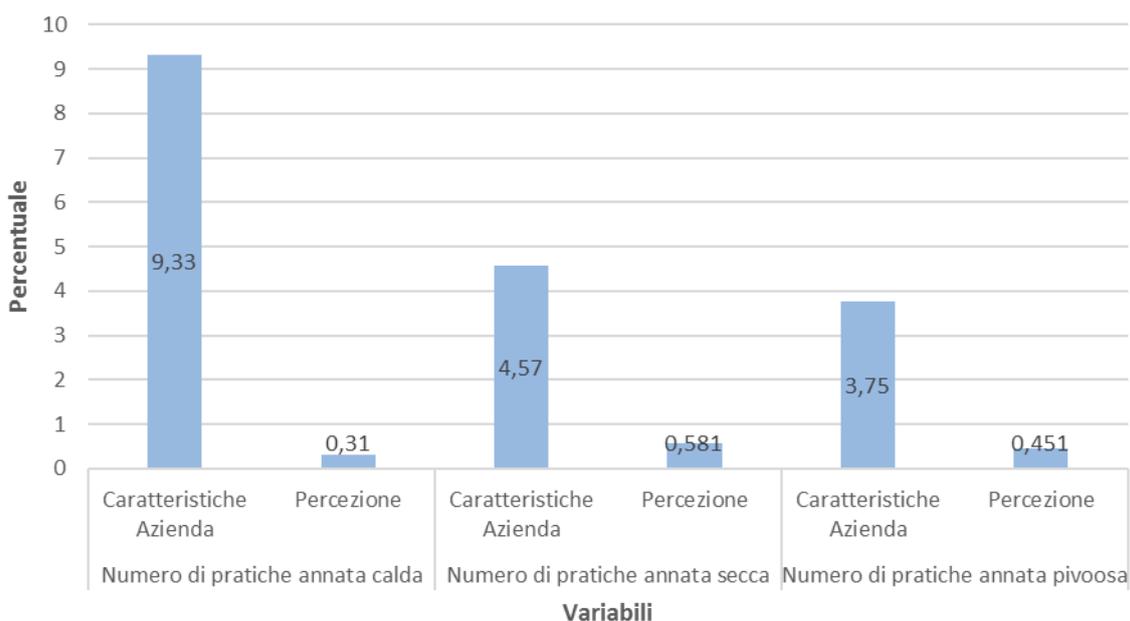


Figura 41: I risultati dell'analisi di sensitività del modello Bayesiano per testare l'influenza delle variabili strutturali sul numero di pratiche implementate nelle annate di riferimento

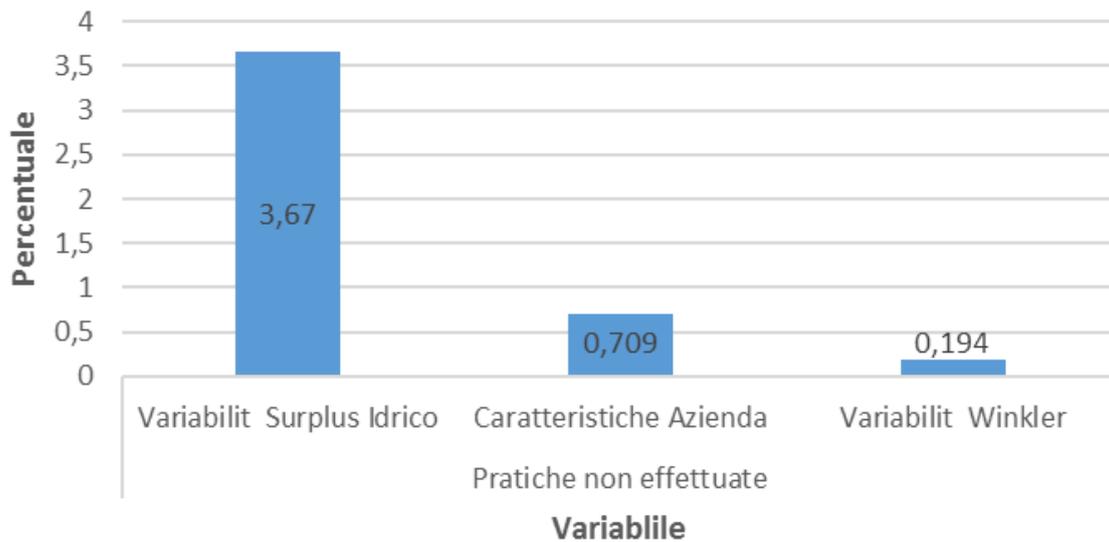


Figura 42: I risultati dell'analisi di sensitività del modello Bayesiano per testare l'influenza delle variabili sulla impossibilità di effettuare talune pratiche di adattamento

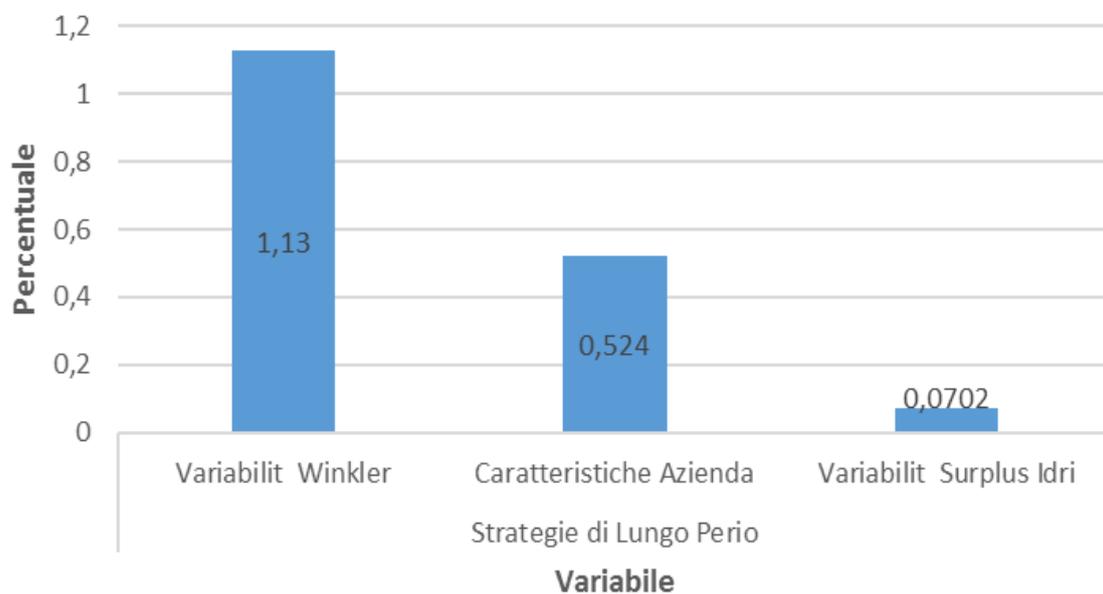


Figura 43: I risultati dell'analisi di sensitività del modello Bayesiano per testare l'influenza delle variabili sulle strategie di lungo periodo

Rispetto ai risultati attesi, inoltre, il modello ha dimostrato che le pratiche di sostenibilità e la certificazione ambientale e di processo non presentano una relazione positiva con la competitività aziendale, come previsto dall'approccio del Life Cycle thinking, e che in condizioni di alta variabilità climatica gli impatti negativi, così come le pratiche, non registrano valori maggiori. Quest'ultimo

aspetto può essere spiegato dal fatto che sarebbe necessario implementare l'indagine inserendo ulteriori valori significativi per spiegare la relazione tra variabilità e impatti del cambiamento climatico come la tipologia di suolo e il calcolo delle finestre temporali di sensibilità climatica della vite per ciascuna annata.

Riguardo all'analisi della sensibilità, questa dimostra che, mano a mano che i nodi del network si allontanano, le relazioni causa-effetto perdono di significatività. Le cause possono essere molteplici: il campione potrebbe non essere sufficientemente ampio, le variabili potrebbero essere state selezionate non nel migliore dei modi, le risposte del questionario potrebbero non sempre essere corrette, gli intervistati potrebbero non aver compreso a pieno le domande.

CONCLUSIONI

L'indagine svolta ha inteso valutare la capacità di adattamento al cambiamento climatico da parte delle imprese del settore agroalimentare, con particolare riferimento alle aziende vitivinicole dell'Emilia-Romagna che producono Sangiovese.

Il cambiamento climatico rappresenta, infatti, una delle principali sfide che l'agricoltura dovrà affrontare nelle prossime decadi. Gli impatti associati alle alte temperature, a fenomeni alterati di precipitazione e alla maggiore frequenza di eventi estremi, influiscono nella diminuzione dei rendimenti e nell'incremento dei rischi di produzione in molte regioni del mondo, allargando il divario tra paesi ricchi e poveri (IPCC, 2001a, b; Fischer et al. 2005). Il cambiamento climatico può inoltre modificare il tipo, le frequenze, la disponibilità e tempi di approvvigionamento idrico di irrigazione e accentuare i fenomeni di erosione del suolo e l'intensità di vari parassiti vegetali e animali.

Nel settore vitivinicolo, in particolare, il rischio climatico e gli aspetti economici sono strettamente correlati. Il clima influenza direttamente sia rendimenti e qualità del prodotto finale sia i prezzi e i ricavi delle aziende (Galbreath et al. 2013), mentre le pressioni del mercato costringono i produttori a mantenere sempre elevati standard di qualità del vino al fine di soddisfare la domanda dei consumatori.

Le principali variabili climatiche che influenzano la produzione sono la temperatura e le precipitazioni in quanto direttamente correlate alla qualità del prodotto finale. In particolare, la capacità di maturazione dell'uva e lo sviluppo di zuccheri e aromi sono determinati dalla temperatura media durante la stagione di crescita (Jones et al. 2005; Jones e Alves 2012). Temperature più elevate possono portare a un eccesso di maturazione, secchezza, maggiore acidità e una maggiore vulnerabilità alle malattie ed ai parassiti, tutti elementi che influiscono sulla qualità del vino (Metzger e Rousenvell 2011). Per quanto riguarda la disponibilità di acqua, è necessario considerare che la qualità del vino dipende direttamente dal contenuto d'acqua e dalla sua disponibilità durante la stagione di crescita, con o senza adeguati sistemi di irrigazione. Tuttavia, la vite è una coltura in grado di adattarsi alla carenza idrica, mentre un eccesso può portare alla proliferazione di parassiti e malattie (Deloire et al. 2004). Allo stesso tempo, scarsi livelli di acqua possono ridurre le rese e modificare la qualità del prodotto finale (Vink et al., 2012).

Tali fattori climatici influiscono, però, in misura differente in relazione alle diverse varietà, che si caratterizzano su un *range* di valori ideali in termini di temperature minime necessarie per raggiungere la maturità (Indice di Winkler) (Olanda e Smit 2010). Nel corso della storia i vitivinicoltori si sono, infatti, adattati alle condizioni climatiche producendo una vasta gamma di vini in conformità con le loro caratteristiche della regione specifica (Bardaji & Iraizoz, 2014).

L'adattamento ai cambiamenti climatici rappresenta uno degli assi prioritari nelle strategie di sviluppo dell'Unione Europea, come si evince dai Libri Verde e Bianco e dalla definizione nel 2013 di una Strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici. L'adattamento dipende, però, direttamente dalla capacità di adattamento, ossia la capacità di un sistema di recuperare o adattarsi (*cooping* o resilienza) alle mutevoli condizioni esterne. In questa indagine, che focalizza l'attenzione a livello aziendale, la capacità di adattamento si riferisce alla capacità dell'azienda vitivinicola di ridurre gli impatti negativi del cambiamento climatico (adattamento tattico e reattivo) e prevedere il cambiamento per salvaguardare la produzione in futuro (adattamento strategico e preventivo).

Per valutare, quindi, la capacità di adattamento delle aziende e raggiungere gli obiettivi di ricerca, sulla scorta della letteratura economica esistente, è stato formulato un quadro concettuale di riferimento e sono state identificate cinque ipotesi di ricerca, volte ad indagare i principali fattori che influiscono sulla capacità di adattamento ed alle relazioni esistenti tra di essi. Poiché l'approccio seguito è prevalentemente di tipo olistico, la ricerca ha considerato molteplici fattori che riguardano la struttura delle imprese, la percezione del cambiamento climatico da parte dei produttori, la certificazione ambientale e di processo, la variabilità climatica e il numero di pratiche di adattamento implementate in annate sensibili.

Tali aspetti sono stati indagati mediante una indagine empirica focalizzata sulle imprese vitivinicole produttrici di Sangiovese in Emilia-Romagna. Tale scelta è giustificata dal fatto che il settore vitivinicolo in Emilia-Romagna è un settore economicamente rilevante e soggetto all'innovazione ed è rappresentativa di un'economia locale, mentre il Sangiovese rappresenta una varietà sensibile al cambiamento climatico e l'area geografica è soggetta a fenomeni di marcata variabilità climatica.

Ai fini dell'indagine si è scelto di combinare dati di natura diversa e provenienti da fonti diverse, in particolare dati climatici e interviste dirette con le aziende (n=56). I dati raccolti sono stati elaborati mediante l'analisi statistica multivariata (cluster), finalizzata a individuare relazioni tra le variabili di interesse (variabili strutturali, economiche e climatiche), e il modello Bayesiano per verificare l'esistenza delle relazioni ipotizzate nel quadro logico di riferimento.

I risultati dell'indagine empirica riportano, in primo luogo, una panoramica della variabilità climatica del territorio regionale. Le caratteristiche pedo-climatiche del sud della Regione Emilia-Romagna hanno storicamente contraddistinto il territorio per la sua vocazione vitivinicola, prevalentemente dedicata alla coltivazione di specifici vitigni, quali tra tutti il Sangiovese. In Emilia-Romagna, il trend climatico attuale sta registrando aumento del deficit idrico, della variabilità inter-annuale e delle punte estive di calore. In particolare, la Provincia di Rimini nella zona sud della Regione, ha registrato nel periodo compreso tra il 2001 e il 2016, valori di variabilità termica elevati, correlati direttamente con la presenza di fenomeni di stress idrico. D'altro canto, le aree collinari e pre-collinari non limitrofe alla costa, quindi nelle province di Cesena, Forlì,

Faenza, Imola e Bologna hanno registrato valori di surplus idrico elevati nel periodo di maturazione delle uve che, come sostenuto in precedenza, può comportare ugualmente una riduzione considerevole nella qualità delle uve e del prodotto finale.

In secondo luogo, l'indagine dimostra e quantifica gli impatti del cambiamento climatico a livello aziendale. Su questo aspetto è importante partire dalla considerazione che i risultati dell'indagine confermano la relazione eterogenea tra gli effetti del cambiamento climatico e la tipologia di uva, con, ad esempio, le varietà precoci che faticano ad arrivare a maturazione, con cali di acidità e perdita di aromi, e le varietà a grappolo compatto soggette a marciume in annate molto piovose e all'attacco dell'oidio in annate molto calde.

In generale, l'indagine ha evidenziato come in corrispondenza delle annate soggette a fenomeni di cambiamento climatico particolarmente marcati, le aziende registrano impatti negativi sulla produzione di vino da uve Sangiovese con conseguenze sulle rese, sulla gradazione alcolica e sul valore complessivo della produzione. In particolare, nelle annate soggette a maggiore piovosità, la gradazione alcolica non raggiunge i livelli necessari per produrre un vino di alta qualità e l'aumento dei costi, associato prevalentemente con il maggiore impiego di trattamenti fitosanitari, può raggiungere il 20%. Nelle annate calde e secche, invece, le elevate temperature e la siccità possono comportare una riduzione della resa fino al 15% e la produzione di vini con gradazioni troppo elevate per rispettare gli standard di qualità prefissati. Nel complesso, nelle annate soggette a fenomeni climatici impattanti, il valore della produzione subisce un calo, che può arrivare fino al 35% rispetto al valore atteso nelle annate molto piovose.

Riguardo ai prezzi, invece, l'incremento registrato nel corso degli ultimi 15 anni non è generalmente associato, dagli stessi produttori, alle diverse condizioni climatiche o all'intensificarsi del fenomeno del cambiamento climatico, bensì alle diverse condizioni di mercato. Non è quindi certo e scontato che la variazione dei prezzi possa essere associata al cambiamento climatico, essendoci altri fattori che entrano in gioco nella determinazione del prezzo del prodotto finale (fluttuazioni di mercato, tassi di interesse ecc.).

Quindi, considerando la sensibilità dimostrata del Sangiovese, sia alle elevate temperature che al surplus idrico e l'entità degli impatti subiti in annate particolarmente soggette a fenomeni climatici estremi, il mutamento climatico pone i vitivinicoltori dell'Emilia-Romagna di fronte alla crescente necessità di adottare pratiche e strategie di adattamento volte a ridurre gli impatti negativi e salvaguardare la produzione nel lungo periodo.

I risultati dell'indagine dimostrano che i produttori di Sangiovese dell'Emilia-Romagna hanno una percezione abbastanza netta sia sulle questioni legate alla sostenibilità ambientale sia sul fenomeno del cambiamento climatico, al quale associano un impatto generalmente negativo. Dall'analisi emerge che la percezione del cambiamento climatico si articola nelle due componenti dell'adattamento, di corto e di lungo periodo.

La relazione tra il numero delle pratiche di adattamento di corto periodo implementate e gli impatti associati al cambiamento climatico è stata esaminata tramite il modello Bayesiano che ha dimostrato l'esistenza di una diretta relazione tra il numero di pratiche di adattamento effettuate

e l'entità degli impatti del cambiamento climatico soprattutto a livello che economico. La probabilità maggiore di ridurre i costi di produzione è associata alla mancata implementazione di pratiche di adattamento, quota che si riduce con l'aumento del numero di pratiche.

Invece, i risultati del modello dimostrano che non esiste una chiara relazione tra il numero di pratiche di adattamento effettuate e l'entità degli impatti del cambiamento climatico a livello agronomico (resa e gradazione alcolica). In questo caso la riduzione degli impatti potrebbe dipendere maggiormente dalla tipologia di pratiche implementate e quindi dalla diponibilità dell'azienda di adottare determinate pratiche, rappresentate principalmente da pratiche culturali, modifiche nelle date di raccolta e variazione nel processo di vinificazione, soprattutto nelle annate piovose. Un esempio è rappresentato dalla possibilità, nelle annate clade, di ridurre gli impatti negativi, principalmente collegato alla disponibilità dell'azienda della risorsa idrica e di un sistema di irrigazione.

In generale, risulta che i vitivinicoltori, grazie alla loro esperienza e alla conoscenza del proprio vigneto, mettano in campo tutte le pratiche di adattamento necessarie a massimizzare la produzione, in accordo con tempi, disponibilità di risorse e capacità. Nonostante questo l'indagine dimostra come alcune aziende non siano in grado di implementare alcune pratiche necessarie a causa, principalmente, di costi elevati, di problemi organizzativi e di anticipazione di fenomeni climatici dannosi. Inoltre emergono altre cause, come la mancanza di acqua, l'abitudine e la mancanza di mano d'opera specializzata, la mancanza delle condizioni biofisiche del terreno per pratiche come l'inerbimento ed i problemi di commercializzazione previsti dal disciplinare di produzione.

Quando si affronta il tema dell'adattamento di corto periodo è, comunque, necessario partire dal presupposto che risulta fondamentale migliorare la capacità di anticipazione dei fenomeni climatici, fattore riconosciuto dai produttori come una delle principali cause per la mancata applicazione di talune pratiche. Infatti, in accordo con l'ipotesi avanzata da Ungar (2000), al cambiamento climatico, ed ai modelli previsionali ad esso associati, manca quella rilevanza e affidabilità del "giorno per giorno" che potrebbe motivare i viticoltori ad ampliare la propria conoscenza del problema, i quali continuano a fare affidamento su conoscenze personali, familiari o confrontandosi con altri viticoltori di zone limitrofe. Questo, in parte, spiega perché nonostante i produttori dimostrino di percepire il fenomeno del cambiamento climatico, solo una piccola parte del campione intervistato dichiara di fare ricorso all'utilizzo di modelli previsionali. Dall'indagine emerge, infatti, chiara, la necessità di rafforzare e migliorare le previsioni climatiche giornaliere applicate a livello locale, preferibilmente a livello di vigneto, piuttosto che la costruzione di complessi modelli previsionali a livello globale e di lungo periodo.

Tuttavia, l'indagine mostra come la maggior parte vitivinicoltori intervistati abbiano anche una chiara visione di lungo periodo, supportata dalla previsione della necessità di un cambiamento delle tecniche produttive, della diversificazione dell'attività e di elevati investimenti per salvaguardare la produzione in futuro.

Mentre in letteratura emerge che le azioni volte a ridurre potenziali danni futuri si possono realizzare tramite l'adozione di nuove "modalità di produzione" spesso associate ad elevati costi di

produzione, e/o la valutazione e l'eventuale riposizionamento dei prodotti nei mercati (possibilmente estendendo il cambiamento verso i nuovi mercati target e modificando il concetto di competizione, come conseguenza delle variazioni nella qualità e quantità dei prodotti) (Bernetti et al., 2012), i vitivinicoltori intervistati identificano strategie di adattamento che rispondo alle specifiche condizioni climatiche del proprio territorio. In particolare, in accordo con gli scenari meteo-climatici della Regione Emilia-Romagna che prevedono un progressivo aumento delle temperature e dei fenomeni estremi, associati ad una diminuzione delle precipitazioni, i produttori dichiarano che in futuro si dovranno dotare di impianti di irrigazione per fronteggiare la siccità e di un sistema assicurativo adeguato, mentre la pratica della meccanizzazione della raccolta dell'uva da vino, con l'utilizzo della vendemmiatrice, sta aumentando la sua presenza sul suolo regionale.

La raccolta meccanizzata è infatti utile per la tempestività e la produttività delle operazioni, permettendo di velocizzare la raccolta e diminuire i costi, a discapito, a volte, della qualità del prodotto finale. Inoltre, una parte dei produttori sarebbe favorevole ad una variazione del disciplinare DOC/DOP, soprattutto a causa delle eccessive restrizioni in un contesto di cambiamento sia del clima che del mercato rendono, che impongono un adeguamento delle pratiche ammesse.

La capacità dei produttori di mettere in atto opportune pratiche o strategie di adattamento per ridurre gli impatti negativi del cambiamento climatico e prevedere il cambiamento per salvaguardare la produzione in futuro, dipende da alcuni fattori, che sono stati analizzati nel corso dell'indagine. In particolare emerge evidente come le caratteristiche aziendali, la percezione del produttore del cambiamento climatico e la variabilità climatica locale siano i principali fattori che influiscono sulla capacità di adattamento.

Le aziende di grandi dimensioni, infatti, mostrano una maggiore capacità di implementare le pratiche di adattamento necessarie a ridurre gli impatti, in base alla maggiore capacità organizzativa, gestionale e finanziaria che le differenzia dalle aziende di minori dimensioni. Inoltre è necessario considerare che la maggior presenza di vigneti parcellizzati nelle aziende di grandi dimensioni possono subire effetti eterogenei del cambiamento climatico e, quindi, impongono all'azienda un numero maggiore di pratiche di adattamento. D'altro canto, le aziende di piccole e medie dimensioni esprimono una maggiore difficoltà di mettere in atto le pratiche di adattamento a causa, principalmente dei costi elevati, delle difficoltà organizzative e delle incapacità di prevedere i fenomeni climatici con bassi livelli di incertezza.

Riguardo alle prospettive di lungo periodo, sia le aziende di grandi che di piccole dimensioni percepiscono l'importanza di adottare strategie di adattamento per assicurare buone performance aziendali in futuro. È, però, interessante evidenziare come la prospettiva di lungo periodo sia direttamente proporzionale alla percezione che i produttori hanno del cambiamento climatico: i produttori con una netta percezione prevedono, con maggiore probabilità, di dover fronteggiare gli effetti del cambiamento climatico implementando strategie di ungo periodo, rispetto a quelli con una percezione inferiore.

Il fattore della percezione del cambiamento climatico sembra, invece, non incidere in maniera significativa sul numero di pratiche di adattamento che i vitivinicoltori mettono in atto, in quanto risultano essere altri fattori, quali le caratteristiche aziendali, che influiscono maggiormente sulla capacità di implementare le pratiche.

Nella stessa maniera la variabilità climatica locale non risulta essere un fattore che incide in maniera significativa sulle pratiche di adattamento che i produttori implementano in annate difficili dal punto di vista climatico. Questo a dimostrazione del fatto che i vitivinicoltori reagiscono alle problematiche climatiche adattando le proprie tecniche di produzione giorno per giorno, in forma reattiva.

Invece, è chiara la relazione tra la variabilità climatica e l'adattamento preventivo previsto per il futuro. In particolare questa relazione è evidente per le variabili climatiche sensibili a livello locale: la temperatura e il surplus idrico, quindi l'eccesso di piovosità durante la fase di maturazione dell'uva.

L'indagine ha indagato anche la relazione tra l'attitudine ambientale delle aziende, basata sulla certificazione oppure sulla produzione e/o conversione a sistema di produzione biologico, e l'entità degli impatti del cambiamento climatico, dimostrando come non esista una chiara relazione tra questi due fattori. Questo aspetto può essere spiegato in quanto la sostenibilità ambientale di un'azienda aggrega valore al prodotto finale, in termini di immagine del prodotto e dell'azienda. Infatti, l'impegno "etico" di un'impresa è entrato direttamente nella cosiddetta catena del valore prospettando l'utilizzo di nuovi percorsi e leve competitive coerenti con uno "sviluppo sostenibile" per la collettività ed è divenuto di fondamentale importanza l'attività verso tutti gli stakeholders tra cui i cittadini, i quali esigono ormai un impegno quotidiano e credibile, frutto di una precisa politica manageriale e di un sistema aziendale organizzato a tal fine. D'altro canto i risultati di questa indagine dimostrano come l'attitudine ambientale delle aziende non è correlata alla capacità tecnico, gestionale e finanziaria di un'azienda di fronteggiare gli impatti del cambiamento climatico in vigna e in cantina.

Solo se le preoccupazioni ambientali si traducono in azioni strategiche come lo sviluppo di un nuovo prodotto, l'ubicazione di nuovi impianti di produzione, l'aumento degli investimenti in ricerca e sviluppo, lo sviluppo tecnologico e cambiamenti nella progettazione del prodotto e del processo, queste possono assicurare una maggior capacità di adattamento nei confronti del cambiamento climatico.

L'approccio olistico utilizzato per lo sviluppo di questa indagine e i risultati ottenuti sulle relazioni tra i fattori appena descritti con la performance aziendale, definita in base alla capacità di adattamento rispetto al fenomeno del cambiamento climatico, forniscono interessanti spunti e contribuiscono a migliorare la comprensione del fenomeno ampiamente trattato nella letteratura economica. In particolare, l'analisi della relazione esistente tra risorse (tra cui quelle ambientali), capacità e competenze degli imprenditori che caratterizzano un'impresa e che si combinano in modo univoco per gestire questi beni e risorse per uso produttivo, la valutazione dei processi intenzionali dell'individuo nell'adozione di pratiche e strategie di adattamento e l'osservazione

della relazione tra un comportamento socialmente e ambientalmente responsabile e il vantaggio competitivo dell'impresa, sostengono i presupposti dell'economia evolutiva (NRBV), dell'economia comportamentale e dell'Environmental Life Cycle Thinking.

Inoltre, l'indagine dimostra come i produttori intervistati dichiarino di affidarsi, per la scelta delle pratiche e strategie da implementare, prevalentemente a conoscenze personali e/o al confronto con i colleghi. Questo aspetto conferma la teoria della prossimità o vicinanza geografica (Marshall, 1980; Porter, 2000), secondo la quale le imprese in prossimità geografica, come possono essere i cluster regionali che si trovano in specifiche condizioni climatiche e di composizione del suolo, mettono in condivisione lavoratori, in termini di capitale umano, e fornitori specializzati, sviluppando comuni strategie per il settore (Romanelli e Khessina 2005; Saxenian 1994; Spender 1989).

La portata dei risultati raggiunti tramite il percorso proposto è descrittiva di un'area ristretta ed è relativa alla significatività del campione di riferimento ma può essere in seguito applicata ad altri contesti geografici e ad altri settori.

L'applicazione del modello Bayesiano è risultato coerente, significativo e ha risposto correttamente ai risultati attesi dell'indagine, tra cui quello di sviluppare un metodo per la valutazione delle capacità di adattamento, sufficientemente specifico da catturare la variazione locale, ma che sia trasferibile in seguito anche ad altri siti (Vincent, 2007). Infatti, i risultati presentati per l'industria vitivinicola dell'Emilia-Romagna evidenziano la possibilità di aggiornare e ampliare il modello con ulteriori componenti rilevanti per lo studio. Esistono una serie di variabili che possono influire sulle relazioni del modello, tra cui i dati relativi alla caratteristica dei suoli, in quanto fattore fondamentale che definisce la sensibilità del vigneto alle condizioni di siccità o piovosità estrema. Oppure, in futuro, il modello sarà ampliato calcolando le finestre fenologiche della vite non sulla base dei valori di un'annata media per ciascun centroide ma sui dati specifici di ciascuna annata. Inoltre, nelle ricerche future si potrebbe ampliare la ricerca ad altre aree geografiche per raccogliere un numero sufficiente di dati che permettano di testare il modello con una parte di dati che non vengono utilizzati per creare il modello stesso.

Indicazioni per il futuro

In conclusione è possibile affermare che, per salvaguardare gli ottimali livelli di performance aziendale, in queste mutate circostanze competitive, non ha senso affidarsi a un numero limitato di scelte per conseguire, nel tempo futuro, nuovi equilibri. È senz'altro preferibile lasciare il campo a un'ampia e spontanea **varietà di comportamenti**, di idee e di opzioni in concorrenza strategica tra loro.

Parallelamente a questo, però, i produttori devono essere supportati da opportuni strumenti politici e finanziari per implementare nuove azioni di adattamento e mitigazione del cambiamento climatico. Nell'ambito dei programmi di sviluppo rurale, infatti, oltre alle azioni di *greening* risulta fondamentale incentivare azioni quali la riduzione delle emissioni, l'ammmodernamento aziendale, la sostenibilità dei processi aziendali e il rafforzamento della componente di ricerca e sviluppo utili all'implementazione di tecnologie innovative di adattamento.

A supporto della conoscenza è, infatti, necessario, in una prospettiva di lungo periodo, la necessità di rafforzare **l'attività di ricerca** orientata all'innovazione tecnologica, quale la costituzione di nuovi portinnesti resistenti alla siccità e agli agenti patogeni e altri derivati dell'innovazione che potrebbero fornire soluzioni che applicate in maniera integrata potrebbero alleviare le conseguenze dei cambiamenti climatici sul sistema produttivo. Un altro fondamentale filone di ricerca dovrà essere destinato ad ampliare gli studi sul clima elaborati sulle specifiche esigenze dei singoli settori produttivi, in quanto emerge chiaramente dall'indagine la necessità di rafforzare e migliorare le **previsioni climatiche** giornaliere applicate a livello locale, preferibilmente a livello di vigneto.

Le condizioni mutevoli, inoltre, sottolineano la necessità di politiche agricole flessibili e impongono ai vitivinicoltori di adottare sistemi di **gestione adattativi**. Vi sarebbe la necessità a lungo termine di una pianificazione nel settore della produzione del vino per far fronte sia all'elevato rischio sia ai potenziali benefici delle tendenze globali di cambiamento che attualmente deve affrontare il settore. L'adattamento ai cambiamenti climatici potrebbe diventare un elemento dinamico del rapporto tra legislazione, produttori e consumatori.

Un fattore rilevante a livello di indirizzo di politica agraria è quello di incentivare la certificazione e le pratiche di sostenibilità in quanto dall'indagine emerge una chiara contrapposizione tra la sensibilità rispetto ai temi della sostenibilità ambientale e l'aumento del numero dei trattamenti fitosanitari, in annate molto piovose, e l'utilizzo di sistemi di irrigazione, in annate molto siccitose, come pratiche di adattamento al cambiamento climatico.

BIBLIOGRAFIA

- Aaheim, A., Amundsen, H., Dokken, T., Ericson, T., & Wie, T. (2009). A macroeconomic assessment of impacts and adaptation to climate change in Europe. ADAM project DA, 1. Available at: www.cicero.uio.no
- Abbal, P., Sablayrolles, J. M., Matzner-Lober, É., Boursiquot, J. M., Baudrit, C., & Carbonneau, A, 2016. A Decision Support System for Vine Growers Based on a Bayesian Network. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 21(1), pp.131–151. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s13253-015-0233-2>
- Adams, R., Wu, J. & Houston, L., 2003. Climate change and California, appendix IX: the effects of climate change on yields and water use of major California crops. California Energy. *Public Interest Energy Research (PIER), Sacramento*. Available at: http://scholar.google.it/scholar?q=The+effects+of+climate+change+adams+2003+california+appendix&btnG=&hl=it&as_sdt=0%2C5#2
- Adams, R. M., Fleming, R. A., Chang, C. C., McCarl, B. A., & Rosenzweig, C., 1995. A reassessment of the economic effects of global climate change on U.S. agriculture. *Climatic Change*, 30(2), pp.147–167. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/BF01091839>
- Adams, R. M., Hurd, B. H., Lenhart, S., & Leary, N., 1998. Effects of global climate change on agriculture : an interpretative review. *Climatic Research*, 11 (1), pp.19–30.
- Adams, R. M., Rosenzweig, C., Peart, R., Ritchie, J. T., & McCarl, B. A., 1990. Global Climate Change and US Agriculture. *Nature; London*.
- Adger, W.N., 2003. *Climate Change, Adaptive Capacity and Development*, PUBLISHED BY IMPERIAL COLLEGE PRESS AND DISTRIBUTED BY WORLD SCIENTIFIC PUBLISHING CO. Available at: <http://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/p298>
- Agnoli, L., De Salvo, M. & Capitello, R., 2015. Assesment of climate change impacts on wine industry: A micro-scale ricardian analysis. *Quality - Access to Success*, 16, pp.228–236. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84939462358&partnerID=tZOtx3y1>.
- Agosta, E., Canziani, P., & Cavagnaro, M., 2012. Regional Climate Variability Impacts on the Annual Grape Yield in Mendoza, Argentina. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51(6), pp.993–1009. Available at: <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/JAMC-D-11-0165.1>
- Aguilera, P. A., Fernández, A., Fernández, R., Rumí, R., & Salmerón, A., 2011. Bayesian networks in environmental modelling. *Environmental Modelling & Software*, 26(12), pp.1376–1388. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364815211001472>
- Ahmed, B. A., Matheny, M. E., Rice, P. L., Clarke, J. R., & Ogunyemi, O. I., 2009. A comparison of methods for assessing penetrating trauma on retrospective multi-center data. *Journal of Biomedical Informatics*, 42(2), pp.308–316.
- Ainsworth, E.A. & Long, S.P., 2005. What have we learned from 15 years of free-air CO₂ enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO₂. *The New phytologist*, 165(2), pp.351–71. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15720649>
- Ajzen, I., 2005. *Attitudes, Personality, and Behavior* McGraw-Hill Education (UK), ed., Available at:

<https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=dmJ9EGEyOZYC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Ajzen++2005&ots=EBRSLiLY4y&sig=qJoeOk9ebui75imAyDkVkrwjQBI#v=onepage&q=Ajzen 2005&f=false>

- Ajzen, I., 2001. Nature and Operation of Attitudes. *Annual Review of Psychology*, 52(1), pp.27–58. Available at: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.psych.52.1.27>
- Ajzen, I., 1991. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), pp.179–211. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/074959789190020T>
- Ajzen & Fishbein, M., 1980. Understanding attitudes and predicting social behaviour.
- Ajzen, I., & Fishbein, M., 1975. Belief, attitude, intention and behavior: An introduction to theory and research.
- Ajzen, I., 1988. Attitudes and personality traits. *Attitudes, Personality, and Behavior*, pp.2–24.
- Al-Tuwaijri, S., Christensen, T. & Hughes, K., 2004. The relations among environmental disclosure, environmental performance, and economic performance: a simultaneous equations approach. *Accounting, organizations and*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0361368203000321>
- Alberini, A. & Chiabai, A., 2007. Urban environmental health and sensitive populations: How much are the Italians willing to pay to reduce their risks? *Regional Science and Urban Economics*, 37(2), pp.239–258.
- Alchian, A.A., 1950. Uncertainty, Evolution, and Economic Theory. *Journal of Political Economy*, 58(3), pp.211–221. Available at: <http://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/256940>
- A Alfaro, L., Chanda, A., Kalemli-Ozcan, S., & Sayek, S., 2010. Does foreign direct investment promote growth? Exploring the role of financial markets on linkages. *Journal of Development Economics*, 91(2), pp.242–256.
- Allais, M., 1953. Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école Américaine. *E conometrica*, 21, pp.503–546.
- Allenby, B.R., 1999. Industrial ecology and design for environment. In *Proceedings First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing*. IEEE, pp. 2–8. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/747462/>
- Alston, J.M. Andersen, M. A., James, J. S., & Pardey, P. G., 2011. Too Much of a Good Thing? Causes and Consequences of Increases in Sugar Content of California Wine Grapes. *Journal of Wine Economics*, 6(2), pp.135–159. Available at: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1931436100001565
- Amerine, M. A., & Winkler, A.J., 1944. Composition and quality of musts and wines of California grapes. *Hilgardia*, 15(4), pp.493–675.
- Amerine, M. A. (1980). The technology of wine making.
- Amit, R. & Schoemaker. P. J. H., 1992. *Resources, Capabilities and Organizational Rent Creation*, Working Paper, University of British Columbia, University of Chicago, 1992.
- Amit, R. & Schoemaker, P.J.H., 1993. Strategic assets and organizational rent. *Strategic Management Journal*, 14(1), pp.33–46. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/smj.4250140105>
- Antle, J.M. Capalbo, S. M., Elliott, E. T., & Paustian, K. H., 2004. Adaptation, Spatial Heterogeneity, and the Vulnerability of Agricultural Systems to Climate Change and CO₂ Fertilization: An Integrated Assessment Approach. *Climatic Change*, 64(3), pp.289–315. Available at: <http://link.springer.com/10.1023/B:CLIM.0000025748.49738.93>
- Antolini, G., Auteri, L., Pavan, V., Tomei, F., Tomozeiu, R., & Marletto, V., 2016. A daily high-resolution gridded climatic data set for Emilia-Romagna, Italy, during 1961-2010. *International Journal of*

- Climatology*, 36(4), pp.1970–1986. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/joc.4473>
- Antoy, L. & Ashenfelter, O., 2010. Global warming's impact on the wine industry on the European Union. *4th Annual Conference*. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/9d25/ac6ae6ebbc4bfd0c656e758ac58eb74390b6.pdf>
- Aranda, A., Zabalza, I. & Scarpellini, S., 2005. Economic and environmental analysis of the wine bottle production in Spain by means of life cycle assessment. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 4(2), p.178. Available at: <http://www.inderscience.com/link.php?id=7199>
- Arcese, G., 2013 Il Life Cycle Sustainability Assessment per la valutazione della sostenibilità aziendale.
- Ardente, F. Beccali, G., Cellura, M., & Marvuglia, A., 2006. A Case Study of an Italian Wine-Producing Firm. *Environmental Management*, 38(3), pp.350–364. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s00267-005-0103-8>
- Arend, R.J. & Bromiley, P., Assessing the dynamic capabilities view: spare change, everyone? *Strategic Organization*, 7(1), pp.75–90. Available at: <http://so.sagepub.com>
- Armah, R. N., Al-Hassan, R. M., Kuwornu, J. K., & Osei-Owusu, Y., 2013. What Influences Farmers' Choice of Indigenous Adaptation Strategies for Agrobiodiversity Loss in Northern Ghana? *British Journal of Applied Science & Technology*, 3(4), p.1162. Available at: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/90543204/what-influences-farmers-choice-indigenous-adaptation-strategies-agrobiodiversity-loss-northern-ghana>
- Aronsson, T. & Schöb, R., 2014. Climate Change and Psychological Adaptation: A Behavioral Environmental Economics Approach.
- Artikov, I. Hoffman, S. J., Lynne, G. D., Zillig, L. M. P., Hu, Q., Tomkins, A. J., hubbard, G.H., Hayes, M.J., Waltman, W., 2006. Understanding the Influence of Climate Forecasts on Farmer Decisions as Planned Behavior. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 45(9), pp.1202–1214. Available at: <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/JAM2415.1>
- Ashenfelter, O. and Storchmann, K., 2014. American Association Of Wine Economists, (152).
- Ashenfelter, O. & Storchmann, K., 2014. Wine and Climate Change, Available at: <http://www.wine-economics.org/aawe-working-paper-no-152-economics/>.
- Ashenfelter, O., 2009. Predicting the quality and prices of Bordeaux wine. *October*, (49), pp.1–23.
- Ashenfelter, O., 1980. Unemployment as Disequilibrium in a Model of Aggregate Labor Supply. *Econometrica*, 48(3), p.547. Available at: <http://www.jstor.org/stable/1913122?origin=crossref>
- Ashenfelter, O. & Storchmann, K., 2010. Using Hedonic Models of Solar Radiation and Weather to Assess the Economic Effect of Climate Change: The Case of Mosel Valley Vineyards. *Review of Economics and Statistics*, 92(2), pp.333–349.
- Audretsch, B., 1998. Agglomeration and the location of innovative activity. *Oxford Review of Economic Policy*, 14(2), pp.18–29. Available at: <https://academic.oup.com/oxrep/article-lookup/doi/10.1093/oxrep/14.2.18>
- Azcárate, T.G., 2014. Why a European Agricultural Insurance Scheme is Not a Good Solution. *EuroChoices*, 13(3), pp.41–45. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84912567780&partnerID=tZOtx3y1>
- Banerjee, S.B., 2002. Corporate environmentalism: the construct and its measurement. *Journal of Business Research*, 55(3), pp.177–191.
- Banerjee, T., 2001. The Future of Public Space: *Beyond Invented Streets and Reinvented Places*. *Journal of*

the American Planning Association, 67(1), pp.9–24. Available at:
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01944360108976352>

- Barber, N., Taylor, C. & Strick, S., 2009. Wine consumers' environmental knowledge and attitudes: Influence on willingness to purchase. *International Journal of Wine Research*, 1, pp.59–72.
- Bardaji, I. & Iraizoz, B., 2015. Uneven responses to climate and market influencing the geography of high-quality wine production in Europe. *Regional Environmental Change*, 15(1), pp.79–92. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10113-014-0623-y>
- Barnett, T. P., Pierce, D. W., Latif, M., Dommenges, D., & Saravanan, R., 1999. Interdecadal interactions between the tropics and midlatitudes in the Pacific Basin. *Geophysical Research Letters*, 26(5), pp.615–618. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1029/1999GL900042>
- Barney, J., 1991. Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), pp.99–120. Available at: <http://jom.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/014920639101700108>
- Barney, J.B., 1986. Strategic Factor Markets: Expectations, Luck, and Business Strategy. *Management Science*, 32(10), pp.1231–1241. Available at: <http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.32.10.1231>
- Barney, J.B. & Griffin, R.W., 1992. The management of organizations: Strategy, structure, behavior. *Houghton Mifflin College Div.*
- Barreteau, O., Bousquet, F. & Attonaty, J.-M., 2001. Role-Playing Games for Opening the Black Box of Multi-Agent Systems: Method and Lessons of Its Application to Senegal River Valley Irrigated Systems. Available at: <https://www.mysciencework.com/publication/show/76346efd322364e0806e4cc2b4c69bca>
- Batchelor, W. & Yang, X., 1997. Development of a neural network for soybean rust epidemics. *Transactions of the ASAE*. Available at: <https://elibrary.asabe.org/azdez.asp?AID=21237&T=2>
- Battaglini, A. Barbeau, G., Bindi, M., & Badeck, F. W., 2009. European winegrowers' perceptions of climate change impact and options for adaptation. *Regional Environmental Change*, 9, pp.61–73.
- Bauer, A., Feichtinger, J. & Steurer, R., 2012. The Governance of Climate Change Adaptation in 10 OECD Countries: Challenges and Approaches. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 14(3), pp.279–304. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1523908X.2012.707406>
- Bauer, P.W., 1990. Recent developments in the econometric estimation of frontiers. *Journal of Econometrics*, 46(1–2), pp.39–56. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/030440769090046V>
- Bazerman, M.H., 2006. Climate Change as a Predictable Surprise. *Climatic Change*, 77(1–2), pp.179–193. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10584-006-9058-x>
- Becker, E. & Becker, E., 2003. Frictional Heating in Global Climate Models. *Monthly Weather Review*, 131(3), pp.508–520. Available at: <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0493%282003%29131%3C0508%3AFHIGCM%3E2.0.CO%3B2>
- Belliveau, S., Smit, B. & Bradshaw, B., 2006. Multiple exposures and dynamic vulnerability: Evidence from the grape industry in the Okanagan Valley, Canada. *Global Environmental Change*, 16(4), pp.364–378. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378006000240>
- Below, T.B. Mutabazi, K. D., Kirschke, D., Franke, C., Sieber, S., Siebert, R., & Tscherning, K., 2012. Can farmers' adaptation to climate change be explained by socio-economic household-level variables? *Global Environmental Change*, 22(1), pp.223–235. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378011001993>

- Benedetto, G., 2013. The environmental impact of a Sardinian wine by partial Life Cycle Assessment. *Wine Economics and Policy*, 2(1), pp.33–41.
- Berger, A.N., 1993. Distribution-free? estimates of efficiency in the U.S. banking industry and tests of the standard distributional assumptions. *Journal of Productivity Analysis*, 4(3), pp.261–292. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/BF01073413>
- Berliner, L. M., Wikle, C. K., & Cressie, N., 2000. Long-Lead Prediction of Pacific SSTs via Bayesian Dynamic Modeling. *Journal of Climate*, 13(22), pp.3953–3968. Available at: <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%282001%29013%3C3953%3ALLPOPS%3E2.0.CO%3B2>
- Bernard, A.B., Eaton, J., Jensen, J. B., & Kortum, S., 2003. Plants and Productivity in International Trade. *American Economic Review*, 93(4), pp.1268–1290. Available at: <http://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/000282803769206296>
- Bernetti, I., Menghini, S., Marinelli, N., Sacchelli, S., & Sottini, V. A., 2012. Assessment of climate change impact on viticulture: Economic evaluations and adaptation strategies analysis for the Tuscan wine sector. *Wine Economics and Policy*, 1(1), pp.73–86. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84881262694&partnerID=tZOtx3y1>
- Bernetti, I., Casini, L. & Marinelli, N., 2006. Wine and globalisation: changes in the international market structure and the position of Italy G. Campbell, ed. *British Food Journal*, 108(4), pp.306–315. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/00070700610657146>
- Berrittella, M., Bigano, A., Roson, R., & Tol, R. S., 2006. A general equilibrium analysis of climate change impacts on tourism. *Tourism Management*, 27(5), pp.913–924.
- Bigano, A., Bosello, F., Roson, R., & Tol, R. S., 2008. Economy-wide impacts of climate change: a joint analysis for sea level rise and tourism. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13(8), pp.765–791. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s11027-007-9139-9>
- Bindi, D., Spallarossa, D., Eva, C., & Cattaneo, M., 2005. Local and Duration Magnitudes in Northwestern Italy, and Seismic Moment Versus Magnitude Relationships. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 95(2), pp.592–604. Available at: <http://bssa.geoscienceworld.org/cgi/doi/10.1785/0120040099>
- Bindi, M., Fibbi, L., Gozzini, B., Orlandini, S., & Miglietta, F., 1996. Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. *Climate Research*, 7(3), pp.213–224. Available at: <http://www.int-res.com/abstracts/cr/v07/n3/p213-224/>
- Bindi, M., Fibbi, L. & Miglietta, F., 2001. Free Air CO₂ Enrichment (FACE) of grapevine (*Vitis vinifera* L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO₂ concentrations. *European Journal of Agronomy*, 14(2), pp.145–155. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030100000939>
- Bindi, M. & Howden, M., 2004. Challenges and opportunities for cropping systems in a changing climate. , pp.1–13.
- Bisson, L. F., Waterhouse, A. L., Ebeler, S. E., Walker, M. A., & Lapsley, J. T., 2002. The present and future of the international wine industry. *Nature*, 418(6898), pp.696–9. Available at: <http://dx.doi.org/10.1038/nature01018>
- Black, J.A. & Boal, K.B., 2007. Strategic resources: Traits, configurations and paths to sustainable competitive advantage. *Strategic Management Journal*, 15(S2), pp.131–148. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/smj.4250151009>
- Boal, K.B. & Hooijberg, R., 2000. Strategic leadership research: Moving on. *The Leadership Quarterly*, 11(4),

pp.515–549.

- Böhringer, C. & Rutherford, T.F., 1997. Carbon Taxes with Exemptions in an Open Economy: A General Equilibrium Analysis of the German Tax Initiative. *Journal of Environmental Economics and Management*, 32(2), pp.189–203. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0095069696909626>
- Boko, M., Niang, I., Nyong, A., Vogel, C., Githeko, A., Medany, M., Osman-Elasha, B., Tabo, R. and Yanda, P. 2007. Africa. IN: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Linden, P.J. van der and Hanson, C.E. (eds.). 2007. Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge, UK: Cambridge University Press: 433–467. Available at: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/17019>
- Boldero, J., 1995. The Prediction of Household Recycling of Newspapers: The Role of Attitudes, Intentions, and Situational Factors¹. *Journal of Applied Social Psychology*, 25(5), pp.440–462. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1559-1816.1995.tb01598.x>
- Bonzanigo, L., Giupponi, C., & Moussadek, R., 2016. Conditions for the adoption of conservation agriculture in Central Morocco: an approach based on Bayesian network modelling. *Italian Journal of Agronomy*, 10(1s), p.24. Available at: <http://www.agronomy.it/index.php/agro/article/view/665>
- Bosco, S., Di Bene, C., Galli, M., Remorini, D., Massai, R., & Bonari, E., 2011. Greenhouse gas emissions in the agricultural phase of wine production in the Maremma rural district in Tuscany, Italy. *Italian Journal of Agronomy*, 6(2), p.15. Available at: <http://agronomy.it/index.php/agro/article/view/ija.2011.e15>
- Bosello, F., Nicholls, R. J., Richards, J., Roson, R., & Tol, R. S., 2012. Economic impacts of climate change in Europe: sea-level rise. *Climatic Change*, 112(1), pp.63–81. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10584-011-0340-1>
- Bosello, F., Carraro, C. & De Cian, E., 2009. An Analysis of Adaptation as a Response to Climate Change. *SSRN Electronic Journal*. Available at: <http://www.ssrn.com/abstract=1513286>
- Bosello, F., Marazzi, L. & Nunes, P.A.L.D., 2007. Le Alpi italiane e il cambiamento climatico: Elementi di vulnerabilità ambientale ed economica e possibili strategie di adattamento. *Report prepared for the APAT Workshop on “Cambiamenti climatici e ambienti nivo-glaciali: scenari e prospettive di adattamento”, Saint-Vincent*. 2007.
- Bosello, F. & Shechter, M., 2013. Integrated Socio-Economic Assessment (The Economic Point of View). In Springer Netherlands, pp. 165–200. Available at: http://link.springer.com/10.1007/978-94-007-5772-1_10
- Bousquet, F. & Le Page, C., 2004. Multi-agent simulations and ecosystem management: a review. *Ecological Modelling*, 176(3–4), pp.313–332. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304380004000948>
- Bowler, I.R., 1992. Sustainable agriculture' as an alternative path of farm business development. *AGRIS*.
- Bradshaw, B., Dolan, H. & Smit, B., 2004. Farm-Level Adaptation to Climatic Variability and Change: Crop Diversification in the Canadian Prairies. *Climatic Change*, 67(1), pp.119–141. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10584-004-0710-z>
- Brekke, K.A. & Johansson-Stenman, O., 2008. The behavioural economics of climate change. *Oxford Review of Economic Policy*, 24(2), pp.280–297. Available at: <https://academic.oup.com/oxrep/article-lookup/doi/10.1093/oxrep/grn012>
- Bryant, C. R., Smit, B., Brklacich, M., Johnston, T. R., Smithers, J., Chjotti, Q., & Singh, B. (2000). Adaptation

in Canadian agriculture to climatic variability and change. *Climatic change*, 45(1), 181-201 Available at: <http://link.springer.com/10.1023/A:1005653320241>

- Bromley, J., Jackson, N. A., Clymer, O. J., Giacomello, A. M., & Jensen, F. V., 2005. The use of Hugin® to develop Bayesian networks as an aid to integrated water resource planning. *Environmental Modelling & Software*, 20(2), pp.231–242.
- Brooks, N. (2003). Working Paper No. 38, 2003. *Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework.*, Norwich, UK: The Royal Society. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12769467>
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F., & Nanni, T., 2006. Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *International Journal of Climatology*, 26(3), pp.345–381. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/joc.1251>
- Bruni, G. & Campedelli, B., 1993. La determinazione, il controllo e la rappresentazione del valore delle risorse immateriali nell'economia dell'impresa. *sinergie*.
- Bryant, C.R. & Johnston, T.R.R. (Thomas R.R., 1992. *Agriculture in the city's countryside*, University of Toronto Press.
- Burch, S. & Robinson, J., 2007. A framework for explaining the links between capacity and action in response to global climate change. *Climate Policy*, 7(4), pp.304–316. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14693062.2007.9685658>
- Busuioc, A., Tomozeiu, R. & Cacciamani, C., 2008. Statistical downscaling model based on canonical correlation analysis for winter extreme precipitation events in the Emilia-Romagna region. *International Journal of Climatology*, 28(4), pp.449–464. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/joc.1547>
- Butt, T.M. & Copping, L.G., 2000. Fungal biological control agents. *Pesticide Outlook*, 11(5), pp.186–191. Available at: <http://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2000/po/b008009h>
- Caffarra, A., Rinaldi, M., Eccel, E., Rossi, V., & Pertot, I., 2012. Modelling the impact of climate change on the interaction between grapevine and its pests and pathogens: European grapevine moth and powdery mildew. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 148, pp.89–101. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880911003975>
- Cahill, K. N., Lobell, D. B., Field, C. B., Bonfils, C., & Hayhoe, K., 2007. Modeling climate change impacts on wine grape yields and quality in California. In *Réchauffement Climatique, Quels Impacts Probables Sur Les Vignobles?*. Dijon, France, pp. 1–9.
- Calcagno, M., 1996. L'evoluzione della nozione di vantaggio competitivo negli studi di strategic management. *Economia & Management*, 5.
- Camagni, R.P., 1991. Technological Change, Uncertainty and Innovation Networks: Towards a Dynamic Theory of Economic Space. In *Regional Science*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 211–249. Available at: http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-3-642-76311-3_10
- Camargo, U. A., Maia, J. D. G., Ritschel, P. S., & Revers, L. F., 2008. Grapevine breeding for tropical and subtropical environments in Brazil. *Bulletin de l'OIV-Organisation Internationale de la Vigne et du Vin*, 81(923-925), 5-10.
- Caple, S., Ballantyne, D. & Thyne, M., Diversity and convergence in regional know-how: the case of Central Otago Pinot Noir.
- Carpani, M. & Giupponi, C., 2010. Construction of a Bayesian Network for the Assessment of Agri-Environmental Measures – The Case Study of the Venice Lagoon Watershed. *Italian Journal of Agronomy*, 5(3), p.265. Available at: <http://agronomy.it/index.php/agro/article/view/ija.2010.265>

- Carraro, C., Crimi, J., & Sgobbi, A., 2007. La valutazione economica degli impatti dei cambiamenti climatici in Italia e delle relative misure di adattamento. APAT and CMCC.
- Carroll, A.B. & Shabana, K.M., 2010. The Business Case for Corporate Social Responsibility: A Review of Concepts, Research and Practice. *International Journal of Management Reviews*, 12(1), pp.85–105. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1468-2370.2009.00275.x>
- Carter, S., 2006. Interim Report IR-06-043 The Projected Influence of Climate Change on the South African Wine Industry. *Sustainable Development*, (September).
- Castelletti, A. & Soncini-Sessa, R., 2007a. Bayesian Networks and participatory modelling in water resource management. *Environmental Modelling & Software*, 22(8), pp.1075–1088.
- Castelletti, A. & Soncini-Sessa, R., 2007b. Coupling real-time control and socio-economic issues in participatory river basin planning. *Environmental Modelling & Software*, 22(8), pp.1114–1128. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364815206001344>
- Catenacci, M. & Giupponi, C., 2013. Integrated assessment of sea-level rise adaptation strategies using a Bayesian decision network approach. *Environmental Modelling & Software*, 44, pp.87–100.
- CG.L. Baldo, M. Marino & S. Rossi, 2005. *Analisi del ciclo di vita LCA*, Milano: Edizioni Ambiente.
- Chaloupka, M., 2007. *Using Bayesian belief networks to evaluate the relative risk of fishing gear types on sea turtle stocks.*, Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17512860>
- Chambers, R., 1989. Editorial Introduction: Vulnerability, Coping and Policy. *IDS Bulletin*, 20(2), pp.1–7. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1759-5436.1989.mp20002001.x>
- Charniak, E., 1991. Bayesian networks without tears. *AI magazine* 12.4 (1991): 50.
- Chevet, J.-M., Lecocq, S. & Visser, M., 2011. Climate, Grapevine Phenology, Wine Production, and Prices: Pauillac (1800–2009). *American Economic Review*, 101(3), pp.142–146. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79958291726&partnerID=tZ0tx3y1>
- Cholette, S. & Venkat, K., 2009. The energy and carbon intensity of wine distribution: A study of logistical options for delivering wine to consumers. *Journal of Cleaner Production*, 17(16), pp.1401–1413.
- Christensen, J., Christensen, O., 2007. A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Climatic Change*, 31, pp.7–30.
- Coase, R.H., 1937. The Nature of the Firm. *Economica*, 4(16), pp.386–405. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x>
- Cockburn, J.M., Henderson, R.M. & Stern, S., 2000. Untangling the Origins of Competitive Advantage on JSTOR. *Strategic Management Journal*, 21(10/11). Available at: http://www.jstor.org/stable/3094430?seq=1#page_scan_tab_contents
- Coda, V., 1988. L'orientamento strategico dell'impresa. *Unione Tip.-Ed. Torinese*, 1988., 3(3), pp.546–562. Available at: <http://amr.aom.org/cgi/doi/10.5465/AMR.1978.4305755>
- Coelli, T. & Sanders, O., 2013. The Technical Efficiency of Wine Grape Growers in the Murray-Darling Basin in Australia. In *Wine Economics*. London: Palgrave Macmillan UK, pp. 231–249. Available at: http://link.springer.com/10.1057/9781137289520_12
- Cohen, W. & Levinthal, D., 1990. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative science quarterly*. Available at: <http://www.jstor.org/stable/2393553>
- Cole C.V., Duxbury J., Freney J., Heinemeyer O., Minami K., Mosier A., Paustian K., Rosenberg N., Sampson N., Sauerbeck D., Z.Q., 1997. Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 49, pp.221–228.

- Collins, M., 2007. Ensembles and probabilities: a new era in the prediction of climate change. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 365, pp.1957–1970.
- Collins, M., Tett, S.F.B. & Cooper, C., 2001. The internal climate variability of HadCM3, a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Climate Dynamics*, 17(1), pp.61–81. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s003820000094>
- Collis, D.J., 1994. Research Note: How Valuable are Organizational Capabilities? *Strategic Management Journal*, 15(S1), pp.143–152. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/smj.4250150910>
- Colman, T. & Paster, P., 2007. *Red, white and “green”: the cost of carbon in the global wine trade*, Victor Ginsburgh, New York.
- Cooper, M.L., Klonsky, K.M and De Moura, R.L., 2012. 2012 Sample costs to Establish a vineyard and produce winegrapes. Cabernet Sauvignon. Available at: <http://coststudies.ucdavis.edu/files/WinegrapeNC2012.pdf>
- Cooper, B., 2007. Just-drinks’ Review of 2007: Management Briefing: Wine. Retrieved from www.just-drinks.com (2007). Available at: <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/17511060810919425>
- Coupé, V. M., Van Der Gaag, L. C., & Habbema, J. D. F., 2000. Sensitivity analysis: an aid for belief-network quantification. *The Knowledge Engineering Review* 15, 215– 232.
- Cyert, R.M. & James G. March, 1963. A behavioral theory of the firm. *Englewood Cliffs, NJ 2* (1963). Available at: https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=qqZ_FDFoDcMC&oi=fnd&pg=PA60&dq=1963+R.M.+Cyert+e+J.G.+March&ots=9V4MSiywbO&sig=or7EDNVsf0_IVmWyeFMrrTritIE#v=onepage&q&f=false
- D’Aveni, R.A., Dagnino, G.B. & Smith, K.G., 2010. The age of temporary advantage. *Strategic Management Journal*, 31(13), pp.1371–1385. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/smj.897>
- Daft, R.L., 1983. Learning the Craft of Organizational Research. *Academy of Management Review*, 8(4), pp.539–546. Available at: <http://amr.aom.org/cgi/doi/10.5465/AMR.1983.4284649>
- Darwin, R., Tsigas, M. E., Lewandrowski, J., & Raneses, A., 1995. World Agriculture and Climate Change: Economic Adaptations. *Agricultural Economics Reports*.
- Daugherty, M.P., Bosco, D. & Almeida, R.P.P., 2009. Temperature mediates vector transmission efficiency: inoculum supply and plant infection dynamics. *Annals of Applied Biology*, 155(3), pp.361–369. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1744-7348.2009.00346.x>
- Debreu, G., 1951. The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19(3), p.273. Available at: <http://www.jstor.org/stable/1906814?origin=crossref>
- Defrancesco, E., Gatto, P., Runge, F., & Trestini, S., 2007. Factors Affecting Farmers? Participation in Agri-environmental Measures: A Northern Italian Perspective. *Journal of Agricultural Economics*, 0(0), p.07100305534001–??? Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1477-9552.2007.00134.x>
- Delworth, T.L., Broccoli, A.J., Rosati, A., Stouffer, R.J., Balaji, V., Beesley, J.A., Cooke, W.F., Dixon, K.W., Dunne, J., Dunne, K.A., Durachta, J.W., Findell, K.L., Ginoux, P., Gnanadesikan, A., Gordon, C.T., Griffies, S.M., Gudgel, R., Harrison, M.J., R., 2006. GFDL’s CM2 Global Coupled Climate Models. Part I: Formulation and Simulation Characteristics. *Journal of Climate*, 19, pp.643–674.
- Deressa, T. T., Hassan, R. M., Ringler, C., Alemu, T., & Yesuf, M., 2009. Determinants of farmers’ choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global Environmental Change*, 19(2), pp.248–255. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378009000156>
- Deschênes, O. & Greenstone, M., 2007. The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather. *The American Economic Review*, 97(1),

pp.354–385. Available at: <http://www.ingentaconnect.com/content/10.1257/000282807780323604>

- Dierickx, I. & Cool, K., 1989. Asset Stock Accumulation and Sustainability of Competitive Advantage. *Management Science*, 35(12), pp.1504–1511. Available at: <http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mnsc.35.12.1504>
- Dixit A., McGray H., Gonzales J., D.M., 2011. Assessing National Institutional Capacity for Climate Change Adaptation Lessons for Planners from the Pilot Applications of the National Adaptive Capacity Framework. *WRI Working Paper. World Resources Institute, Washington DC*. Available at: http://pdf.wri.org/working_papers/ready_or_not.pdf
- Dono, G., Cortignani, R., Doro, L., Giraldo, L., Ledda, L., Pasqui, M., & Roggero, P. P., 2013. Adapting to uncertainty associated with short-term climate variability changes in irrigated Mediterranean farming systems. *Agricultural Systems*, 117, pp.1–12. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308521X13000176>
- Dose, V. & Menzel, A., 2004. Bayesian analysis of climate change impacts in phenology. *Global Change Biology*, 10(2), pp.259–272. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1529-8817.2003.00731.x>
- Duchêne, E., Huard, F., Dumas, V., Schneider, C., & Merdinoglu, D., 2010. The challenge of adapting grapevine varieties to climate change. *Climate Research*, 41(3), pp.193–204. Available at: <http://www.int-res.com/abstracts/cr/v41/n3/p193-204/>
- Easterling, W.E., Aggarwal, P.K., Batima, P., Brander, K.M., Erda, L., Howden, S.M., Kirilenko, A., Morton, J., Soussana, J.-F., Schmidhuber, J., Tubiello, F.N., 2007. *Food, fibre and forest products*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 273–313. Available at: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch5.html.
- Easterling III, W. E., Crosson, P. R., Rosenberg, N. J., McKenney, M. S., Katz, L. A., & Lemon, K. M., 1993. Agricultural Impacts of and Responses to Climate Change in the Missouri-Iowa-Nebraska-Kansas (MINK) Region. In *Towards an Integrated Impact Assessment of Climate Change: The MINK Study*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 23–61. Available at: http://link.springer.com/10.1007/978-94-011-2096-8_3
- Eboli, F., Parrado, R. & Roson, R., 2010. Climate Change Feedback on Economic Growth: Explorations with a Dynamic General Equilibrium Model. *SSRN Electronic Journal*. Available at: <http://www.ssrn.com/abstract=1544260>
- European Environmental Agency (EEA), 2013. *Adaptation in Europe -- Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio -- economic developments*, EEA Report no. 3/2013.
- European Environmental Agency (EEA), 2012. *Climate Change, impacts and vulnerability in Europe 2012*, An indicator-based report. ISBN 978-92-9213-346-7. ISSN 1725-9177. doi:10.2800/66071
- European Environmental Agency (EEA), 2015. *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2013 and inventory report 2015 — European Environment Agency*, Copenhagen. Available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/european-union-greenhouse-gas-inventory-2015>.
- Ehrenfeld, J. & Gertler, N., 1997. Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), pp.67–79. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1162/jiec.1997.1.1.67>
- Eisenhardt, K.M. & Martin, J.A., 2000. Dynamic Capabilities: What Are They? on JSTOR. *Strategic Management Journal*, 21(10/11). Available at: http://www.jstor.org/stable/3094429?seq=1#page_scan_tab_contents
- Esteves, M.A. & Orgaz, M.D., 2001. The influence of climatic variability on the quality of wine. *International journal of biometeorology*, 45(1), pp.13–21. Available at:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11411410>

- European Commission, 2007. 354- Green paper from the commission to the council, the European Parliament, the European economic and social committee and the committee of the regions.
- European Commission, 2001. A sustainable Europe for a better world: A European Union strategy for sustainable development. Available at: <http://www.vdqs.net/fr/>
- European Environment Agency, 2006. Annual European Community greenhouse gas inventory 1990 - 2006 and inventory report 2008, Copenhagen, Denmark. Available at: http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2008_6
- Falcone, G., Strano, A., Stillitano, T., De Luca, A. I., Iofrida, N., & Gulisano, G., 2015. Integrated sustainability appraisal of wine-growing management systems through LCA and LCC Methodologies. *Chemical Engineering Transactions*, 44, pp.223–228. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84939131952&partnerID=tZOtx3y1>.
- Falloon, P. & Betts, R., 2010. Climate impacts on European agriculture and water management in the context of adaptation and mitigation--the importance of an integrated approach. *The Science of the total environment*, 408(23), pp.5667–87. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19501386>
- Farrell, M.J., 1957. The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), p.253. Available at: <http://www.jstor.org/stable/2343100?origin=crossref>
- Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F. N., & Van Velhuizen, H., 2005. Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 360(1463), pp.2067–83. Available at: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1569572&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Fortini, M., 2000. Linee guida metodologiche per rilevazioni statistiche. Nozioni metodologiche per rilevazioni statistiche dirette o basate su fonti amministrative, p.77.
- Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., & Santos, J. A., 2012. Climate change projections for the portuguese viticulture using a multi-model ensemble. *Ciencia e Tecnica Vitivinicola*, 27(1), pp.39–48. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84878575275&partnerID=tZOtx3y1>.
- Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., Jones, G. V., Alves, F., Pinto, J. G., & Santos, J. A., 2014. Very high resolution bioclimatic zoning of Portuguese wine regions: present and future scenarios. *Regional Environmental Change*, 14(1), pp.295–306. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84893669046&partnerID=tZOtx3y1>
- Fraj-Andrés, E., Martínez-Salinas, E. & Matute-Vallejo, J., 2009. A Multidimensional Approach to the Influence of Environmental Marketing and Orientation on the Firm's Organizational Performance. *Journal of Business Ethics*, 88(2), pp.263–286. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10551-008-9962-2>
- Fregoni, M., 2002. L'indice bioclimatico di qualita Fregoni applicato al Brunello di Montalcino. *Informatore agrario*. Available at: <https://scholar.google.it/scholar?hl=it&q=L'indice+bioclimatico+di+qualità+Fregoni+applicato+al+Brunello+di+Montalcino.&btnG=&lr=>
- Fusi, A., Guidetti, R. & Benedetto, G., 2014. Delving into the environmental aspect of a Sardinian white wine: from partial to total life cycle assessment. *The Science of the total environment*, 472, pp.989–1000. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24355395>.

- Galbreath, J., 2015. Exploratory Study of Climate Change Innovations in Wine Regions in Australia. *Regional Studies*, 3404(February), pp.1–16. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84945237791&partnerID=tZOtx3y1>.
- Galbreath, J., 2011. To What Extent is Business Responding to Climate Change? Evidence from a Global Wine Producer. *Journal of Business Ethics*, 104(3), pp.421–432. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10551-011-0919-5>
- Galbreath, J., 2005. Which resources matter the most to firm success? An exploratory study of resource-based theory. *Technovation*, 25(9), pp.979–987.
- Galbreath, J., Charles, D. & Oczkowski, E., 2014. The Drivers of Climate Change Innovations: Evidence from the Australian Wine Industry. *Journal of Business Ethics*. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10551-014-2461-8>
- Galán, C. O., Matías, J. M., Rivas, T., & Bastante, F. G., 2009. Reforestation planning using Bayesian networks. *Environmental Modelling & Software*, 24(11), pp.1285–1292.
- Gamble, P.R. & Taddei, J.-C., 2007. Restructuring the French Wine Industry: The Case of the Loire. *Journal of Wine Research*, 18(3), pp.125–145. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09571260801899394>
- Garcia, R., 2005. Uses of Agent-Based Modeling in Innovation/New Product Development Research*. *Journal of Product Innovation Management*, 22(5), pp.380–398. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1540-5885.2005.00136.x>
- Garcia De Cortázar, I., 2006. *Adaptation du modèle STICS à la vigne (Vitis Vinifera L.). Utilisation dans le cadre d'une étude d'impact du changement climatique à l'échelle de la France*. Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, 292 pages+ annexes.
- Gazulla, C., Raugei, M. & Fullana-i-Palmer, P., 2010. Taking a life cycle look at crianza wine production in Spain: where are the bottlenecks? *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(4), pp.330–337. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s11367-010-0173-6>
- Genç, K.Y., 2013. Natural Environment as a Strategic Issue for Firms: Theoretical Perspectives. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 99, pp.143–153. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877042813039256>
- Gessler, C., Pertot, I. & Perazzolli, M., 2011. Plasmopara viticola : a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. *Phytopathologia Mediterranea*, 50(1), pp.3–44. Available at: <http://www.fupress.net/index.php/pm/article/view/9360>
- Ghemawat, P., 1986. Sustainable advantage. *Harvard business review* , pp.53–58.
- Giuliani, E., 2007. The selective nature of knowledge networks in clusters: evidence from the wine industry. *Journal of Economic Geography*, 7(2), pp.139–168. Available at: <https://academic.oup.com/joeg/article-lookup/doi/10.1093/jeg/lbl014>
- Gladstones, J., 1992. Viticulture and environment. Available at: <http://www.cabdirect.org/abstracts/19930324643.html;jsessionid=E098A6139168B82607A651026AB23F60>
- Gbetibouo, G. A., 2009. Understanding farmers' perceptions and adaptations to climate change and variability | IFPRI. , p.36. Available at: <http://www.ifpri.org/publication/understanding-farmers-perceptions-and-adaptations-climate-change-and-variability>
- Godfrey, P.C. & Hill, C.W.L., 1995. The problem of unobservables in strategic management research. *Strategic Management Journal*, 16(7), pp.519–533. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/smj.4250160703>

- Goldberger, A.S., 1972. Structural equation methods in the social sciences. " *Econometrica. Journal of the Econometric Society* , pp.979–1001.
- Gowdy, J.M., 2008. Behavioral economics and climate change policy. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 68(3), pp.632–644.
- Graedel, T.E. & Allenby, B.R., 2002. Hierarchical metrics for sustainability. *Environmental Quality Management*, 12(2), pp.21–30. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/tqem.10060>
- Grandinetti, R., 1997. Le strutture del marketing collettivo oltre la logica del massimo comune divisore. *Gregori M., Garlatti S., a cura di, Il marketing collettivo dei prodotti agroalimentari. Udine: Forum 1197.*
- Grant, R.M., 1996. Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategic Management Journal*, 17(S2), pp.109–122. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/smj.4250171110>
- Gregory, R. & Mendelsohn, R., 1993. Perceived Risk, Dread, and Benefits. *Risk Analysis*, 13(3), pp.259–264. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1539-6924.1993.tb01077.x>
- Hadarits, M., Smit, B. & Diaz, H., 2010. Adaptation in Viticulture: A Case Study of Producers in the Maule Region of Chile. *Journal of Wine Research*, 21(2–3), pp.167–178. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09571264.2010.530109>
- Haeger, J.W. & Storchmann, K., 2006. Prices of American Pinot Noir wines: climate, craftsmanship, critics. *Agricultural Economics*, 35(1), pp.67–78. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1574-0862.2006.00140.x>
- Hall, P.A., 1993. Policy Paradigms, Social Learning, and the State: The Case of Economic Policymaking in Britain. *Comparative Politics*, 25(3), p.275. Available at: <http://www.jstor.org/stable/422246?origin=crossref>
- Hamby, D.M., 1994. A review of techniques for parameter sensitivity analysis of environmental models. *Environmental Monitoring and Assessment*, 32(2), pp.135–154. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/BF00547132>
- Hamel, G. & Prahalad, C.K., 1991. Corporate imagination and expeditionary marketing. *Harvard business review*, 69(4), pp.81–92. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10112922>
- Hammer, B., Hansen, L.B. & Nørskov, J.K., 1999. Improved adsorption energetics within density-functional theory using revised Perdew-Burke-Ernzerhof functionals. *Physical Review B*, 59(11), pp.7413–7421. Available at: <http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevB.59.7413>
- Hannah, L., Roehrdanz, P. R., Ikegami, M., Shepard, A. V., Shaw, M. R., Tabor, G., Zhi, L., Marquet, P.A., Hijmans, R. J., 2013. Climate change, wine, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(17), pp.6907–12. Available at: <http://www.pnas.org/content/110/17/6907.full>
- Hart, O., 1995. *Firms, Contracts, and Financial Structure - Oliver Hart - Google Libri* Clarendon Press, ed., Available at: [https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=t41713nRmuMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Hart+\(1995&ots=6518qIvKni&sig=ILgk7mN5WNqtu8iH6s93pDNKOF4#v=onepage&q=Hart+\(1995&f=false](https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=t41713nRmuMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=Hart+(1995&ots=6518qIvKni&sig=ILgk7mN5WNqtu8iH6s93pDNKOF4#v=onepage&q=Hart+(1995&f=false)
- Hasselmann, K., 1998. Conventional and Bayesian approach to climate-change detection and attribution. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 124(552), pp.2541–2565. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/qj.49712455202>
- Hayek, F.A., 1988. Hayek's transformation. *Hayek's transformation*, 20(4), pp.513–541.
- Heath, C., Svensson, M. S., Hindmarsh, J., Luff, P., & Vom Lehn, D., 2002. Configuring Awareness. *Computer*

- Supported Cooperative Work (CSCW)*, 11(3–4), pp.317–347. Available at:
<http://link.springer.com/10.1023/A:1021247413718>
- Helfat, C.E., 2007. Stylized facts, empirical research and theory development in management. *Strategic Organization*, 5(2), pp.185–192. Available at:
<http://soq.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/1476127007077559>
- Helfat, C.E. & Peteraf, M.A., 2003. The dynamic resource-based view: capability lifecycles. *Strategic Management Journal*, 24(10), pp.997–1010. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/smj.332>
- Hepburn, C., 2010. Environmental policy, government, and the market. *Oxford Review of Economic Policy*, 26(2), pp.117–136. Available at: <https://academic.oup.com/oxrep/article-lookup/doi/10.1093/oxrep/grq016>
- Hinkel, J., 2011. “Indicators of vulnerability and adaptive capacity”: Towards a clarification of the science–policy interface. *Global Environmental Change*, 21(1), pp.198–208. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378010000750>
- Ho, W., 2008. Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review. *European Journal of Operational Research*, 186(1), pp.211–228.
- Hobbs, B.F., 1997. Bayesian Methods for Analysing Climate Change and Water Resource Uncertainties. *Journal of Environmental Management*, 49(1), pp.53–72. Available at:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479796901164>
- Hodde, M.S., 2004. The potential adventive geographic range of glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca coagulata* and the grape pathogen *Xylella fastidiosa*: implications for California and other grape growing regions of the world. *Crop Protection*, 23(8), pp.691–699. Available at:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219403003089>
- Hoffman, A.J., 2005. Climate Change Strategy: The Business Logic Behind Voluntary Greenhouse Gas Reductions. *California Management Review*, 47(3).
- Hoffmann, V. H., Sprengel, D. C., Ziegler, A., Kolb, M., & Abegg, B., 2009. Determinants of corporate adaptation to climate change in winter tourism: An econometric analysis. *Global Environmental Change*, 19(2), pp.256–264. Available at:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378008001179>
- Holland, T. & Smit, B., 2010. Climate change and the wine industry: current research themes and new directions. *Journal of Wine Research*. Available at:
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09571264.2010.530095>
- Howes, A.L., Maron, M. & Mcalpine, C.A., 2010. Bayesian Networks and Adaptive Management of Wildlife Habitat. *Conservation Biology*, 24(4), pp.974–983. Available at:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20184652>
- Hu, Q., Zillig, L. M. P., Lynne, G. D., Tomkins, A. J., Waltman, W. J., Hayes, M. J., Hubbard, K.G., Artikov, I., Hoffman, S.J., Wilhite, D. A., 2006. Understanding farmer’s forecast use from their beliefs, values, social norms, and perceived obstacles. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 45(9), pp.1190–1201. Available at:
<http://vnweb.hwwilsonweb.com/hww/jumpstart.jhtml?recid=0bc05f7a67b1790e331f3c605ea16e8b8c4a6665b3c1eb371a5bfaba0b2ee4dd159d58229e3725a6&fmt=H>
<http://vnweb.hwwilsonweb.com/hww/jumpstart.jhtml?recid=0bc05f7a67b1790e331f3c605ea16e8b8c4a6665b3c1eb371a5bfaba0b>
- Hugh, J. & Robinson, J., 2013. *The World Atlas of Wine*, London. Available at:
<http://doi.wiley.com/10.1111/joms.12012>

- Huglin, P., 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. *Comptes rendus des seances*. Available at: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301392531>
- Hunt, S.D. & Morgan, R.M., 1996. The Resource-Advantage Theory of Competition: Dynamics, Path Dependencies, and Evolutionary Dimensions. *Journal of Marketing*, 60(4), p.107. Available at: <http://www.jstor.org/stable/1251905?origin=crossref>
- Iglesias, A., Quiroga, S., Moneo, M., & Garrote, L., 2012. From climate change impacts to the development of adaptation strategies: Challenges for agriculture in Europe. *Climatic Change*, 112(1), pp.143–168. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10584-011-0344-x>
- IPCC, 2001a. Climate Change 2001: The scientific basis, intergovernmental panel on climate change. *by JT Houghton, Y. Ding, DJ Griggs, et al.*
- IPCC, 2013. Climate change 2013 : the physical science basis, summary for policymakers in climate change 2013: the physical science basis, contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.
- IPCC, 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY.
- IPCC, 2015. Climate Change 2014 Synthesis Report The Core Writing Team Core Writing Team Technical Support Unit for the Synthesis Report, IPCC.
- IPCC, 2001b. IPCC climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change., Cambridge. Available at: <https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/>.
- Jablonski, L.M., Wang, X. & Curtis, P.S., 2002. Plant reproduction under elevated CO2 conditions: a meta-analysis of reports on 79 crop and wild species. *New Phytologist*, 156(1), pp.9–26. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1469-8137.2002.00494.x>
- Jaffe, A.B., 1996. Economic analysis of research spillovers: Implications for the advanced technology program. *Economic assessment office, the advanced technology program, national institutes of standards and technology, US Department of Commerce*. Available at: https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=sQRJAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT89&dq=Economic+analysis+of+research+spillovers&ots=Mgp1BWD5js&sig=F_UUXCNUYp9wTpchABCQ2BAecz0#v=onepage&q=Economic+analysis+of+research+spillovers&f=false
- Jaffe, A.B., Trajtenberg, M. & Henderson, R., 1993. Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations. *The Quarterly Journal of Economics*, 108(3), pp.577–598. Available at: <https://academic.oup.com/qje/article-lookup/doi/10.2307/2118401>
- Janssen, M.A. & Ostrom, E., 2006. Resilience, vulnerability, and adaptation: A cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. *Global Environmental Change*, 16(3), pp.237–239. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378006000380>
- Jarosz, A.F. & Wiley, J., 2014. What Are the Odds? A Practical Guide to Computing and Reporting Bayes Factors. *The Journal of Problem Solving*, 7(1). Available at: <http://docs.lib.purdue.edu/jps/vol7/iss1/2>
- Jevons William Stanley, 1871. *The theory of political economy*, Macmillan and Company. Available at: <http://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/260384>
- Johnson, S., Low-Choy, S. & Mengersen, K., 2012. Integrating Bayesian networks and geographic information systems: Good practice examples. *Integrated Environmental Assessment and*

Management, 8(3), pp.473–479. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/ieam.262>

- Jones, G. & Goodrich, G., 2008. Influence of climate variability on wine regions in the western USA and on wine quality in the Napa Valley. *Climate Research*, 35(3), pp.241–254. Available at: <http://www.int-res.com/abstracts/cr/v35/n3/p241-254/>
- Jones, G. & Schultz, H., 2016. Climate change and emerging cool climate wine regions. *Wine & Viticulture Journal*, 31(6), pp.51–53. Available at: https://inside.sou.edu/assets/bce/envirostudies/gjones_docs/Jones__Schultz_NovDec2016WVJ.pdf
- Jones, G. V., 2007. Climate change and the global wine industry. In *Proceedings of the 13th Annual Australian Wine Industry Technical Conference, Adelaide*. Available at: http://www.sou.edu/Geography/JONES/AWITC_GJones.pdf.
- Jones, G. V., 2006. Climate change and the global wine industry. *Thirteenth Australian Wine Industry Technical Conference*, 21(Jones), pp.1–8.
- Jones, G. V., 2012. Climate, grapes, and wine: Structure and suitability in a changing climate. In *Acta Horticulturae*. pp. 19–28. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84863632375&partnerID=tZOtx3y1>.
- Jones, G. V., White, M. A., Cooper, O. R., & Storchmann, K., 2005. Climate Change and Global Wine Quality. *Climatic Change*, 73(3), pp.319–343. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10584-005-4704-2>
- Jones, G. V. & Davis, R.E., 2000. Climate Influences on Grapevine Phenology, Grape Composition, and Wine Production and Quality for Bordeaux, France. *Am. J. Enol. Vitic.*, 51(3), pp.249–261. Available at: <http://www.ajevonline.org/content/51/3/249.short>
- Jones, G. V., Reid, R. & Vilks, A., 2012. Climate, grapes, and wine: Structure and suitability in a variable and changing climate. In *The Geography of Wine: Regions, Terroir and Techniques*. Springer Netherlands, pp. 109–133. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84930913140&partnerID=tZOtx3y1>.
- Jones, G. V. & Storchmann, K. H., 2001. Wine market prices and investment under uncertainty: an econometric model for Bordeaux Crus Classes. *Agricultural Economics*, 26(2), pp.115–133. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1574-0862.2001.tb00058.x>
- Jones, G. & Webb, L., 2010. Climate change, viticulture, and wine: challenges and opportunities. *Journal of Wine Research*. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09571264.2010.530091>
- Jørgensen, S.E. & Bendoricchio, G., 2001. Fundamentals of ecological modelling. *Elsevier*, 21. Available at: <https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=hd7aPFIdvTcC&oi=fnd&pg=PP2&dq=Jorgensen+e+Bendoricchio,+2001&ots=O4mfOjg6ba&sig=awy94fNwICgANf6VInD2Bwtp-T4#v=onepage&q=Jorgensen e Bendoricchio%2C 2001&f=false>
- Kahneman, D. & Tversky, A., 1979. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(2), p.263. Available at: <http://www.jstor.org/stable/1914185?origin=crossref>
- Kaiser, H. M., Riha, S. J., Wilks, D. S., Rossiter, D. G., & Sampath, R., 1993. A Farm-Level Analysis of Economic and Agronomic Impacts of Gradual Climate Warming. *American Journal of Agricultural Economics*, 75(2), p.387. Available at: <https://academic.oup.com/ajae/article-lookup/doi/10.2307/1242923>
- Kassinis, G. & Vafeas, N., 2006. Stakeholder pressures and environmental performance. *Academy of Management Journal*, 49(1), pp.145–159. Available at: <http://amj.aom.org/cgi/doi/10.5465/AMJ.2006.20785799>
- Katz, R., 2002. Techniques for estimating uncertainty in climate change scenarios and impact studies. *Climate Research*, 20(2), pp.167–185. Available at: <http://www.int->

res.com/abstracts/cr/v20/n2/p167-185/

- Keeble, D. & Wilkinson, F., 1999. Collective Learning and Knowledge Development in the Evolution of Regional Clusters of High Technology SMEs in Europe. *Regional Studies*, 33(4), pp.295–303. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00343409950081167>
- Keller, M., 2010. Managing grapevines to optimise fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16, pp.56–69. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1755-0238.2009.00077.x>
- Kelly, D., Kolstad, C. & Mitchell, G., 2005. Adjustment costs from climate change. *J. Environ. Econ. Manag.* Available at: https://scholar.google.it/scholar?q=Adjustment+costs+from+climate+change+kelly&btnG=&hl=it&as_sdt=0%2C5
- Kelly, P.M. & Adger, W.N., 2000. Theory and Practice in Assessing Vulnerability to Climate Change and Facilitating Adaptation. *Climatic Change*, 47(4), pp.325–352. Available at: <http://link.springer.com/10.1023/A:1005627828199>
- Kenny, G.J. & Harrison, P.A., 1992. The effects of climate variability and change on grape suitability in Europe. *Journal of Wine Research*, 3(3), pp.163–183. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09571269208717931>
- Kenny, G.J. & Shao, J., 1992. An assessment of a latitude-temperature index for predicting climate suitability for grapes in Europe. *Journal of Horticultural Science*, 67(2), pp.239–246. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00221589.1992.11516243>
- Kimball, B.A., Kobayashi, K. & Bindi, M., 2002. Responses of Agricultural Crops to Free-Air CO₂ Enrichment. In *Advances in Agronomy*. pp. 293–368.
- Kirkpatrick, N., 2011. Will Global Warming Affect the Wine Industry? *mnn.com*. Available at: <http://www.mnn.com/food/beverages/stories/will-global-warming-affect-the-wine-industry>. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1755-0238.1999.tb00295.x>.
- Kiron, D., Kruschwitz, N., Reeves, M., Goh, E., 2013. The Benefits of Sustainability-Driven Innovation. *MIT Sloan Management Review; Cambridge* 54.2 (Winter 2013): 69-73. .
- Kliewer, W.M., 1977a. Effect of High Temperatures during the Bloom-Set Period on Fruit-Set, Ovule Fertility, and Berry Growth of Several Grape Cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(4).
- Kliewer, W.M., 1977b. Influence of Temperature, Solar Radiation and Nitrogen on Coloration and Composition of Emperor Grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(2).
- Kliewer, W.M. & Torres, R.E., 1972. Effect of Controlled Day and Night Temperatures on Grape Coloration. *American Journal of Enology and Viticulture*, 23(2).
- Knowler, D. & Bradshaw, B., 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food Policy*, 32(1), pp.25–48.
- Koopmans, T.C., 1951. Efficient Allocation of Resources. *Econometrica*, 19(4), p.455. Available at: <http://www.jstor.org/stable/1907467?origin=crossref>
- Kriedemann, P.E., Smart, R.E., 1971. Effects of irradiance, temperature, and leaf water potential on photosynthesis of vine leaves. *Photosynthetica*.
- Kriedemann, P., Sward, R. & Downton, W., 1976. Vine Response to Carbon Dioxide Enrichment During Heat Therapy. *Australian Journal of Plant Physiology*, 3(5), p.605. Available at: <http://www.publish.csiro.au/?paper=PP9760605>

- Kurukulasuriya, P., Kala, N. & Mendelsohn, R., 2011. Adaptation and climate change impacts: a structural ricardian model of irrigation and farm income in africa. *Climate Change Economics*, 2(2), pp.149–174. Available at: <http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S2010007811000255>
- Kurukulasuriya, P. & Rosenthal, S., 2003. Climate change and agriculture: A review of impacts and adaptations. *World bank climate change series paper no. 91*, Available at: www.ijtrd.com
- Ladanyi, M., & Erdelyi, E., 2007. Climate change and risk assessment in Hungarian viticulture: a methodological approach. In *International Conference on Agricultural Economics, Rural Development and Informatics*, March, Debrecen, Hungary. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2427.1991.tb01405.x>
- Lallanilla, M., 2013. Will Global Warming Crush the Wine Industry? *Live science*. Available at: <http://www.livescience.com/28577-wine-global-warming.html>.
- Laudenslager, M.S., Holt, D.T. & Lofgren, S.T., 2004. Understanding air force members' intentions to participate in pro-environmental behaviors: an application of the theory of planned behavior. *Perceptual and Motor Skills*, 98(3c), pp.1162–1170. Available at: <http://pms.sagepub.com/lookup/doi/10.2466/pms.98.3c.1162-1170>
- Laye, J. & Laye, M., 2006. Economic assessment of the Champagne wine qualitative stock mechanism. *RAIRO - Operations Research*, 40(2), pp.235–251. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33750314769&partnerID=tZOtx3y1>
- Lecocq, S. & Visser, M., 2012. Spatial Variations in Weather Conditions and Wine Prices in Bordeaux. *Journal of Wine Economics*, 1(2), pp.114–124. Available at: http://journals.cambridge.org/abstract_S1931436100000158
- Leibenstein, H., 1966. Incremental Capital-Output Ratios and Growth Rates in the Short Run. *The Review of Economics and Statistics*, 48(1), p.20. Available at: <http://www.jstor.org/stable/1924854?origin=crossref>
- Lereboullet, A.-L., Beltrando, G. & Bardsley, D.K., 2012. Climate change and viticulture in Mediterranean climates: the complex response of socio-ecosystems. A comparative case study from France and Australia (1955-2040). *EGU General Assembly 2012, held 22-27 April, 2012 in Vienna, Austria.*, p.194, 14, p.194.
- Lereboullet, A.-L., Beltrando, G. & Bardsley, D.K., 2013. Socio-ecological adaptation to climate change: A comparative case study from the Mediterranean wine industry in France and Australia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 164, pp.273–285. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880912003830>.
- Lipparini, A., 1998. *Le competenze organizzative - sviluppo, condivisione, trasferimento - Andrea Lipparini (a cura di) - Libri usati - Tesionline*. Milano. Available at: <http://www.tesionline.it/libri-usati/schedalibro.jsp?BookID=1686>
- Lobell, D. B., Field, C. B., Cahill, K. N., & Bonfils, C., 2006. Impacts of future climate change on California perennial crop yields: Model projections with climate and crop uncertainties. *Agricultural and Forest Meteorology*, 141(2–4), pp.208–218. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33845297262&partnerID=tZOtx3y1>
- Lynam, T., De Jong, W., Sheil, D., Kusumanto, T., & Evans, K., 2006. A Review of Tools for Incorporating Community Knowledge, Preferences, and Values into Decision Making in Natural Resources Management. , 12(1, article 5).
- Magarey, P.A., Wachtel, M.F. & Emmett, R.W., 1994. Disease management - overview. In: Nicholas, P., Magarey, P.A. and Wachtel, M.F. (eds.), *Diseases and Pests. Grape Production Series*, 1, pp.75–80. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s001220050611>

- Maggino, F., 2005. L'analisi dei dati nell'indagine statistica. Volume 1. *Firenze University Press*,.
- Mahoney, J.T. & Pandian, J.R., 1992. The resource-based view within the conversation of strategic management. *Strategic Management Journal*, 13(5), pp.363–380. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/smj.4250130505>
- Maixner, M. & Holz B., 2003. Risks by invasive species for viticulture. *Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Reihe A, Angewandte Wissenschaft*, pp.154–164.
- Malerba, F., 2002. Sectoral systems of innovation and production. *Research policy*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733301001391>
- Malmberg, A. & Maskell, P., 2002. The Elusive Concept of Localization Economies: Towards a Knowledge-Based Theory of Spatial Clustering. *Environment and Planning A*, 34(3), pp.429–449. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1068/a3457>
- Mancino, M.A., 2012. Estimating the effect of climate change on Argentine viticulture. *American Association of Wine Economists*, ISSN 2166-(111).
- Mano, R. & Nhemachena, C., 2007. Assessment of the Economic Impacts of Climate Change on Agriculture in Zimbabwe: A Ricardian Approach. Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1004406
- Maracchi, G., Sirotenko, O. & Bindi, M., 2005. Impacts of Present and Future Climate Variability on Agriculture and Forestry in the Temperate Regions: Europe. , pp.117–135.
- Marcot, B. G., Steventon, J. D., Sutherland, G. D., & McCann, R. K., 2006. Guidelines for developing and updating Bayesian belief networks applied to ecological modeling and conservation. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(12), pp.3063–3074. Available at: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/x06-135>
- Marcot, B. G., Holthausen, R. S., Raphael, M. G., Rowland, M. M., & Wisdom, M. J., 2001. Using Bayesian belief networks to evaluate fish and wildlife population viability under land management alternatives from an environmental impact statement. *Forest Ecology and Management*, 153(1–3), pp.29–42. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378112701004522>
- Marras, S., Masia, S., Duce, P., Spano, D., & Sirca, C., 2015. Carbon footprint assessment on a mature vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214–215, pp.350–356. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192315007054>
- Marshall, A., 1920. *Industry and trade : a study of industrial technique and business organization* London : MacMillan, ed., Available at: <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/1776123> 2017].
- Mary F. Kokoski and V. Kerry Smith, 1987. A General Equilibrium Analysis of Partial-Equilibrium Welfare Measures: The Case of Climate Change. *The American Economic Review*, 77(3), pp.331–341. Available at: http://www.jstor.org/stable/1804098?seq=1#page_scan_tab_contents
- Maskell, P., 2001. Towards a Knowledge-based Theory of the Geographical Cluster. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), pp.921–943. Available at: <https://academic.oup.com/icc/article-lookup/doi/10.1093/icc/10.4.921>
- Matthews, A., 2012. Greening the cap: the way forward. *QA Rivista dell'Associazione Rossi-Doria*. Available at: https://www.francoangeli.it/riviste/Scheda_rivista.aspx?IDArticolo=47254
- McGregor, P.G., Swales, J.K. & Yin, Y.P., 2006. A long-run interpretation of regional input-output analysis. *Journal of Regional Science*, 36(3), pp.479–501. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1467-9787.1996.tb01113.x>

- Mendelsohn, R., Arellano-Gonzalez J. & Christensen P., 2010. A Ricardian analysis of Mexican farms. *Environment and Development Economics*, 15(2), p.153.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. & Shaw, D., 1996. Climate impacts on aggregate farm value: accounting for adaptation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 80(1), pp.55–66. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/016819239502316X>
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. D., & Shaw, D., 1994. The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis on JSTOR. *The American Economic Review*, 84(4), pp.753–771. Available at: <http://www.jstor.org/stable/2118029>
- Mendelsohn, R. & Schlesinger, M.E., 1999. Climate-response functions. *Ambio*, 28(4), pp.362–366.
- Menger, C., 1971. *Principi di economia politica*, Utet Libri.
- Menzel, A., von Vopelius, J., Estrella, N., Schleip, C., & Dose, V., 2006. Farmers' annual activities are not tracking the speed of climate change. *Climate Research*, 32(3), pp.201–207.
- Merli, R. 2012. *La responsabilità sociale d'impresa. Aspetti teorici e strumenti operativi*, Cedam.
- Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R., Meyer, L.A., 2007. *Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC.*, Cambridge.
- Michalisin, M.D. & Stinchfield, B.T., 2010. Climate Change Strategies and Firm Performance: An Empirical Investigation of the Natural Resource-Based View of the Firm. *Journal of Business Strategies; Huntsville*27.2.
- Miles, R. E., Snow, C. C., Meyer, A. D., & Coleman, H. J., 1978. Organizational Strategy, Structure, and Process. *Academy of Management Review*, 3(3), pp.546–562. Available at: <http://amr.aom.org/cgi/doi/10.5465/AMR.1978.4305755>
- Milesta, R., Dedieu, B., Darnhofer, I., 2012. *Farms and farmers facing change: The adaptive approach* I. Darnhofer, D. Gibbon, & B. Dedieu, eds., Dordrecht: Springer Netherlands. Available at: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-94-007-4503-2>
- Mills, E., 2005. Insurance in a Climate of Change. *Science*, 309(5737).
- Mira de Orduña, R., 2010. Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International*, 43(7), pp.1844–1855. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996910001535>
- Montgomery, C.A., 1995. *Resource-Based and Evolutionary Theories of the Firm: Towards a Synthesis - Google Libri* K. Dordrecht, ed., Available at: https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=3f_2BwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=Resource-based+and+Evolutionary+Theories+of+the+Firm&ots=qs2QmXPxEo&sig=afEMSpf8AldPOgMy00-9mwy246g#v=onepage&q=Resource-based and Evolutionary Theories of the Firm&f=false
- Moran, W., 2006. *C Crafting terroir: People in cool climates, soils, and markets*. In *Sixth cool climate symposium for viticulture and oenology, Christchurch, New Zealand*.
- Morano M., 2009. Imperversa il dibattito sui cambiamenti climatici. *Nexus New Times* 80. Available at: <https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=2Ph4bYrhL70C&oi=fnd&pg=PA19&dq=MORANO+M.,+2009.+Imperversa+il+dibattito+sui+cambiamenti+climatici.+&ots=Og8rNPo9X3&sig=-hzh-yBdGpKhPTmzsbZInGsvSZ0#v=onepage&q&f=false>
- Moriondo, M., Bindi, M., Kundzewicz, Z.W., Szwed, M., Chorynski, A., Matczak, P., Radziejewski, M., McEvoy, D., Wreford, A., 2010. Impact and adaptation opportunities for European agriculture in response to climatic change and variability. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15(7), pp.657–679. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s11027-010-9219-0>

- Morris, A., 2000. Globalisation and Regional Differentiation : the Mendoza Wine Region. *Journal of Wine Research*, 11(2), pp.145–153.
- Moutinho-Pereira, J., Gonçalves, B., Bacelar, E., Cunha, J. B., Countinho, J., & Correia, C. M., 2015. Effects of elevated CO₂ on grapevine (*Vitis vinifera* L.): Physiological and yield attributes. *VITIS - Journal of Grapevine Research*, 48(4), p.159.
- Mozell, M. & Thach, L., 2014. The impact of climate change on the global wine industry: Challenges & solutions. *Wine Economics and Policy*. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212977414000222>
- Mullan M., Kingsmill N., Kramer A. M., A.S., 2013. National Adaptation Planning: Lessons from OECD Countries. *OECD Environment Working Papers OECD Publishing*, 54.
- Mullins M.G., Bouquet, A., & Williams, L.E., 1992. *Biology of the Grapevine* Cambridge University Press, ed., Great Britain. Available at: [https://books.google.it/books?id=wnNvmRjfxgQC&pg=PR9&lpg=PR9&dq=Biology+of+the+Grapevine&source=bl&ots=L-k14lau7y&sig=TPCcCplh-hyqSHAFjs1okzyYq-Y&hl=it&sa=X&ved=0ahUKEwia7pmS6p3PAhUkAsAKHXqoAm4Q6AEIMTAD#v=onepage&q=Biology of the Grapevine&f=false](https://books.google.it/books?id=wnNvmRjfxgQC&pg=PR9&lpg=PR9&dq=Biology+of+the+Grapevine&source=bl&ots=L-k14lau7y&sig=TPCcCplh-hyqSHAFjs1okzyYq-Y&hl=it&sa=X&ved=0ahUKEwia7pmS6p3PAhUkAsAKHXqoAm4Q6AEIMTAD#v=onepage&q=Biology+of+the+Grapevine&f=false).
- Musango, J.K. & Peter, C., 2007. A Bayesian approach towards facilitating climate change adaptation research on the South African agricultural sector. *Agrekon*, 46(2), pp.245–259. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03031853.2007.9523770>
- Nelson, D.R., Adger, W.N. & Brown, K., 2007. Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework. *Annual Review of Environment and Resources*, 32(1), pp.395–419. Available at: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.energy.32.051807.090348>
- Nelson, R. 1995. Recent Evolutionary Theorizing About Economic Change on JSTOR. *Journal of Economic Literature* , 33(1). Available at: <http://www.jstor.org/stable/2728910>
- Nelson, R., & Winter, S., 1982. An Evolutionary Theory of Economic Change. University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship. *Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University*. Retrieved November, 10, 2013. Available at: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1496211
- Nemani, R. R., White, M. A., Cayan, D. R., Jones, G. V., Running, S. W., Coughlan, J. C., & Peterson, D. L., 2001. Asymmetric warming over coastal California and its impact on the premium wine industry. *Climate Research*, 19, pp.25–34. Available at: <http://www.int-res.com/abstracts/cr/v19/n1/p25-34/>
- Neto, B., Dias, A.C. & Machado, M., 2013. Life cycle assessment of the supply chain of a Portuguese wine: from viticulture to distribution. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(3), pp.590–602. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s11367-012-0518-4>
- Nicolucci, V., Galli, A., Kitzes, J., Pulselli, R. M., Borsa, S., & Marchettini, N., 2008. Ecological Footprint analysis applied to the production of two Italian wines. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 128(3), pp.162–166. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880908001771>
- Nicholas, K.A. & Durham, W.H., 2012. Farm-scale adaptation and vulnerability to environmental stresses: Insights from winegrowing in Northern California. *Global Environmental Change*, 22(2), pp.483–494. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.001>.
- Notarnicola, B., Tassielli, G., Nicoletti, G.M., 2003. Environmentally-friendly Food Processing. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, pp.306–326.

- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., Javed, A., Bhadwal, S., Barg, S., Nygaard, L., West, J., 2004. Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change*, 14(4), pp.303–313.
- OECD, 2012. Farmer Behaviour, Agricultural Management and Climate Change.
- Olesen, J.E., 2005. Climate change as a driver for European agriculture. *Danish Institute of Agricultural Sciences*.
- Olesen, J. E., Petersen, B. M., Berntsen, J., Hansen, S., Jamieson, P. D., & Thomsen, A. G., 2002. Comparison of methods for simulating effects of nitrogen on green area index and dry matter growth in winter wheat. *Field Crops Research*, 74(2), pp.131–149.
- Olesena, J.E., Trnkab, M., Kersebaumc, K.C., Skjelvågd, A.O., Seguine, B., Peltonen-Sainiof, P., Rossig, F., Kozyrah, J., Micalei, F., 2011. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34(2), pp.96–112. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030110001061>
- Olesen, J.E. & Bindi, M., 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16(4), pp.239–262. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030102000047>.
- Oliver, C., 1997. Sustainable Competitive Advantage: Combining Institutional and Resource-Based Views on JSTOR. *Strategic Management Journal*, 18(9). Available at: http://www.jstor.org/stable/3088134?seq=1#page_scan_tab_contents
- Olmstead, C.W., 1970. "The phenomena, functioning units and systems of agriculture. *Geographica Polonica*, 19, pp.31–41.
- Orlitzky, M., Schmidt, F.L. & Rynes, S.L., 2003. Corporate Social and Financial Performance: A Meta-Analysis. *Organization Studies*, 24(3), pp.403–441. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0170840603024003910>
- Paeth, H., Scholten, A., Friederichs, P., & Hense, A., 2008. Uncertainties in climate change prediction: El Niño-Southern Oscillation and monsoons. *Global and Planetary Change*, 60(3), pp.265–288.
- Palutikof, J. P., Goodess, C. M., Watkins, S. J., & Holt, T., 2002. Generating Rainfall and Temperature Scenarios at Multiple Sites: Examples from the Mediterranean. *Journal of Climate*, 15(24), pp.3529–3548. Available at: <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0442%282002%29015%3C3529%3AGRATSA%3E2.0.CO%3B2>
- Park, S. E., Marshall, N. A., Jakku, E., Dowd, A. M., Howden, S. M., Mendham, E., & Fleming, A., 2012. Informing adaptation responses to climate change through theories of transformation. *Global Environmental Change*, 22(1), pp.115–126. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378011001555>
- P Parry, M., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Fischer, G., & Livermore, M., 1999. Climate change and world food security: a new assessment. *Global Environmental Change*, 9, pp.S51–S67.
- Pattara, C., Raggi, A. & Cichelli, A., 2012. Life Cycle Assessment and Carbon Footprint in the Wine Supply-Chain. *Environmental Management*, 49(6), pp.1247–1258. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s00267-012-9844-3>
- Paustian, L., Babcock, B., Hatfield, Jerry L., Lal, R., McCarl, Bruce A., McLaughlin, S., Mosier, A., Rice, C., Robertson, G.P., Rosenberg, N., Rosenzweig, C., 2004. Agricultural Mitigation of Greenhouse Gases: Science and Policy Options. *Ames, Iowa, Council for Agricultural Science and Technology*.
- Penrose, E., 1959. *The theory of the firm*, NY: John Wiley & Sons.

- Penrose, E., 1952. Biological Analogies in the Theory of the Firm. *The American Economic Review*. Available at: http://www.jstor.org/stable/1812528?seq=1#page_scan_tab_contents
- Petti, L., Raggi, A., De Camillis, C., Matteucci, P., Sára, B., Pagliuca, G., 2006. Life cycle approach in an organic wine-making firm: an Italian case-study. In *Proceedings Fifth Australian Conference on Life Cycle Assessment*. Melbourne, Australia.
- Pichery Marie-Claude et Bourdon Françoise, 2007. Éléments de réflexion sur quelques impacts économiques du réchauffement climatique sur la filière vitivinicole en Bourgogne. In *Global warming, which potential impacts on the vineyards?*. Available at: <http://press.endocrine.org/doi/10.1210/jc.2014-4323>
- Pielke, R.A., 1998. Rethinking the role of adaptation in climate policy. *Global Environmental Change*, 8(2), pp.159–170. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378098000119>
- Pincus, R., 2003. Wine, Place, and Identity in a Changing Climate. *Gastronomica: The Journal of Critical Food Studies*, 3(2), pp.87–93. Available at: <http://gafs.ucpress.edu/content/3/2/87.abstract>
- Pizzigallo, A.C.I., Granai, C. & Borsa, S., 2008. The joint use of LCA and emergy evaluation for the analysis of two Italian wine farms. *Journal of Environmental Management*, 86(2), pp.396–406. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479706002374>.
- Point, E., Tyedmers, P. & Naugler, C., 2012. Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada. *Journal of Cleaner Production*, 27, pp.11–20. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611005762>
- Poni, S., Bernizzoni, F. & Civardi, S., 2007. Response of “Sangiovese” grapevines to partial root-zone drying: Gas-exchange, growth and grape composition. *Scientia Horticulturae*, 114(2), pp.96–103.
- Porter, M. & Reinhardt, F., 2007. A Strategic Approach to Climate. *Harvard Business Review*, 85, pp.22–26.
- Porter, M.E., 1985. Competitive advantage: creating and sustaining superior performance.
- Porter, M.E., 1981. The Contributions of Industrial Organization To Strategic Management. *Academy of Management Review*, 6(4), pp.609–620. Available at: <http://amr.aom.org/cgi/doi/10.5465/AMR.1981.4285706>
- Pouder, R. & St. John, C.H., 1996. Hot spots and blind spots: geographical clusters of firms and innovation. *Academy of Management Review*, 21(4), pp.1192–1225. Available at: <http://amr.aom.org/cgi/doi/10.5465/AMR.1996.9704071867> [
- Pouget, R., 1963. Recherches physiologiques sur le repos végétatif de la vigne (*Vitis vinifera* L.): La dormance des bourgeons et le mécanisme de sa disparition, Paris. Available at: <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/495601>
- Povellato, A., 2012. *La questione fondiaria oggi. Dalla piccola proprietà contadina all'aggregazione tra imprese*, Available at: <http://www.nature.com/doi/10.1038/542271b>
- Preston, B.L., Westaway, R.M. & Yuen, E.J., 2011. Climate adaptation planning in practice: an evaluation of adaptation plans from three developed nations. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 16(4), pp.407–438. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s11027-010-9270-x>
- Prins, G. & Rayner, S., 2007. Time to ditch Kyoto. *Nature*, 449(7165), pp.973–975. Available at: <http://www.nature.com/doi/10.1038/449973a>
- Prutsch A., Grothmann T., Schauser I., O.S. & McCallum S., 2010. Guiding principles for adaptation to climate change in Europe. *European Environment Agency ETC/ACC Technical Paper 2010/6*.
- Quiroga, S. & Iglesias, A., 2009. A comparison of the climate risks of cereal, citrus, grapevine and olive

production in Spain. *Agricultural Systems*, 101(1), pp.91–100.

Ramirez-Villegas J, Challinor AJ, Thornton PK, J.A., 2013. Implications of regional improvement in global climate models for agricultural impact research. *Environmental Research Letters*.

Ramos, M., Jones, G. & Martínez-Casasnovas, J., 2008. Structure and trends in climate parameters affecting winegrape production in northeast Spain. *Climate Research*, 38(1), pp.1–15. Available at: <http://www.int-res.com/abstracts/cr/v38/n1/p1-15/> [

Reidsma, P., Ewert, F., Lansink, A. O., & Leemans, R., 2010. Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: The importance of farm level responses. *European Journal of Agronomy*, 32(1), pp.91–102. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030109000586>

Reidsma, P., Ewert, F., Boogaard, H., & van Diepen, K., 2009. Regional crop modelling in Europe: The impact of climatic conditions and farm characteristics on maize yields. *Agricultural Systems*, 100(1–3), pp.51–60. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308521X0900002X>

Reidsma, P., Ewert, F., Lansink, A. O., & Leemans, R., 2009. Vulnerability and adaptation of European farmers: a multi-level analysis of yield and income responses to climate variability. *Regional Environmental Change*, 9(1), pp.25–40.

Richards, R., Sanó, M., Roiko, A., Carter, R. W., Bussey, M., Matthews, J., & Smith, T. F., 2013. Bayesian belief modeling of climate change impacts for informing regional adaptation options. *Environmental Modelling & Software*, 44, pp.113–121. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S136481521200206X>

Risbey, J., Kandlikar, M., Dowlatabadi, H., & Graetz, D., 1999. Scale, context, and decision making in agricultural adaptation to climate variability and change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4(2), pp.137–165. Available at: <http://link.springer.com/10.1023/A:1009636607038>

Robertson, I., Lucy, D., Baxter, L., Pollard, A. M., Aykroyd, R. G., 1999. A kernel-based Bayesian approach to climatic reconstruction. *The Holocene*, 9(4), pp.495–500. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1191/095968399676373488>

Robinson J., 2006. *The Oxford Companion to Wine* Oxford University Press, ed., Oxford and New York. Available at: <https://www.amazon.com/Oxford-Companion-Wine-Jancis-Robinson/dp/0198609906>.

Rochard, J., Clement, J. & Sthiyeri, A., 2006. The evolution of grape harvest dates in relation to climate change. *Sixth International Cool Climate Symposium for*. Available at: https://scholar.google.com/scholar?q=rochard+2006+grape&btnG=&hl=it&as_sdt=0%2C5

Rodo, X. & Comin, F.A., 2000. Links between large-scale anomalies, rainfall and wine quality in the Iberian Peninsula during the last three decades. *Global Change Biology*, 6(3), pp.267–273. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1365-2486.2000.00299.x>

Roeckner, E., Bäuml, G., Bonaventura, L., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M., Hagemann, S., Kirchner, I., Kornblueh, L., Manzini, E., Rhodin, A., Schlese, U., Schulzweida, U., Tompkins, A., 2003. The atmospheric general circulation model ECHAM 5. PART I: Model description. *Max-Planck-Institute for Meteorology*. Available at: www.mpimet.mpg.d

Roiko, A., Mangoyana, R. B., McFallan, S., Carter, R. W., Oliver, J., & Smith, T. F., 2012. Socio-economic trends and climate change adaptation: the case of South East Queensland. *Australasian Journal of Environmental Management*, 19(1), pp.35–50. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14486563.2011.646754>

Romanelli, E. & Khessina, O.M., 2005. Regional Industrial Identity: Cluster Configurations and Economic Development. *Organization Science*, 16(4), pp.344–358. Available at:

<http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/orsc.1050.0131>

- Romer, P.M., 1990. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), pp.S71–S102. Available at: <http://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/261725>
- Ronneberger, K., Berrittella, M., Bosello, F., & Tol, R. S., 2009. KLUM@GTAP: Introducing Biophysical Aspects of Land-Use Decisions into a Computable General Equilibrium Model a Coupling Experiment. *Environmental Modeling & Assessment*, 14(2), pp.149–168. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10666-008-9177-z>
- Rouder, J.N., 2014. Optional stopping: No problem for Bayesians. *Psychonomic Bulletin & Review*, 21(2), pp.301–308. Available at: <http://link.springer.com/10.3758/s13423-014-0595-4>
- Rugani, B., Vázquez-Rowe, I., Benedetto, G., & Benetto, E., 2013. A comprehensive review of carbon footprint analysis as an extended environmental indicator in the wine sector. *Journal of Cleaner Production*, 54, pp.61–77. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613002801>
- Rumelt, R.P. & Lamb, R., 1984. *Competitive strategic management*, Available at: https://scholar.google.it/scholar?q=Rumelt%2C+1984&btnG=&hl=it&as_sdt=0%2C5
- Rumla, M., Vukovića, A., Vujadinovića, M., Djurdjević, V., Ranković-Vasića, Z., Atanackovića, Z., Sivčeva, B., Markovića, N., Matijaševića, S., Petrovića, N., 2012. On the use of regional climate models: Implications of climate change for viticulture in Serbia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 158–159, pp.53–62. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016819231200055X>
- Russo, M. V. & Fouts, P.A., 1997. A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability. *Academy of Management Journal*, 40(3), pp.534–559. Available at: <http://amj.aom.org/cgi/doi/10.2307/257052>
- S. Castellari, S. Venturini, F. Giordano, A. Ballarin Denti, A. Bigano, M. Bindi, F. Bosello, L. Carrera, M.V. Chiriaco, R. Danovaro, F. Desiato, A. Filpa, S. Fusani, M. Gatto, D. Gaudio, O. Giovanardi, C. Giupponi, S. Gualdi, F. Guzzetti, M. Lapi, A. L. M.Z., 2014. Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici. *Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma*.
- Saadi, S., Todorovic, M., Tanasijevic, L., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., & Lionello, P., 2015. Climate change and Mediterranean agriculture: Impacts on winter wheat and tomato crop evapotranspiration, irrigation requirements and yield. *Agricultural Water Management*, 147, pp.103–115.
- Sacco, Pier Luigi, and S.Z., 2006. Teoria economica e relazioni interpersonali. *Il mulino*.
- S Dobrev, T Slavcheva, K.S., 1981. Effect of CO₂ enriched air dressing on the photosynthesis and the productivity of young grapevine plants. *Hortic and Vitic Science*, 18: 86–93. Available at: [https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Effect of CO₂ enriched air dressing on the photosynthesis and the productivity of young grapevine plants&author=S. Dobrev&author=T. Slavcheva&author=K. Stoev&journal=Hort](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Effect+of+CO2+enriched+air+dressing+on+the+photosynthesis+and+the+productivity+of+young+grapevine+plants&author=S.+Dobrev&author=T.+Slavcheva&author=K.+Stoev&journal=Hort)
- Sadras, V.O., Bubner, R. & Moran, M.A., 2012. *A large-scale, open-top system to increase temperature in realistic vineyard conditions*,
- Sadras, V.O., Petrie, P.R. & Moran, M.A., 2013. Effects of elevated temperature in grapevine. II juice pH, titratable acidity and wine sensory attributes. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 19(1), pp.107–115. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/ajgw.12001>
- Salinari, F., Giosuè, S., Tubiello, F.N., Rettori, A., Rossi, V., Spanna, F., Rosenzweig, C., Gullino, M.I., 2006. Downy mildew (*Plasmopara viticola*) epidemics on grapevine under climate change. *Global Change Biology*, 12(7), pp.1299–1307. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2486.2006.01175.x>

- De Salvo, M., Begalli, D., Capitello, R., & Signorello, G., 2015. A spatial micro-econometric approach to estimating climate change impacts on wine firm performance: A case study from Moldavia region, Romania. *Agricultural Systems*, 141, pp.48–57. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84944040571&partnerID=tZOtx3y1>
- Santisi J., 2011. Warming Up the Wine Industry. *Environ. Mag*, 22 (6), pp.15–17. Available at: <http://connection.ebscohost.com/c/articles/67163932/warming-up-wine-industry>.
- Santos, J. A., Malheiro, A. C., Karremann, M. K., & Pinto, J. G., 2011. Statistical modelling of grapevine yield in the Port Wine region under present and future climate conditions. *International Journal of Biometeorology*, 55(2), pp.119–131. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s00484-010-0318-0>
- Satimanon, T., & Weatherspoon, D. (2011). Food Manufacturers' Sustainable Product Launch Strategy: Game Theory Approach, pp.24–26.
- Saxenian, A. & Saxenian, A., 1994. Regional Networks: Industrial Adaptation in Silicon Valley and Route 128. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.527.938>
- Schimmelpfennig, D., Lewandrowski, J., Reilly, J., Tsigas, M., & Parry, I. (1996). Agricultural adaptation to climate change: Issues of longrun suitability. Washington, DC, AER-740.
- Schleip, C., Menzel, A., Estrella, N., & Dose, V., 2006. The use of Bayesian analysis to detect recent changes in phenological events throughout the year. *Agricultural and Forest Meteorology*, 141(2), pp.179–191.
- Schleip, C., Menzel, A. & Dose, V., 2010. Bayesian Methods in Phenology. In *Phenological Research*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 229–254. Available at: http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-90-481-3335-2_11
- Schlenker, W., Hanemann, W.M. & Fisher, A.C., 2005. Will U.S. Agriculture Really Benefit from Global Warming? Accounting for Irrigation in the Hedonic Approach on JSTOR. *The American Economic Review*, 95(1), pp.395–406. Available at: http://www.jstor.org/stable/4132686?seq=1#page_scan_tab_contents
- Schneider, S.H., Easterling, W.E. & Mearns, L.O., 2000. Adaptation: Sensitivity to Natural Variability, Agent Assumptions and Dynamic Climate Changes. *Climatic Change*, 45(1), pp.203–221. Available at: <http://link.springer.com/10.1023/A:1005657421149>
- Schultz, H., 2000. Climate change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(1), pp.2–12. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00156.x>
- Schultz, H.R., 2010. Climate Change and Viticulture: Research Needs for Facing the Future. *Journal of Wine Research*, 21(2–3), pp.113–116. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09571264.2010.530093>
- Schultz, H.R., 2000. Physiological mechanisms of water use efficiency in grapevines under drought conditions. *Acta Horticulturae*, (526), pp.115–136. Available at: http://www.actahort.org/books/526/526_9.htm
- Schultz, H.R. & Jones, G. V., 2010. Climate Induced Historic and Future Changes in Viticulture. *Journal of Wine Research*, 21(2–3), pp.137–145.
- Schulze, E.-D. & Mooney, H.A., 1994. Ecosystem Function of Biodiversity: A Summary. In *Biodiversity and Ecosystem Function*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 497–510. Available at: http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-58001-7_24
- Schumpeter, J., 1950. The march into socialism. *The American Economic Review*. Available at: <http://www.jstor.org/stable/1818062>

- Schumpeter, J.A., 1954. *History of Economic Analysis - Joseph A. Schumpeter - Google Libri* Routledge, ed., Available at: [https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=HZ1WpT5cbgcC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Schumpeter+\(1954&ots=GVxrcdxu7&sig=liV094PZTAtLq-o0vhFuz3J9eys#v=onepage&q=Schumpeter+\(1954&f=false](https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=HZ1WpT5cbgcC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Schumpeter+(1954&ots=GVxrcdxu7&sig=liV094PZTAtLq-o0vhFuz3J9eys#v=onepage&q=Schumpeter+(1954&f=false)
- Schumpeter, J.A., 1934. *The Theory of Economic Development: An Inquiry Into Profits, Capital, Credit ... - Joseph Alois Schumpeter - Google Libri*. Available at: https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=-OZwWcOGeOwC&oi=fnd&pg=PR6&dq=Schumpeter+1934&ots=iMbYtZveF9&sig=So7bRwA-HADQZjEgY-fH8_Px8kY#v=onepage&q=Schumpeter+1934&f=false
- Seiford, L.M. & Thrall, R.M., 1990. Recent developments in DEA. *Journal of Econometrics*, 46(1–2), pp.7–38. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/030440769090045U>
- Sfez, L. & Cauquelin, A., 2005. Analyse des attitudes face à l'adaptation au changement climatique: le cas de deux stations de moyenne montagne dans les Alpes-de-Haute-Provence. *Changement climatique, énergie et développement durable des territoires*. Available at: http://www.jstor.org/stable/1823775?seq=1#page_scan_tab_contents
- Shaw, A.B., 1999. The emerging cool climate wine regions of eastern Canada. *Journal of Wine Research*, 10(2), pp.79–94. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09571269908718164>
- Sherrington, C., Bartley, J. & Moran, D., 2008. Farm-level constraints on the domestic supply of perennial energy crops in the UK. *Energy Policy*, 36(7), pp.2504–2512.
- Shogren, J.F. & Taylor, L.O., 2008. On Behavioral-Environmental Economics. *Review of Environmental Economics and Policy*, 2(1), pp.26–44. Available at: <https://academic.oup.com/reep/article-lookup/doi/10.1093/reep/rem027>
- Silvestroni, O., Mattioli, S., Neri, D., Palliotti, A., & Cartechini, A. (2004, June). Down-regulation of photosynthetic activity for field-grown grapevines. In VII International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology 689 (pp. 285-292). Available at: http://www.actahort.org/books/689/689_33.htm
- Simon, H., 1947. *Administrative behavior; a study of decision-making processes in administrative organization*, Available at: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015047957>
- Slangen, L.H.G., Loucks, L.A. & Slangen, A.H.L., 2008. Institutional economics and economic organisation theory: An integrated approach. *Wageningen Academic Publishers*. Available at: <http://www.narcis.nl/publication/RecordID/oai:dare.uva.nl:publications%2F35c2de7e-5cc6-442a-8fe8-9b00eccf9398>
- Smart, D.R., Wolff, M.W., Carlisle, E., Del Mar Alsina Marti, M., 2009. Reducing Greenhouse Gas Emissions in the Vineyard: Advances in the Search to Develop More Sustainable Practices | Eli Carlisle - Academia.edu. Available at: https://www.academia.edu/2518357/Reducing_Greenhouse_Gas_Emissions_in_the_Vineyard_Advances_in_the_Search_to_Develop_More_Sustainable_Practices.
- Smit, B. & Pilifosova, O., 2003. From Adaptation to Adaptive Capacity and Vulnerability Reduction. In *Climate Change, Adaptive Capacity and Development*. PUBLISHED BY IMPERIAL COLLEGE PRESS AND DISTRIBUTED BY WORLD SCIENTIFIC PUBLISHING CO., pp. 9–28. Available at: http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9781860945816_0002
- Smit, B., Pilifosova, O. & Patwardhan, A., Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity 18. *IPCCwg2_ch18*.
- Smit, B. & Skinner, M.W., 2002. Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7(1), pp.85–114. Available at: <http://link.springer.com/openurl.asp?id=doi:10.1023/A:1015862228270>

- Smit, B. & Wandel, J., 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), pp.282–292.
- S Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogleh, S., O'Marai, F., Ricej, C., Scholesk, B., Sirotenkol, O., Howdenm, M., 2007. Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1), pp.6–28.
- Smithers, J. & Smit, B., 1997. Human adaptation to climatic variability and change. *Global Environmental Change*, 7(2), pp.129–146.
- Smyth, M. & Russell, J., 2009. "From graft to bottle"—Analysis of energy use in viticulture and wine production and the potential for solar renewable technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(8), pp.1985–1993.
- Social Market Foundation, 2008. Creatures of Habit? The Art of Behavioural Change - Social Market Foundation. Available at: <http://www.smf.co.uk/publications/creatures-of-habit-the-art-of-behavioural-change/>
- Sodano, V. & Hingley, M., 2013. The food system, climate change and CSR: from business to government case. *British Food Journal*, 115(1), pp.75–91. Available at: <http://www.emeraldinsight.com/10.1108/00070701311289885>
- Spano, D., Sirca, C., Marras, S., Duce, P., Zara, P., Arca, A., & Snyder, R. L. (2006, August). Mass and energy flux measurements over grapevine using micrometeorological techniques. In *V International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops 792*, pp.623–629. Available at: http://www.actahort.org/books/792/792_74.htm
- Spender, J.-C., 1989. *Industry Recipes* Basil Blackwell Ltd & U. 108 Cowley Road, Oxford, OX4 1JF, eds.,
- Stock, M., Gerstengarbe, F. W., Kartschall, T., & Werner, P. C., 2005. Reliability of climate change impact assessments for viticulture. *Acta Horticulturae*, (689), pp.29–40. Available at: http://www.actahort.org/books/689/689_1.htm
- Storchmann, K., 2005. English weather and Rhine wine quality: An ordered probit model. *Journal of Wine Research*, 16(2), pp.105–120. Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/09571260500327648>
- Tallman, S., Jenkins, M., Henry, N., & Pinch, S. (2004). Knowledge, clusters, and competitive advantage. *Academy of management review*, 29(2), 258-271. Available at: <http://amr.aom.org/cgi/doi/10.5465/AMR.2004.12736089>
- Tanasijevic, L., Todorovic, M., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., & Lionello, P., 2014. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management*, 144, pp.54–68.
- Tarleton, M. & Ramsey, D., 2008. Farm-Level Adaptation to Multiple Risks: Climate Change and Other Concerns. *Journal of Rural and Community Development*, 3(2).
- Tate, a. B., 2001. Global Warming's Impact on Wine. *Journal of Wine Research*, 12(2), pp.95–109. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09571260120095012>
- Teece, D.J., Pisano, G. & Shuen, A., 1997. Dynamic Capabilities and Strategic Management on JSTOR. *Strategic Management Journal*, 18(7), pp.509–533. Available at: http://www.jstor.org/stable/3088148?seq=1#page_scan_tab_contents
- Teixeira, E. I., Fischer, G., van Velthuisen, H., Walter, C., & Ewert, F. (2013). Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 206–215., 2013. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, pp.206–215. Available at:

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168192311002784>

- Ticehurst, J.L., Curtis, A. & Merritt, W.S., 2011. Using Bayesian Networks to complement conventional analyses to explore landholder management of native vegetation. *Environmental Modelling and Software*, 26(1), pp.52–65. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.03.032>.
- Ticehurst, J.L., Letcher, R.A. & Rissik, D., 2008. Integration modelling and decision support: A case study of the Coastal Lake Assessment and Management (CLAM) Tool. *Mathematics and Computers in Simulation*, 78(2), pp.435–449.
- Tietenberg, T.H., 2004. *Environmental economics and policy* 4th ed., Boston: Pearson Addison Wesley.
- Tikir, A. & Lehmann, B., 2011. Climate change, theory of planned behavior and values: a structural equation model with mediation analysis. *Climatic Change*, 104(2), pp.389–402. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10584-010-9937-z>
- Timmins, C., 2006. Endogenous Land use and the Ricardian Valuation of Climate Change. *Environmental & Resource Economics*, 33(1), pp.119–142. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10640-005-2646-9>
- Tol, R.S.J. & De Vos, A.F., 1998. A Bayesian Statistical Analysis of the Enhanced Greenhouse Effect. *Climatic Change*, 38(1), pp.87–112. Available at: <http://link.springer.com/10.1023/A:1005390515242>
- Treasury, H.M., 2007. Stern review on the economics of climate change. *London: HM Treasury*, 30. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s11166-007-9007-8>
- Troina, G., 2010. *L'impresa sostenibile : riflessioni su capitale e lavoro, alla luce delle encicliche sociali*, Guerini e Associati.
- UNFCC, 1992. United nations framework convention on climate change.
- UNFCCC, 2009. Potential costs and benefits of adaptation options: A review of existing literature. Technical paper. Available at: https://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/6911.php?priref=600005438
- United Kingdom Climate Impacts Programme, 2007. Identifying adaptation options.
- Urhausen, S., Brienens, S., Kapala, A., & Simmer, C., 2011. Climatic conditions and their impact on viticulture in the Upper Moselle region. *Climatic Change*, 109(3–4), pp.349–373. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s10584-011-0059-z>
- Uusitalo, L., 2007. Advantages and challenges of Bayesian networks in environmental modelling. *Ecological Modelling*, 203(3–4), pp.312–318. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304380006006089>
- Van Leeuwen, C., Friant, P., Chone, X., Tregoat, O., Koundouras, S., & Dubourdieu, D., 2004. Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. *Am. J. Enol. Vitic.*, 55(3), pp.207–217. Available at: <http://www.ajevonline.org/content/55/3/207.short>
- Varian, H.R., 1985. Non-parametric analysis of optimizing behavior with measurement error. *Journal of Econometrics*, 30(1–2), pp.445–458. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0304407685901502>
- Varis, O. & Kuikka, S., 1997. Joint use of multiple environmental assessment models by a Bayesian meta-model: the Baltic salmon case. *Ecological Modelling*, 102(2), pp.341–351.
- Vaudour, E., 2002. The Quality of Grapes and Wine in Relation to Geography: Notions of Terroir at Various Scales. *Journal of Wine Research*, 13(2), pp.117–141. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0957126022000017981>

- Vaudour, E. & Shaw, A.B., 2005. A Worldwide Perspective on Viticultural Zoning. *South African Journal for Enology and Viticulture* 26.2 (2005): 106.
- Vázquez-Rowe, I., Villanueva-Rey, P., Iribarren, D., Moreira, M. T., & Feijoo, G., 2012. Joint life cycle assessment and data envelopment analysis of grape production for vinification in the Rías Baixas appellation (NW Spain). *Journal of Cleaner Production*, 27, pp.92–102.
- Vázquez-Rowe, I., Rugani, B. & Benetto, E., 2013. Tapping carbon footprint variations in the European wine sector. *Journal of Cleaner Production*, 43, pp.146–155.
- Veblen, T., 1899. The theory of the leisure class: An economic study in the evolution of institutions.
- Vedel, A., 1948. The intrinsic quality of wines in relation to factors governing soil characteristics. *Bulletin de l'OIV (France)*. Available at: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR8537727>
- Venkataramanan, M. & Smitha, 2011. Causes and Effects of Global Warming. *Indian Journal of Science and Technology*, 4(3), pp.226–229.
- Vincent, K., 2007. Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale. *Global Environmental Change*, 17(1), pp.12–24. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959378006000884>
- Vink, N., Deloire, A., Bonnardot, V., & Ewert, J., 2009. Terroir, climate change, and the future of South Africa's wine industry. In *pre-AARES conference workshop on The World's Wine Markets* by. Vol. 2030. 2009.
- Wagenmakers, E.J., 2007. A practical solution to the pervasive problems of p values. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(5), pp.779–804. Available at: <http://www.springerlink.com/index/10.3758/BF03194105>
- Walker, R. & Clingeleffer, P., 2009. *Rootstock attributes and selection for Australian conditions*,
- Walras, L., 1874. *Elements of pure economics*, Routledge. Available at: <https://books.google.com/books?hl=it&lr=&id=taFTAQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=elements+economics+Walras&ots=TjJkE82nep&sig=uGKkLrrQzmKGj6FwVrCEnWC8RHI>
- Watts, M.J. & Bohle, H.G., 1993. The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine. *Progress in Human Geography*, 17(1), pp.43–67. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/030913259301700103>
- Webb, L., Whetton, P. & Barlow, E., 2008a. Climate change and winegrape quality in Australia. *Climate Research*, 36, pp.99–111. Available at: <http://www.int-res.com/abstracts/cr/v36/n2/p99-111/>
- Webb, L., Whetton, P. & Barlow, E., 2008b. Modelling the relationship between climate, winegrape price and winegrape quality in Australia. *Climate Research*, 36(2), pp.89–98. Available at: <http://www.int-res.com/abstracts/cr/v36/n2/p89-98/>
- Webb, L.B., Whetton, P.H. & Barlow, E.W.R., 2007. Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 13(3), pp.165–175. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1755-0238.2007.tb00247.x>
- Webb, L.B., Whetton, P.H. & Barlow, E.W.R., 2011. Observed trends in winegrape maturity in Australia. *Global Change Biology*, 17(8), pp.2707–2719. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2486.2011.02434.x>
- Wernerfelt, B., 1984. A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5(2), pp.171–180. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/smj.4250050207>
- Wernerfelt, B., 1994. Selling Formats for Search Goods. *Marketing Science*, 13(3), pp.298–309. Available at: <http://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/mksc.13.3.298>

- Wheaton, E.E. & Maciver, D.C., 1999. A Framework and Key Questions for Adapting to Climate Variability and Change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 4(3/4), pp.215–225. Available at: <http://link.springer.com/10.1023/A:1009660700150>
- White, M. A., Diffenbaugh, N. S., Jones, G. V., Pal, J. S., & Giorgi, F., 2006. Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(30), pp.11217–22. Available at: <http://www.pnas.org/content/103/30/11217.short>
- Wilbanks, T.J. & Kates, R.W., 1999. Global Change in Local Places: How Scale Matters. *Climatic Change*, 43(3), pp.601–628. Available at: <http://link.springer.com/10.1023/A:1005418924748>
- William D. Nordhaus and Zili Yang, 1996. A Regional Dynamic General-Equilibrium Model of Alternative Climate-Change Strategies. *The American Economic Review*, 86(4), pp.741–765. Available at: http://www.jstor.org/stable/2118303?seq=1#page_scan_tab_contents
- Wilson, A. G., Graves, T. L., Hamada, M. S., & Reese, C. S., 2006. Advances in Data Combination, Analysis and Collection for System Reliability Assessment. *Statistical Science*, 21(4). Available at: http://www.jstor.org/stable/27645792?seq=1#page_scan_tab_contents
- Winkler, A.J., Cook, J.A., Kliewere, W.M., Lider, L.A., 1974. *General Viticulture, 4th Edition* University of California Press, ed., Berkeley, CA. Available at: <https://www.amazon.com/General-Viticulture-J-Winkler/dp/0520025911>.
- Winn, M., Kirchgeorg, M., Griffiths, A., Linnenluecke, M. K., & Günther, E., 2011. Impacts from climate change on organizations: a conceptual foundation. *Business Strategy and the Environment*, 20(3), pp.157–173. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/bse.679>
- Winter, S.G., 2006. Toward a neo-Schumpeterian theory of the firm. *Industrial and Corporate Change*, 15(1), pp.125–141. Available at: <https://academic.oup.com/icc/article-lookup/doi/10.1093/icc/dtj006>
- Winter, S.G., 2003. Understanding dynamic capabilities. *Strategic Management Journal*, 24(10), pp.991–995. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/smj.318>
- World Meteorological Organization - WMO, *Scientific Assessment of Stratospheric Ozone 1989*, Geneva. Available at: <https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/1989/report.html>
- Wreford, A., D. Moran, and N.A., 2010. *Agriculture: Impacts, Adaptation and Mitigation*, Paris.
- Yohe, G. & Tol, R.S.J., 2002. Indicators for social and economic coping capacity—moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 12(1), pp.25–40.
- Zhu, X., Moriondo, M., van Ierland, E. C., Trombi, G., & Bindi, M., 2014. A model-based assessment of adaptation options for Chianti wine production in Tuscany (Italy) under climate change. *Regional Environmental Change*. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84908544081&partnerID=tZOtx3y1>

WEB SITES

- ADAM, A macroeconomic assessment of impacts and adaptation to climate change in Europe — Climate-ADAPT. Available at: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/a-macroeconomic-assessment-of-impacts-and-adaptation-to-climate-change-in-europe> [Accessed March 21, 2017].
- DEFRA, 2006. e-digest statistics. Available at: <http://www.defra.gov.uk/environment/statistics/index.htm>. [Accessed February 20, 2017].
- EMAPS, Climaps. Available at: <http://climaps.eu/#!/home> [Accessed March 21, 2017].

- European Commission, European Climate Change Programme | Climate Action. Available at: https://ec.europa.eu/clima/policies/eccp/first_en [Accessed March 21, 2017].
- European Commission, 2009. Libro bianco - L'adattamento ai cambiamenti climatici : verso un quadro d'azione europeo. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52009DC0147> [Accessed March 21, 2017].
- European Commission, 2007. Libro Verde. L'adattamento ai cambiamenti climatici in Europa – quali possibilità di intervento per l'UE. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52007DC0354> [Accessed March 21, 2017].
- European Commission, 2013. Impact Assessment accompanying the documents Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - a Clean Air Programme for Europe. *European Commission (EC)*. [Accessed February 20, 2017].
- European Commission and the European Environment Agency, Climate-ADAPT. Available at: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/> [Accessed March 21, 2017].
- European Parliament, 2011. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52011DC0112> [Accessed March 21, 2017].
- European Union - Interreg IIIB Programme, ESPACE - European Spatial Planning: Adapting to Climate Events. Available at: <http://www.espace-project.org/> [Accessed March 22, 2017].
- European Union - Interreg IIIC Programme, Amica - Adaptation and Mitigation - an Integrated Climate Policy Approach. Available at: <http://www.amica-climate.net/> [Accessed March 22, 2017].
- European Union - LIFE+ programme, LIFE+ IRRIMAN – Implementation of efficient irrigation management for a sustainable agriculture. Available at: <http://irrimanlife.eu/> [Accessed March 22, 2017].
- European Union - LIFE+ Programme, CLIMAGRI - Best agricultural practices for Climate Change: Integrating strategies for mitigation and adaptation. Available at: <http://www.climagri.eu/index.php/en/> [Accessed March 22, 2017].
- European Union - LIFE programme, ADAPT2CLIMA - Adaptation to Climate change Impacts on the Mediterranean islands' Agriculture. Available at: <http://www.adapt2clima.eu/en/> [Accessed March 22, 2017].
- European Union - LIFE Programme, OliveClima - Introduction of new oLIVE crop management practices focused on CLIMAtE change mitigation and adaptation. Available at: <http://www.oliveclima.eu/en/> [Accessed March 22, 2017].
- European Union - Seventh Framework Programme, ECONADAPT - The economics of climate change adaptation. Available at: <http://econadapt.eu/> [Accessed March 22, 2017].
- European Union - Seventh Framework Programme, INNOVINE - Innovation in Vineyard. Available at: <http://www.innovine.eu/404.html> [Accessed March 22, 2017b].
- European Union - Sixth Framework Programme, ADAGIO - ADaptation of AGriculture in European RegIOns at Environmental Risk under Climate Change. Available at: <http://www.adagio-eu.org/> [Accessed March 22, 2017].
- E-VitiClimate, 2012, 2012. *Lifelong Learning Project, E-VitiClimate*. [Accessed February 20, 2017].
- ISPRA, 2012. Elaborazione delle serie temporali per la stima delle tendenze climatiche. <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/elaborazione-delle-serie-temporali-per-la-stima-delle-tendenze-climatiche> [Accessed February 10, 2016].

ISTAT, 2010. Censimento Agricoltura 2010. Available at: <http://dati-censimentoagricoltura.istat.it/Index.aspx> [Accessed March 21, 2017].

Parlamento Europeo e Consiglio Europeo, 2004. Decisione n. 280/2004/CE relativa ad un meccanismo per monitorare le emissioni di gas a effetto serra nella Comunità e per attuare il protocollo d. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX:32004D0280> [Accessed March 21, 2017].

Parlamento Europeo e Consiglio Europeo, 2003. Direttiva 2003/87/CE che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX:32003L0087> [Accessed March 21, 2017].

Regione Emilia-Romagna, Programma di sviluppo rurale 2014-2020 — E-R Agricoltura e pesca. 2015. Available at: <http://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/psr-2014-2020> [Accessed March 21, 2017a].

Regione Emilia-Romagna, Reg. (UE) 1305/2013. Presa d'atto dell'approvazione delle modifiche al Programma di Sviluppo rurale 2014 - 2020. 2016. Available at: <http://bur.regione.emilia-romagna.it/dettaglio-inserzione?i=cbc921fd58f34def9e46b2e2c834edf5> [Accessed March 21, 2017b].

Annex 1: Il questionario

QUESTIONARIO «SOSTENIBILITÀ E CAMBIAMENTO CLIMATICO IN VITIVINICULTURA: IL CASO DEL SANGIOVESE IN ROMAGNA»

Fonti di informazione

1.1 Per gestire al meglio la sua vigna a livello tecnico-agronomico, quali sono le fonti su cui fa maggiormente affidamento per acquisire le informazioni? In %

Camera di Commercio%
Associazioni di categoria%
Cooperativa%
 (Se l'impresa appartiene ad una cooperativa)
Fornitori dei prodotti fitosanitari%
 (se esterni alla cooperativa)
regione Emilia-Romagna%
Consorzio di tutela%
Consulente aziendale%
 (Tecnico agronomo/enologo)
Abbonamenti/Newsletter%
Altro%
 (Specificare)

1.2 Oltre ai vincoli previsti dal Disciplinare di Produzione Integrata della Regione Emilia-Romagna, utilizza qualche modello previsionale per gli interventi e le tecniche culturali?

Sì Se sì, quale?
 No

Formazione

2.1 Frequento riunioni tecniche, corsi di aggiornamento o di formazione?

Sì Se sì, quante volte all'anno?
 No

Pratiche di sostenibilità

3.1 La sua imprese aderisce o ha mai aderito ad uno o più dei seguenti standard?

	Sì	In quale anno	In caso di abbandono, in quale anno effettuato il ritiro?
ISO 9001	
ISO 14001 - EMAS	
IFS (International Food Standard)	
BRC (British Retail Consortium)	
Altro (ex. Carbon Footprint):	

3.3 L'impresa è certificata BIO?

Sì Se sì, quando si è certificata?

No

In fase di conversione In quale anno ha iniziato la conversione?

Perché ha deciso di convertirsi?

3.4 I vostri vini sono o sono mai stati etichettati con uno di questi loghi BIO?

	Sì	In quale anno	In caso di abbandono, in quale anno effettuato il ritiro?
Agricoltura biologica - logo europeo	
BiolWine	
Biologico di Fattoria	
Altro:

3.5 L'impresa mette in atto pratiche volte a favorire la sostenibilità ambientale (pratiche ecosostenibili)?

Per quali motivi?

Sì Se sì, perchè?

Impianto fotovoltaico

Recupero e trattamento reflui

Sistemi di irrigazione a basso consumo

Altro:

No Se no, perchè?

3.6 A quali condizioni sarebbe incentivato ad adottare pratiche sostenibili (riduzione dei prodotti fitosanitari, gestione sostenibile dell'acqua ecc.)

Incentivi di mercato (Premio di prezzo, miglior accesso ecc.)

Incentivi pubblici

Miglioramento delle condizioni biofisiche del vigneto

Altro:

Nessuna

Pratiche di adattamento utilizzate in viticoltura per la produzione del Sangiovese

4.1 Secondo lei, quali sono i principali fattori ambientali che influenzano la produzione del vino? In che misura?

Temperatura	No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Piovosità	No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eventi estremi	No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Siccità	No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Altro		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Specificare

4.2 Nel corso degli ultimi 15 anni, quali sono le annate che hanno subito effetti degli eventi climatico particolarmente marcati? (5 risposte massimo)

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Perchè?

4.3 In maniera generale, crede che il cambiamento climatico possa avere un effetto (positivo o negativo) sulla sua azienda?

No (se no, passi alla 4.6)

In vigna Molto negativo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

 Molto positivo

Perchè?

In cantina Molto negativo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

 Molto positivo

Perchè?

4.4 Quanto incide il cambiamento climatico nella vostra scelta delle pratiche da mettere in atto?

In vigna Poco

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

 Molto

Perchè?

In cantina Poco

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

 Molto

Perchè?

4.5 Come prevede che il cambiamento climatico possa influenzare nel lungo periodo (10 anni) la sua produzione vitivinicola?

Elevati investimenti

Cambi nelle tecniche produttive

Diversificazione dell'attività

Orientamento di mercato

Cambi di business

Altro:

4.6 Alcune varietà di uve sono più sensibili al cambiamento climatico?

Sì Se sì, quali e perchè?

No

4.7 In che misura il Sangiovese è sensibile al cambiamento Climatico rispetto alle altre varietà?

Poco

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

 Molto

Ora prendiamo in considerazione 3 annate particolari: 2003, 2012 e 2014.

4.8 Quali, delle seguente pratiche, avete messo in atto per adattare la vostra produzione di Sangiovese ai fenomeni climatici avvenuti nelle annate 2003, 2012 e 2014? Tra le opzioni proposte di seguito, segnali le pratiche che sono state utilizzate durante l'anno corrispondente (è possibile selezionare più di un'annata). Per le pratiche selezionate, le chiediamo di specificarne i dettagli e la variazione osservata (aumento – diminuzione).

PRATICHE DI ADATTAMENTO	2003	2012	2014
Variazione nelle pratiche colturali <i>Specificare: potatura verde, trattamenti fitosanitarie ecc.</i>			
Variazione nella gestione del suolo <i>Specificare: inerbimenti, gestione dell'umidità del suolo ecc.</i>			
Variazione nelle pratiche di raccolta <i>Specificare: manuale, meccanica, società esterne ecc.</i>			
Anticipazione/Posticipazione nelle data di raccolta			
Variazione nel processo di vinificazione <i>Specificare: lieviti selezionati, dealcolazione, tagli ecc.</i>			

Variazione delle strategie di marketing <i>Specificare: variazione della gamma, nuovi prodotti, prezzo, distribuzione ecc.</i>			
Adattamento/Modifica della modalità di potatura dell'annata seguente			
Altro <i>Specificare:</i>			

4.9 Quali sono le pratiche che avreste voluto implementare e che non avete messo in atto in ciascuna delle tre annate?

PRATICHE DI ADATTAMENTO	2003	2012	2014
Variazione nelle pratiche colturali <i>Specificare: potatura verde, trattamenti fitosanitarie ecc.</i>			
Variazione nella gestione del suolo <i>Specificare: inerbimenti, gestione dell'umidità del suolo ecc.</i>			
Variazione nelle pratiche di raccolta <i>Specificare: manuale, meccanica, società esterne ecc.</i>			
Anticipazione/Posticipazione nelle data di raccolta			
Variazione nel processo di vinificazione <i>Specificare: lieviti selezionati, dealcolazione, tagli ecc.</i>			
Variazione delle strategie di marketing <i>Specificare: variazione della gamma, nuovi prodotti, prezzo, distribuzione ecc.</i>			
Adattamento/Modifica della modalità di potatura dell'annata seguente			
Altro. Specificare:			

4.10 Per quale motivo non avete messo in atto tali pratiche?

	2003	2012	2014
Costi elevati			
Disponibilità di attrezzature (estrattore, selezionatore, barili) investimenti			
Difficoltà organizzative			
Problemi di anticipazione			
Coltura perenne			
Direttive DOP			
Altro <i>Specificare:</i>			

Conseguenze

La preghiamo di riempire i seguenti dati economici in riferimento alle tre annate in questione.

5.1 Qual'era la sua aspettativa (Attesa) rispetto ai seguenti parametri e qual è stata la variazione Ottenuta (%) nelle tre annate in questione rispetto alla media.

		2003		2012		2014	
		Attesa	Ottenuta (%)	Attesa	Ottenuta (%)	Attesa	Ottenuta (%)
Resa	(q/ha)						
Gradazione alcolica	(% V/V)						
pH/Acidità totale	(gr/L)						
Costo della produzione in vigna	(€/ha)						
Costo della produzione in cantina	(€/ha)						
Prezzo di vendita	(€/hL)						
Valore della produzione complessiva	(€)						

5.2 Qual è il prezzo minimo e massimo di ciascun prodotto nelle tre annate, in relazione al tipo di confezionamento?

Bottiglie

	DOC/DOP		IGP		Tavola	
	Minimo	Massimo	Minimo	Massimo	Minimo	Massimo
2003						
2012						
2014						

Sfuso

	DOC/DOP		IGP		Tavola	
	Minimo	Massimo	Minimo	Massimo	Minimo	Massimo
2003						
2012						
2014						

Altro

	DOC/DOP		IGP		Tavola	
	Minimo	Massimo	Minimo	Massimo	Minimo	Massimo
2003						
2012						
2014						

Valutazione degli impegni

6.1 I fenomeni climatici richiedono investimenti specifici?

- Sì Se sì, quali?
- Assicurazione
 - Reti anti pioggia
 - Raccolta meccanizzata
 - Irrigazione
 - Orientamento della cantina
 - Tecniche di riduzione alcolica
 - Formazione/Aggiornamento
 - Meccanizzazione a caldo
 - Pratiche di arricchimento
 - Altro:

Anticipazione delle pratiche adattative a lungo termine

7.1 Avete previsto delle pratiche di adattamento con un orizzonte a più lungo termine (10 anni) rispetto agli eventi climatici?

	SPECIFICARE
Utilizzo di un nuovo portainnesto	
Utilizzo di nuove varietà	
Modifica della densità di impianto	
Cambiamento della modalità di potatura a lungo termine	
Cambiamento delle pratiche colturali a lungo termine	
Cambiamento della gestione del suolo a lungo termine	
Cambiamento e gestione del metodo di irrigazione	
Modificazione nelle date di raccolta	
Modificazione significativa del processo di vinificazione (<i>lieviti selezionati, dealcolazione, tagli ecc.</i>)	
Modificazione significativa della strategia di marketing	
Spostamento di terreni/appezzamenti in aree interne	
Altro:	
Nessuna	

7.2 Pensate che una variazione del disciplinare DOC/DOP sarebbe necessaria per continuare ad adattare le vostre pratiche in futuro?

- Sì Se sì, perché?
- No

Caratteri generali

8.1 Sesso

- Uomo
- Donna

8.2 Età

- <25
- 26-35
- 36-45
- 46-55
- 56-65
- >65

8.3 Titolo di studio

Licenza elementare

Licenza media

Diploma di istruzione secondaria superiore

Laurea

Diploma di specializzazione (Master)

Laurea in enologia

Altro:

8.4 In quale comune è prevalentemente situata l'impresa?**8.5 In quale percentuale il vitigno si trova in:**

Collina.....%

Pianura.....%

8.6 Qual è la forma giuridica dell'impresa?

Impresa individuale

Impresa familiare

Società a responsabilità limitata - S.r.l.

Società per azioni - S.p.a.

Società in accomandita per azioni - S.a.p.a.

Società di persone

Cooperativa

Altro:

8.6 Numero medio dipendenti

Annuali:

Stagionali:

Familiari:

8.7 Valore della produzione media negli ultimi 5 anni, in €**8.8 Valore della produzione media derivante solo dalla produzione di vino rosso negli ultimi 5 anni, in %****8.9 In quale percentuale la superficie del vigneto rientra in una denominazione di origine e in quale percentuale è classificabile per tipologia di prodotto?**

	Superficie vitata	Volume (%)		
	Ha	Bottiglie	Sfuso	Altro
DOC/DOP				
IGP				
Tavola				
Totale				

8.10 Effettua raccolta meccanica?

Sì

Parziale%

Totale

No

8.11 Quali tipologie di vino (rosso e bianco) producite, in che percentuale?

.....%
.....%
.....%
.....%
.....%
.....%

8.12 Qual è il vostro canale di distribuzione principale (%)?

GDO%
Industriale/Imbottigliatore%
Grossista%
Cooperative%
Vendita diretta (al massimo un intermediario)%
Horeca%
Altro:%

8.13 Quali sono i vostri mercati di destinazione (%)?

Nazionale%
Export%

FINE DEL QUESTIONARIO - GRAZIE MILLE!!

Annex 2: Le variabili climatiche, gli effetti in vigna e in cantina, le pratiche e le strategie di adattamento

Variabile Climatica	Effetto	Pratiche di Adattamento (Fonte)
Aumento della Temperatura	Anticipazione del germogliamento	Nessuna pratica identificata
	Sviluppo prematuro delle uve	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anticipazione della raccolta (Keller, 2010) 2. Aumento del carico dei grappoli/resa (Keller, 2010) 3. Raccolta notturna e consegna rapida delle bacche in cantina (E- VitiClimate, 2012) 4. Pratiche culturali di calore e di luce (ex. Differenti tecniche di formazione e orientamento dei filari) (Teixeira et al., 2013, Keller, 2010) 5. Concimazione azotata (Keller, 2010) 6. Programmazione dell'attività di raccolta (E-VitiClimate, 2012) 7. Applicazione del metodo per prevedere le date di raccolta utilizzati da CIRAME (Centro di informazioni agrometeorologico e regionale), Francia (Garcia De Cortázar, 2006)
	Attività enzimatica	Nessuna pratica identificata
	Aridità (water deficit)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Riutilizzo, trattamento e riciclaggio delle acque per ridurre al minimo gli sprechi (E-VitiClimate, 2012, Ecos, 2013) 2. Riduzione del costo di utilizzo e rimozione dell'acqua (Schultz, 2000) 3. Irrigazione a goccia (E-VitiClimate, 2012; Keller, 2010; Lereboullet et al., 2013) 4. Strategie di deficit di irrigazione (parziale essiccazione radice -RDI-, deficit irrigazione sostenuti -SDI-, regolamentato deficit di irrigazione -RDI-) 5. Miglioramento della struttura/composizione del terreno (sia per la ritenzione idrica sia per il carico di nutrienti) (E-VitiClimate, 2012; Keller, 2010; Lereboullet et al., 2013) 6. Riduzione dell'evapotraspirazione utilizzando lavorazioni e coltivazioni meno frequenti (E-VitiClimate, 2012; Keller, 2010; Lereboullet et al., 2013) 7. Nuovi portinnesti resistenti alla siccità (Walker and Clingeleffer, 2009)
	Attacchi patogeni e diffusione delle malattie	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema di gestione integrato dei patogeni (IPM) (E-VitiClimate, 2012) 2. Utilizzo di agenti per il controllo biologico (Butt and Copping, 2000) 3. Modifica numero e tipo di trattamenti fitosanitari
	Variazione del profitto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sviluppare e implementare un sistema previsionale che permetta di anticipare i futuri impatti derivanti dal cambiamento climatico e, quindi, ridurre la vulnerabilità (Lereboullet et al., 2012)
Piovosità	Allagamenti	<ol style="list-style-type: none"> 1. Opere idrauliche

	Lisciviazione ed erosione del suolo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambiamento nella gestione del suolo (inerbimenti, gestione dell'umidità del suolo ecc..) 2. Introduzione di colture di copertura (nelle aree in grado di supportare tali colture in inverno) (Schultz, 2000) 3. Copertura vegetale o rami di vite tranciati (possono aumentare il rischio di parassiti) (E-VitiClimate, 2012) 4. Drenaggio delle acque piovane tramite un sistema di collettori o piccoli canali (E-VitiClimate, 2012)
	In combinazione con temperature fredde può portare ad una riduzione numero di infiorescenze	Nessuna pratica identificata
	Elevata umidità	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambiamento di gestione della chioma (defogliamento) per conferire maggiore aereazione dei grappoli (meno marciumi e più colorazione) (E-VitiClimate, 2012; Keller, 2010)
Eventi estremi	Cambio del colore dell'uva	Nessuna pratica identificata
	Mortalità dei grappoli	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambiamento di gestione della chioma (defogliamento) per ridurre l'evapotraspirazione e conferire maggiore aereazione dei grappoli (meno marciumi e più colorazione) (mortalità dei grappoli) (E-VitiClimate, 2012; Keller, 2010) 2. Reti anti pioggia 3. Assicurazione
	---- Vento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Posizionamento di barriere anti-vento, permeabili o impermeabili (E-VitiClimate, 2012) 2. Inserimento di varietà più resistenti (Aramon, Gamay, Moscato Bianco, Chenin, Syrah, Cinsault, Cot (E-VitiClimate, 2012) 3. Orientare e legare le piante in fila nella direzione del vento dominante (E-VitiClimate, 2012) 4. Proteggere con attenzione le viti giovani (E-VitiClimate, 2012) 5. Ridurre il vigore delle viti (E-VitiClimate, 2012)
	---- Grandine	<p>Grandinata precoce</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pulizia approfondita delle gemme in eccesso, manualmente o tramite potatura chimica di tutti i germogli dell'anno, per ottenere il legno da potatura (E-VitiClimate, 2012) 2. Trattamento di cicatrizzazione con un fungicida di contatto(E-VitiClimate, 2012) 3. Utilizzo sistemico di prodotti fitosanitari, aumento della frequenza dei trattamenti e delle superfici trattate (E-

---- Gelate		<p>VitiClimate, 2012)</p> <p>4. Scelta dei tralci poco danneggiati durante la potatura invernale (E-VitiClimate, 2012)</p> <p>Grandinata tardiva</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Trattamento entro 15 ore dalla grandinata per prevenire attacco del marciume bianco e per favorire la guarigione del legno (E-VitiClimate, 2012) 2. Protezione fitosanitaria precisa (E-VitiClimate, 2012) 3. Nell'inverno successivo, operazioni di potatura destinate al ripristino del ceppo (E-VitiClimate, 2012) <p>Prevenzione</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Spargimento di cloruro d'argento (E-VitiClimate, 2012)
	Riduzione della produttività della vite	<p><u>Gelate invernali</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Copertura delle piante in inverno 2. Eliminazione dei parassiti fogliari per garantire la lignificazione 3. Drenaggio del terreno prima di piantare le viti 4. Manutenzione meccanica del suolo delle viti giovani <p><u>Gelate primaverili:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Adattamento della vite alle gelate primaverili tramite riscaldatori, bruciatori di olio polverizzato e combustibili solidi
Aumento temperatura, Piovosità, Eventi estremi	<i>Terroir inadatto</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Spostamento della produzione verso i poli o su siti più adatti alla produzione di vino di qualità (E-VitiClimate, 2012; Kirkpatrick, 2011) 2. Sostituzione delle cultivar/varietà con uve maggiormente adattabili (Fraga et al., 2012; (Jones et al. 2005) 3. Cultivar di vite geneticamente modificati (Webb et al., 2011; Duchêne et al., 2010; Camargo et al., 2008)

Tabella 43: Effetti dei cambiamenti climatici su un'azienda vitivinicola e pratiche di adattamento in vigna

Variabile Climatica	Effetto	Pratiche di Adattamento
Aumento della Temperatura	Alterazione delle condizioni fisiche/biologiche	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nuove pratiche igieniche di ispezione dei siti di stoccaggio e uso di antimicrobici e antiossidanti (E-VitiClimate, 2012) 2. Aumento della capacità di raffreddamento della cantina (Mira de Orduña, 2010)
Aumento della Temperatura	Variatione aromi/profumi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Criomacerazione del mosto (Hannah et al., 2013). 2. Cambiamento nel processo di vinificazione (fermentazione, affinamento, invecchiamento ecc.) 3. Nuove tecniche di miscelatura (Vink et al., 2009)

Aumento della Temperatura e Piovosità	Elevati livelli di zuccheri ed alcool	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ceppi di lievito più alcol-tolleranti (Vink et al., 2009). 2. Aggiunta di acido tartarico/Acidificazione (E-VitiClimate, 2012; Mira de Orduña, 2010). 3. Dealcolizzazione 4. Utilizzo di tecniche di riduzione degli zuccheri come ultrafiltrazione e osmosi inversa (E-VitiClimate, 2012)
---------------------------------------	---------------------------------------	--

Tabella 44: Effetti dei cambiamenti climatici su un'azienda vitivinicola e pratiche di adattamento in cantina

Variabile Climatica	Effetto	Strategia di Adattamento
Aumento della Temperatura e Piovosità, Eventi estremi	Variazione di produzione quali-quantitativa	<ol style="list-style-type: none"> 5. Utilizzo di un nuovo portainnesto 6. Utilizzo di nuove varietà 7. Modifica della densità di impianto 8. Cambiamento della modalità di potatura a lungo termine 9. Cambiamento della gestione del suolo a lungo termine 10. Cambiamento e gestione del metodo di irrigazione 11. Modificazione nelle date di raccolta 12. Modificazione significativa del processo di vinificazione 13. Modificazione significativa della strategia di marketing 14. Spostamento di terreni/appezzamenti in aree interne

Tabella 45: Strategie di adattamento ai cambiamenti climatici nel lungo periodo

