

A photograph of a rural landscape under a heavy, grey fog. In the foreground, there is a field of green grass or low-lying vegetation. In the middle ground, a line of several bare, leafless trees stands against the mist. The background is completely obscured by the fog, creating a sense of depth and atmosphere. The overall color palette is muted, dominated by greys, greens, and browns.

Cambiamenti climatici e agricoltura nel Nordest

Il Rapporto è stato promosso da:



Autori

Jaroslav Mysiak¹, Silvia Torresan¹, Dionisio Perez Blanco^{1,2}

Contributori

Marta Bonato¹, Arthur Essenfelder¹, Remi Edward Herve Harris¹, Francesca Larosa¹, Julie Pelizzari¹, Silvia Santato¹, Anna Sperotto¹, Andrea Staccione¹, Francesco Suzzi¹,

Francesco Sapino²,

Paolo Mazzoli³

Alessandro Dell'Aquila⁴

¹ CMCC@Ca'Foscari, Fondazione Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici e Università Ca' Foscari, Venezia

² Università di Salamanca

³ Gecosistema srl

⁴ Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo

citazione raccomandata: Fondazione Nordest 2019, Cambiamenti climatici e agricoltura nel Nordest, Venezia

Copyright

Foto di cover Free-Photos da Pixabay

SINTESI

L'agricoltura è uno dei settori produttivi maggiormente esposti agli impatti derivanti dalla variabilità e dal cambiamento del clima. Sebbene alcuni effetti del riscaldamento globale possano inizialmente portare a un potenziale aumento delle rese, l'aggravarsi degli eventi estremi, l'insufficienza idrica e lo stress termico potranno innescare danni anche irreversibili all'agricoltura e ai sistemi agro-alimentari.

Quali sono gli effetti del cambiamento climatico sull'agricoltura?

L'innalzamento delle temperature determinerà una variazione del ciclo idrologico. Le precipitazioni diminuiranno ma saranno più intense, cambieranno i regimi di portata dei fiumi, i processi di evapotraspirazione e accumulo di acqua e umidità nel suolo. Gli eventi estremi quali siccità, grandine, venti forti e ondate di calore aumenteranno e a loro volta potranno innescare fenomeni come incendi, alluvioni e frane. Gli impatti varieranno da regione a regione, a seconda degli scenari futuri di emissione di anidride carbonica in atmosfera.

Le possibili misure da intraprendere nella gestione delle attività agricole dovranno considerare una serie di impatti nel settore:

- la resa agricola risulterà sempre più variabile di anno in anno;
- è possibile una proliferazione e diffusione di alcune nuove specie di insetti ed erbe infestanti, con effetti significativi sulla produzione agricola;
- la gestione dei parassiti e delle malattie delle colture richiederà un adeguamento dei tempi, delle tipologie e dell'efficacia delle misure chimiche e biologiche di controllo;
- sarà necessario fare i conti con estati più siccitose e con aumenti di fabbisogno idrico per le colture intensive;
- l'innalzamento del livello del mare porterà alla salinizzazione delle risorse idriche sia superficiali che sotterranee, influenzando

l'approvvigionamento idrico nei territori in prossimità delle aree costiere.

Gli impatti interesseranno tutti gli aspetti relativi alla sicurezza alimentare, tra i quali l'accesso e la qualità del cibo e la stabilità dei prezzi. Si stima che, per un riscaldamento globale maggiore di 1,5-2°C, i rischi nel settore agricolo, energetico, alimentare e idrico potranno sovrapporsi spazialmente e temporalmente, andando ad interessare un numero sempre maggiore di persone e regioni.

In che modo l'agricoltura contribuisce al cambiamento climatico e come può mitigarlo?

Se da un lato l'agricoltura è un settore particolarmente vulnerabile agli impatti del cambiamento climatico e richiede la definizione tempestiva di strategie di adattamento, dall'altro può avere un ruolo fondamentale nella riduzione delle emissioni di gas serra in atmosfera, e può contribuire in modo significativo alle strategie di mitigazione, quali lo stoccaggio di carbonio nei suoli.

Le emissioni di gas serra del settore agricolo sono consistenti e includono sia le emissioni relative dalla produzione diretta, che le emissioni di combustibili fossili lungo la filiera agricola, oltre a quelle derivanti dalla deforestazione volta a ottenere nuove superfici coltivabili.

Tra i principali gas serra generati dall'agricoltura si trovano metano e protossido di azoto, più potenti dell'anidride carbonica e generati dall'uso dei fertilizzanti, deiezioni animali e gestione intensiva del suolo. Nello specifico, quasi la metà delle emissioni dell'intero settore agricolo sono dovute agli allevamenti zootecnici che includono la produzione e la lavorazione dei mangimi, la fermentazione enterica, e la decomposizione del letame.

L'azione di mitigazione dei cambiamenti climatici nel settore agricolo interessa da una parte una riduzione diretta dei gas serra, e dall'altra un calo delle emissioni attraverso una gestione più efficiente dei terreni e degli allevamenti animali.

In generale, le opportunità di mitigazione per il settore agricolo includono:

- Opzioni dal lato della domanda: le emissioni di gas serra potrebbero essere mitigate riducendo lo spreco di cibo lungo la catena alimentare; attraverso cambiamenti nelle abitudini alimentari (ad esempio riducendo il consumo di carne); riducendo il consumo di legna.
- Opzioni dal lato dell'offerta: riduzione delle emissioni derivanti da una gestione più efficiente delle pratiche di fertilizzazione e degli allevamenti; diminuzione dei consumi energetici sostituendo il combustibile fossile con la biomassa; aumento della capacità di sequestro di carbonio nei terreni agricoli.

A livello globale l'agricoltura si trova innanzi a tre grandi sfide: diminuire il suo impatto in termini di emissioni di gas serra; diventare più resiliente e adattarsi ai cambiamenti climatici; garantire una produzione di cibo sufficiente in relazione alla crescita demografica.

Pertanto, le politiche che regolano le pratiche in agricoltura devono tener conto della mitigazione e dell'adattamento al cambiamento climatico in un quadro più generale di sostenibilità ambientale e socioeconomica, sfruttando eventuali sinergie tra queste misure.

Quali sono le sfide per il territorio del Nordest?

Il settore agricolo del Nordest è centrale nell'economia del nostro paese con 179 mila *unità di lavoro equivalenti a tempo pieno* (pari al 21 per cento del valore nazionale) che contribuiscono a una produzione di 12.3 miliardi di euro e un valore aggiunto di 6.4 miliardi di euro. In quest'area opera il 16 per cento delle aziende agricole nazionali, il quale realizza il 27 per cento della produzione agricola totale ed il 25 per cento del valore aggiunto. La superficie agricola utilizzata, data dall'insieme dei terreni investiti ed effettivamente utilizzati in coltivazioni agricole, ammonta a 2.43 milioni di ettari. La superficie totale, comprese le superfici agricole non utilizzate, si estende su 3.47 milioni di ettari.

La zona mediterranea in cui si inserisce il territorio del Nordest è una delle aree sottoposte a maggior riscaldamento rispetto alla media globale. Le medie annue delle temperature minime/massime giornaliere sono aumentate di circa 1°C in 70 anni di osservazioni. Le precipitazioni totali annue sono rimaste pressoché invariate, ma il cambiamento climatico ha modificato la loro distribuzione mensile e stagionale. Dalle osservazioni emerge una maggiore riduzione delle piogge nella stagione invernale ed un aumento in autunno. Le proiezioni future, anche considerando gli scenari più ottimistici, rilevano che tali tendenze saranno ancora più pronunciate. Sono attese diminuzioni delle precipitazioni estive e primaverili, mentre aumenteranno quelle autunnali ed estive.

Secondo il Rapporto sul Clima 2018 (1), negli ultimi 50 anni (1966-2015) la Provincia Autonoma di Bolzano ha visto un aumento della temperatura media di 2,2°C in estate e di 0,8°C in inverno, mentre le precipitazioni non rivelano nessun trend, ma oscillazioni annuali mostrano una prevalenza di eventi intensi. Sono stati osservati effetti nella distribuzione dei deflussi idrici: al nord i bacini mostrano trend positivi, dovuti al maggior apporto glaciale e alla diminuzione delle precipitazioni nevose, mentre al sud hanno trend negativi, con una diminuzione della portata estiva del 20%. Nei prossimi 30 anni si stima un ulteriore riscaldamento compreso tra 1,4°C e 1,6°C, che sale fino a 2,1°C (scenario RCP4.5) e 5,4°C (RCP 8.5) al 2100.

L'Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna 1961-2015 (2) riporta i trend significativi che derivano dal confronto tra due periodi climatici: 1961-1990 e 1991-2015. Rispetto all'analisi del periodo storico è stato osservato un aumento di 1,1°C nella temperatura media della RER, con anomalie più marcate per i valori massimi (1,4°C).

Lo Studio conoscitivo dei Cambiamenti Climatici e di alcuni loro impatti in Friuli-Venezia Giulia (3) evidenzia un riscaldamento tra +1°C e +2°C negli ultimi 50 anni. Le precipitazioni sono molto variabili nel tempo, si è osservata però una diminuzione nei primi sei mesi dell'anno e un aumento da settembre

a dicembre. Inoltre, sono in aumento gli eventi di pioggia intensa. Secondo lo scenario RCP 8.5 la regione potrebbe subire un aumento di temperatura al 2100 fino a 5°C in inverno e a 6°C in estate, con un forte aumento di stress termico associato ad ondate di calore e all'aumento nel numero di giorni e notti calde. La precipitazione dovrebbe generalmente aumentare in inverno, con un corrispondente aumento di eventi piovosi molto intensi, e diminuire anche fortemente in estate.

Quali sono le nuove opportunità e le soluzioni attuabili?

La gestione degli impatti climatici in agricoltura, come alluvioni e siccità, si deve basare su misure diversificate di adattamento.

Sul piano delle emissioni è comprovato che **l'agricoltura biologica riduca le emissioni di origine antropica**. Il biologico, infatti, favorisce un maggior sequestro di CO₂ aumentando allo stesso tempo la fertilità naturale del suolo, diversità biologica e la connettività degli ecosistemi agrari senza l'impiego di fertilizzanti.

Negli ultimi anni si è osservato un forte aumento dalla superficie agricola interessata dalla produzione biologica, posizionando l'Italia al terzo posto nell'Unione Europea, dopo Austria e Svezia. Nel Nordest, in particolare, circa l'11 per cento del suolo è dedicato alla produzione biologica in Italia. Con più di 120 mila ettari, la regione Emilia-Romagna detiene il primato.

Oltre alla tecnica agricola del biologico si stanno diffondendo modelli di gestione agricola che si contraddistinguono per la sostenibilità ambientale e climatica. La "gestione intelligente dell'agricoltura" (Climate-Smart Agriculture), promossa dall'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO), e consente di migliorare l'utilizzo delle risorse suolo ed acqua attraverso l'impiego di tecnologie di telerilevamento e di servizi meteo-climatici. Il Programma Europeo Copernicus mette a disposizione informazioni da satelliti e sensori in campo, elaborati con i modelli numerici, fornendo agli utenti molteplici servizi conoscitivi che

attengono all'ambiente, al territorio ed alla sicurezza. Copernicus Climate Change Services (C3S) dedicati all'agricoltura forniscono le previsioni del clima stagionali, nonché dati di elevata qualità su cosiddette 'variabili climatiche essenziali' come temperatura, precipitazioni, velocità del vento, umidità del suolo, contenuto del carbonio nel suolo, acque superficiali e sotterranee, ecc. Questi dati e servizi climatici permettono agli agricoltori di prendere decisioni che ottimizzano le risorse e rispettano l'ambiente, oltre a permettere l'impiego di tecniche di precisione per l'irrigazione.

La gestione dei rischi climatici può accelerare la ripresa delle attività danneggiate e favorire misure volte alla riduzione del rischio.

Una strategia fondata su diversi strumenti e istituzioni finanziari e integrati tra loro sarà più adeguata ad affrontare e a rispondere a diverse tipologie di rischi sia ambientali che indotti dall'uomo. Tra i possibili strumenti esistenti, l'assicurazione rappresenta la forma più comune di tutela finanziaria contro perdite impreviste. Il soggetto assicurato o il titolare della polizza trasferisce sull'assicuratore il costo delle perdite potenziali, in cambio di un corrispettivo monetario denominato premio.

In agricoltura, gli schemi di assicurazione offrono pacchetti completi del profitto/reddito atteso; altri si limitano alla copertura delle perdite di resa causate dagli eventi estremi come grandine, alluvione, siccità, ecc. In Italia, l'assicurazione agricola fu introdotta dal Fondo di Solidarietà Nazionale (NSF). A partire dai primi anni 2000 il NSF ha favorito in maggior misura copertura assicurativa attraverso sussidi pubblici, limitando le compensazioni ad-hoc. Il valore del prodotto agricolo assicurato è aumentato del 40% nel periodo 2004-2012.

L'attuale sistema di agricoltura può essere riformulato considerando opportunità e alternative volte a soddisfare la produzione sostenibile di prodotti agricoli e al contempo a promuovere il rispetto dell'ambiente.

Suolo e acqua sono elementi essenziali per la produzione di beni agricoli, ma il loro sovrasfruttamento causa diversi impatti negativi, come l'esaurimento dei nutrienti del suolo e l'inquinamento dei terreni agricoli. Tra le possibili soluzioni che favoriscono la conservazione del capitale naturale e una preferibile gestione delle risorse idriche vi sono le soluzioni nature-based (NBS). Le NBS contribuiscono a migliorare la gestione e la disponibilità della risorsa idrica, ad aumentare la fertilità del suolo e a favorire il mantenimento dei servizi ecosistemici che sostengono la produzione agricola. Nello specifico, le NBS sono attuate attraverso pratiche agricole attente ai cicli naturali che, nel sostenere l'interesse economico dell'agricoltore, apportano molteplici benefici ambientali e sociali.

Le NBS dedicate alla produzione agricola sono basate principalmente sulla differenziazione delle colture e sono implementate attraverso la rotazione delle coltivazioni, nella piantumazione di specie di piante alternate all'interno di uno stesso appezzamento. Queste NBS migliorano la qualità del suolo, limitandone l'erosione e aumentando la presenza di sostanze nutritive nel terreno. Inoltre, la scelta di colture di alto valore, come ad esempio quelle orticole, può portare ad un aumento sia della resa agricola che del rendimento economico per i coltivatori. Particolari pratiche agronomiche, quali ad esempio la pacciamatura implementata sia nell'agricoltura biologica che in quella biodinamica, possono prevenire la proliferazione di erbe infestanti e allo stesso tempo ridurre l'evapotraspirazione dal terreno. L'implementazione di sistemi naturalistici complementari a quelli agricoli, come le fasce tampone e le aree umide, sottrae terreno agricolo alla produzione ma contribuisce a migliorare la qualità della risorsa idrica e a trattenerla per poterne farne uso in periodi di scarsità, oltre a fornire numerosi altri benefici nel contesto territoriale in cui sono inserite.

Le fasce tampone, ad esempio, sono aree larghe alcune metri costituite da alberi, arbusti e cespugli posti lungo i campi coltivati e i canali di irrigazione.

Esse influenzano il paesaggio, aumentando la biodiversità e al contempo riducono gli effetti dell'erosione idrica ed eolica. Fasce tampone e aree umide rientrano tra le azioni pilota denominate "Aree di interesse ecologico" (EFA) della Politica Agricola Comunitaria (PAC), volte a garantire la multifunzionalità e l'ottimizzazione dei servizi ecosistemici. Ulteriori pratiche incluse tra le EFA includono le superfici dei terreni lasciati a riposo, i terrazzamenti, appezzamenti agroforestali e di bosco e le colture azotofissatrici. Gli interventi proposti dalla PAC trovano respiro tra le soluzioni di adattamento al cambiamento climatico inserite nel Piano di Adattamento al Cambiamento Climatico attualmente in fase di revisione al governo. Tra le azioni proposte nella PAC per il settore agricolo emergono ad esempio la diversificazione delle colture e l'introduzione di tecniche agronomiche a ridotto impatto ambientale.

La ricarica degli acquiferi attraverso la tecnica delle Foreste di Infiltrazione (FIA) permette ai proprietari di aree agricole di aumentare la fauna e la disponibilità di risorse idriche, generando redditi maggiori rispetto alle coltivazioni convenzionali come mais e soia. Concepita da Veneto Agricoltura nel 2007 e da allora implementata in più di 10 siti dell'alta pianura vicentina ha visto la collaborazione di enti pubblici e privati. Le FIA si caratterizzano per la marcata multifunzionalità data dalla componente idraulica (ad esempio depurazione dell'acqua e ricarica dell'acquifero) e dalla parte forestale, ad esempio assorbimento dell'anidride carbonica, aumento delle specie faunistiche, legna da ardere e coltivazione tartufi.

Sommario

1	Introduzione.....	1
1.1	Inquadramento generale	1
1.2	Rischi climatici in agricoltura	4
1.3	Iniziative principali derivanti dal settore agricolo e agro-alimentare.....	9
1.4	Opportunità per il settore agricolo e agroalimentare.....	10
2	Profilo del Nordest.....	13
2.1	Ruolo agricoltura nel Nord-Est	13
2.2	Clima del Nordest e come cambia.....	15
2.3	Le analisi climatiche regionali.....	21
2.4	Servizi ecosistemici dell'agricoltura	24
3	Impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici	27
3.1	Strategia e Piano di Adattamento.....	27
3.2	Soluzioni ecosistemiche	28
3.2.1	Infrastrutture verdi	28
3.2.2	Aree di infiltrazione	31
3.3	Soluzioni sistemiche.....	33
3.3.1	Servizi climatici.....	33
3.3.2	Modernizzazione dell'infrastruttura irrigua	36
3.3.3	Stabilità e fertilità del suolo.....	37
3.3.4	Specializzazione.....	38
3.3.5	Produzione biologica	40
3.3.6	Emissioni/soluzioni zootecniche	42
3.4	Strumenti e incentivi economici	42
3.4.1	Pagamenti per i servizi ecosistemici.....	43
3.4.2	Prezzi e sussidi	44
3.4.3	Accordi volontari.....	45
3.4.4	Assicurazioni agricole.....	46
4	Esempi di buone pratiche	51
4.1	Area di Infiltrazione, Carmignano di Brenta	51
4.2	Lagheti d'acqua / soluzione ecosistemica	52
4.3	Servizi climatici per agricoltura	54
4.4	Risparmio idrico - incentivo prezzo.....	57

4.5	Acque reflue in campo agricolo	58
4.6	Pagamenti per servizi ecosistemici nel Consorzio di Bonifica Renana.....	60
5	Conclusioni e prospettive	62
6	Riferimenti bibliografici	64

Figure

Figura 1 Aumento della temperatura e le emissioni CO ₂	2
Figura 2 Opzioni di risposta ai cambiamenti climatici basate sulla gestione del territorio.....	3
Figura 3 Impatti del cambiamento climatico sul bestiame	6
Figura 4 Relazione tra i fattori di desertificazione e degrado del suolo e le emissioni di gas serra	7
Figura 5 Prodotti di eccellenza del Nord-est	13
Figura 6 Inquadratura territoriale del Nordest.....	14
Figura 7 Medie annue delle temperature giornaliere del periodo 1956-2015	16
Figura 8 Minimi e massimi delle temperature giornaliere nel periodo 1950-2018.....	16
Figura 9 Aumento medio delle temperature minime e massime dal 1984 al 2017	16
Figura 10 Precipitazioni medie e massime giornaliere del periodo 1950-2018	17
Figura 11 Anomalie delle precipitazioni stagionali 1984-2017 rispetto al periodo 1950-1983.	17
Figura 12 Indici degli estremi climatici selezionati per evidenziare l'evoluzione del clima	18
Figura 13 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata dell'indicatore GSL	19
Figura 14 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata dell'indicatore tx90p.....	19
Figura 15 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata dell'indicatore txgt50p.....	19
Figura 16 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata dell'indicatore txx.....	19
Figura 17 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata delle precipitazioni totali su medie annue ..	20
Figura 18 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata di r20 su medie annue	20
Figura 19 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata di r95p su medie annue	20
Figura 20 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata rx5day su medie annue	20
Figura 21 Variazioni delle portate mensili per il periodo di riferimento 2040-2070	21
Figura 22 Servizi ecosistemici nei sistemi eco-agro-alimentari (60)	25
Figura 23 Rete Infrastrutture Verdi nella Pianura del Nord Italia, dimensione delle core areas.....	30
Figura 24 Rete Infrastrutture Verdi nella Pianura del Nord Italia, grado di connessione.	30
Figura 25 Profilo di un'area di infiltrazione.....	32
Figura 26 Esempio dei prodotti "Global Agriculture" di Copernicus C3S	34
Figura 27 Il servizio IRRICLIME nella sua versione pilota	35
Figura 28 Vasca di sedimentazione di Bosco Limite	52
Figura 29 Azienda Agricola Tondini in località Brisighella (RA).....	53
Figura 30 Rappresentazione schematica della curva di durata delle portate	54
Figura 31 Esempio del servizio WRI, sviluppato da ARPAE nell'ambito del progetto CLARA (H2020).....	55
Figura 32 Esempio di un prodotto fornito dal progetto VISCA per la Spagna.....	56

Tabelle

Tabella 1 Sintesi dei principali rischi del settore agricolo	1
Tabella 2 Tendenze della Temperatura nelle stazioni dell'Alto Adige [°C].	22
Tabella 3 Valori medi stagionali di temperatura e precipitazioni e variazioni attese in futuro	23
Tabella 4 Valori attribuibili ai servizi ecosistemici dell'agricoltura (in EUR 2017)	26
Tabella 5 Aree di infiltrazione nel Veneto (2007-2018).....	32
Tabella 6 Tipologie di prodotti assicurativi.....	48

1 Introduzione

L'agricoltura produce una vasta gamma di prodotti alimentari per garantire il sostentamento della popolazione ed è un settore di fondamentale importanza per lo sviluppo economico delle aree rurali. Gli effetti del cambiamento climatico sulla quantità e qualità della produzione agricola sono già evidenti in diverse regioni del mondo. Inoltre, le proiezioni climatiche future, caratterizzate da un crescente aumento delle emissioni di gas serra, indicano che gli impatti del riscaldamento del pianeta sul settore agricolo e la sicurezza alimentare saranno sempre più evidenti e rilevanti su scala globale.

1.1 Inquadramento generale

Secondo il Quinto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (AR5) (4), la temperatura media della superficie terrestre potrebbe aumentare di oltre 4°C entro la fine del 2100 rispetto ai livelli preindustriali. In queste circostanze molto probabilmente le ondate di calore si verificheranno più spesso e dureranno più a lungo e gli eventi di precipitazione estrema diventeranno più intensi e frequenti in molte regioni. I cambiamenti climatici, inoltre, interferiscono con il ciclo idrologico modificando i processi di evapotraspirazione, il deflusso e l'accumulo di acqua e umidità nel suolo e nel sottosuolo, e causando lo scioglimento dei ghiacciai. Inoltre, essi influiscono sull'incidenza degli eventi estremi, tra cui venti forti, grandine e alluvioni che possono arrecare gravi danni all'agricoltura. Altri fattori che possono condizionare la produttività agricola sono l'innalzamento del livello del mare e la conseguente salinizzazione delle risorse idriche nelle aree costiere, nonché l'aumento delle concentrazioni di anidride carbonica (CO₂) e ozono troposferico (O₃).

Tabella 1 Sintesi dei principali rischi del settore agricolo a seguito di un riscaldamento globale di 1,5° C o 2° C

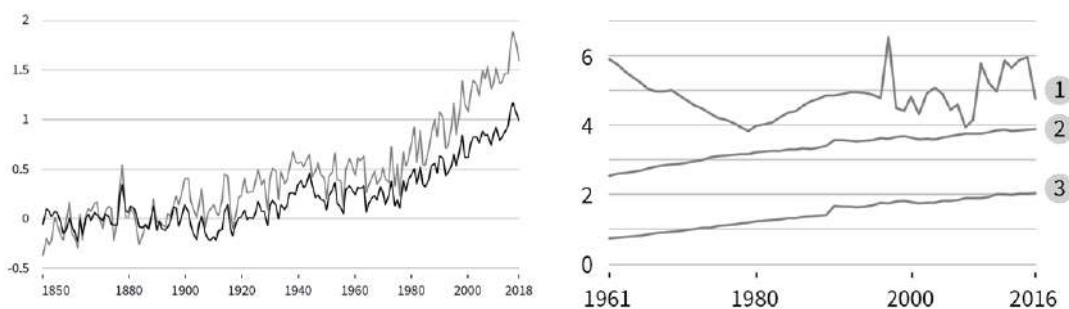
Cause fisiche del cambiamento climatico	Natura del rischio	Rischi globali a 1,5°C del riscaldamento globale al di sopra dei livelli preindustriali	Rischi globali a 2°C del riscaldamento globale al di sopra dei livelli preindustriali	Variazione del rischio quando si passa da 1,5°C a 2°C del riscaldamento globale	Fiducia nelle dichiarazioni di rischio	Le regioni in cui la variazione del rischio quando si passa da 1,5°C a 2°C sono più elevate
Stress da calore, stress idrico, siccità	Cambiamenti nella produzione dell'ecosistema	M/A	A	Forte aumento	M/A	Bacino mediterraneo
Stress da caldo e freddo, stress idrico, forti precipitazioni, siccità	Spostamento e cambiamento della composizione nei biomi (tipo di ecosistema principale)	M/A	A	Aumento moderato	B/M	Europa sud-orientale Europa centrale
Stress da calore, stress idrico, siccità	Spostamento e cambiamento della composizione nei biomi (tipo di ecosistema principale)	M/A	A	Aumento moderato	B/M	Bacino mediterraneo

Fonte: adattato da IPCC (2018). Legenda: A = alto; M = Medio; B = Basso

I cambiamenti climatici, pertanto, possono colpire l'agricoltura in molti modi: da un lato essi possono arrecare impatti diretti sui raccolti e sulla resa agricola, dall'altro essi possono causare impatti indiretti attraverso variazioni nella disponibilità e qualità delle risorse idriche e influenzando l'azione di specie portatrici di malattie o di servizi ecosistemici quali l'impollinazione (5). Il rapporto speciale dell'IPCC sul riscaldamento globale di 1,5°C (6) ha inoltre rilevato che i rischi per la sicurezza alimentare aumenteranno con un riscaldamento globale di 1,5° C e aumenteranno ulteriormente con un riscaldamento di 2°C.

Come riportato in Tabella 1, infatti, anche piccole differenze nell'entità del riscaldamento globale possono avere conseguenze significative sul settore agricoltura. Il ruolo centrale della gestione del territorio e dell'agricoltura per garantire il benessere degli esseri umani, la fornitura di cibo, acqua dolce e molti altri servizi ecosistemici, è evidenziato anche nel più recente rapporto speciale dell'IPCC su clima e suolo (7).

Il rapporto rivela come, ad oggi, la temperatura sulle terre emerse sia già aumentata di 1,53 gradi centigradi rispetto al livello preindustriale; ovvero in modo maggiore rispetto all'aumento medio globale di temperatura (0,87 gradi centigradi) che considera anche la variazione sulla superficie degli oceani. Inoltre, il rapporto mette in evidenza i cambiamenti già osservati delle emissioni agricole di CH₄ e N₂O, che sono quasi raddoppiati dal 1961 (Figura 1).



l'aumento osservato della temperatura superficiale dall'era preindustriale sulla terra (grigio) e a scala globale (nero) in °C

le emissioni di CO₂ derivanti da silvicoltura e altri usi del suolo (1) e le emissioni di CH₄ (2) e N₂O (3) dall'agricoltura, in Gt CO₂ eq / anno, adattato da (7).

Figura 1 Aumento della temperatura e le emissioni CO₂

Per ridurre gli effetti negativi del cambiamento climatico dobbiamo quindi migliorare la gestione del territorio attuando sia misure di adattamento che di mitigazione. Ciò significa, ad esempio, integrare soluzioni basate sulla natura nelle pratiche agricole, arrestare la deforestazione e ripristinare gli ecosistemi danneggiati.

Le opzioni di risposta al cambiamento climatico basate sulla gestione del territorio e rilevanti per l'agricoltura sono riassunte in Figura 2. Per ogni misura è indicata una stima dei potenziali costi e del livello di confidenza rispetto alla loro riuscita. Le opzioni, inoltre, sono valutate attraverso un'analisi di impatto per la loro capacità di mitigare, adattare, combattere la desertificazione e il degrado del suolo e migliorare la sicurezza alimentare.

Come evidenziato nel recente rapporto pubblicato dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (8)(9), l'adattamento ai cambiamenti climatici può essere intrapreso a diversi livelli di governance e scale geografiche, formando un quadro complesso di politiche, programmi, strategie e misure. La maggior parte degli indirizzi sull'adattamento ai cambiamenti climatici si basa su quadri politici su larga scala, a partire dal livello internazionale.

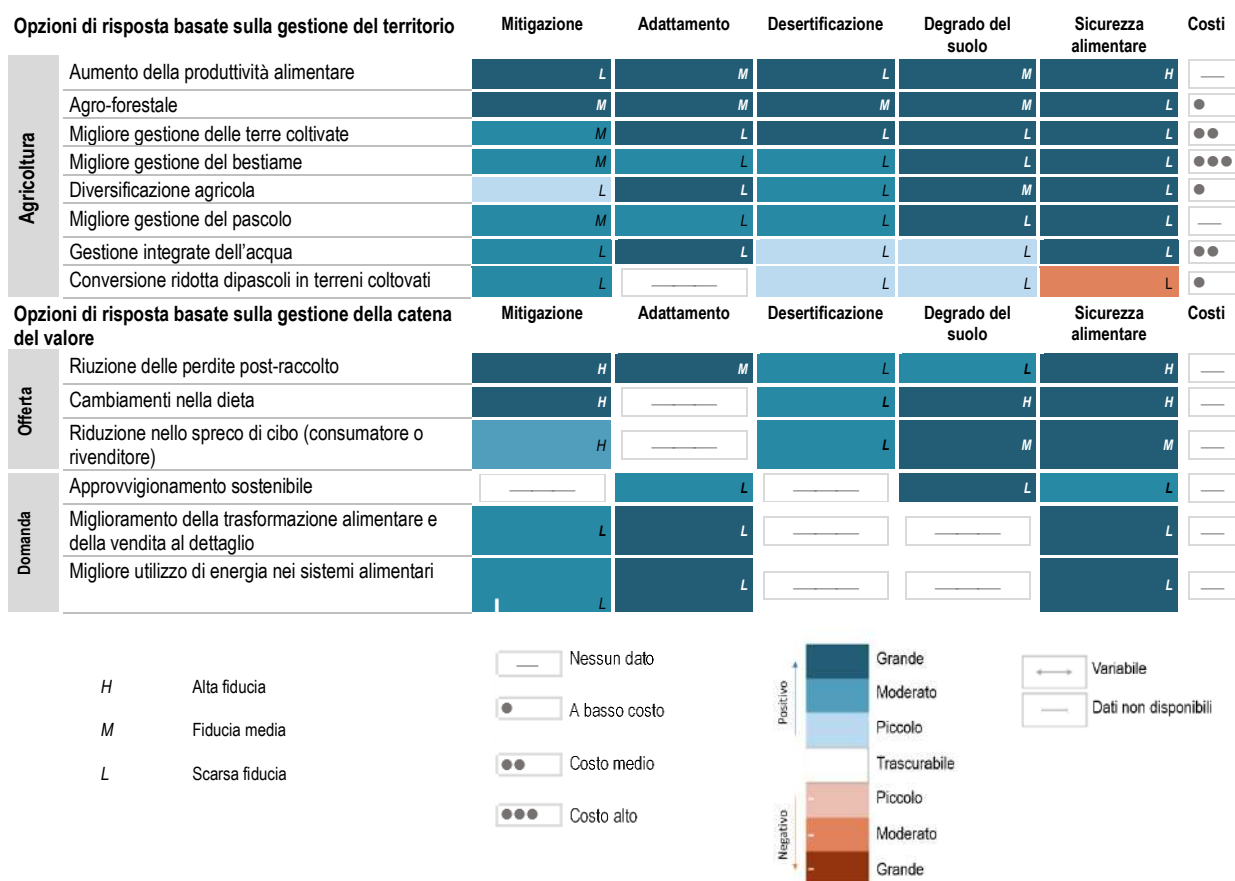


Figura 2 Opzioni di risposta ai cambiamenti climatici basate sulla gestione del territorio
Fonte: modificato da (7)

I tre principali documenti in questo settore sono l'Accordo di Parigi del 2015, il Quadro di Sendai per la riduzione del rischio di catastrofi e gli Obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite.

- Nella 21^a COP di Parigi, è stato raggiunto un accordo storico e giuridicamente vincolante per agire sugli effetti dei cambiamenti climatici, e l'adattamento costituisce una parte significativa di questo piano. Oltre il 90% dei paesi che hanno incluso l'adattamento nel loro contributo determinato a livello nazionale, hanno fatto incluso il settore agricoltura nella loro strategia. La COP 23 di Bonn ha ulteriormente integrato l'adattamento per il settore agricoloⁱ, ponendo l'accento sulla necessità di implementare sofisticate misure di adattamento per una maggiore resilienza di questo settore al cambiamento climatico (10).
- Il quadro di Sendai sottolinea la necessità di adeguate misure di adattamento, dato l'aumento del rischio di catastrofi legate ai cambiamenti climatici. Gli indicatori per misurare le perdite dovute a tali catastrofi tengono conto di fattori di vulnerabilità specifici per le colture e il bestiame, nonché dei danni diretti e indiretti al settore agricolo.
- L'Agenda per lo sviluppo sostenibile 2030 ha portato alla definizione di 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) per raggiungere lo sviluppo sostenibile a livello globale. Alcuni di questi obiettivi fanno esplicito riferimento all'adattamento ai cambiamenti climatici, tra cui: l'obiettivo SDG2.4 per il quale entro il 2030 "bisogna garantire sistemi di produzione alimentare sostenibile e attuare pratiche agricole resilienti che aumentino la produttività e la produzione, che aiutino a mantenere gli ecosistemi, che rafforzino la capacità di adattamento ai cambiamenti climatici, alle condizioni meteorologiche estreme, alla siccità, alle inondazioni e ad altre calamità e che migliorino progressivamente la qualità del terreno e del suolo"; l'obiettivo SDG12.2 secondo cui "Entro il 2030, è necessario realizzare la gestione sostenibile e l'uso

ⁱ Koronivia Joint Work on Agriculture

efficiente delle risorse naturali" e l'obiettivo SDG13.1 che mira a "Rafforzare la resilienza e la capacità di adattamento ai rischi climatici e alle catastrofi naturali in tutti i paesi" UN 2015.

A livello dell'UE esistono anche diversi indirizzi politici a sostegno dell'adattamento. Tutti rientrano nel quadro più ampio della strategia di adattamento dell'UE, che si basa su tre obiettivi principali (11): i) incoraggiare e promuovere azioni da parte degli Stati membri; ii) colmare le lacune di conoscenze e migliorare l'informazione e la consapevolezza sugli impatti dei cambiamenti climatici; e iii) elaborare strategie che migliorino la resilienza dei paesi Europei ai cambiamenti climatici.

In primo luogo, la strategia di adattamento dell'UE incoraggia l'adozione e la promozione di azioni da parte degli Stati membri dell'UE verso l'implementazione di piani e strategie nazionali di adattamento (PAN/NAS) nell'ambito della rendicontazione del regolamento sul meccanismo di monitoraggio dei gas a effetto serraⁱⁱ, con l'intenzione di integrare le politiche di adattamento all'interno della governance nazionale. La strategia di adattamento mira inoltre a colmare le lacune di conoscenze e a migliorare l'informazione e la consapevolezza generale degli Stati membri sugli impatti dei cambiamenti climatici, sulle vulnerabilità e sul potenziale di adattamento. Ciò include lo sviluppo di Climate-ADAPT, una piattaforma predisposta dall'Agenzia Europea dell'Ambiente come strumento per aiutare i Paesi europei a individuare le misure per prevenire o minimizzare gli impatti creati dai cambiamenti climatici e per aiutare i responsabili politici a individuare le migliori soluzioni a beneficio dei cittadini. Ad esempio, la sezione italiana di questa piattaforma include informazioni sul monitoraggio, le misurazioni meteorologiche, le proiezioni, le valutazioni di vulnerabilità, il piano e la strategia di adattamento nazionaleⁱⁱⁱ.

L'obiettivo finale fondamentale di queste politiche è l'elaborazione di strategie che migliorino la resilienza dei paesi Europei ai cambiamenti climatici. Anche l'ultima politica agricola comune (PAC) introdotta nel 2013, prevede una regolamentazione per il settore agricolo e funge da motore positivo del cambiamento. Le principali funzioni della PAC sono attualmente l'assistenza agli agricoltori con pagamenti diretti, nonché il finanziamento di misure di sostegno al mercato e di sviluppo rurale. Mentre l'attuale PAC non prevede misure complete di adattamento, la versione aggiornata, che dovrebbe iniziare nel 2021, fa dell'adattamento ai cambiamenti climatici un obiettivo fondamentale. La PAC è inoltre tenuta all'azione in materia di cambiamenti climatici in collegamento con la summenzionata strategia di adattamento dell'UE (12).

Altre politiche a livello UE che promuovono l'adattamento al cambiamento climatico comprendono la strategia dell'UE per la biodiversità, volta a promuovere ecosistemi sani e ben funzionanti attraverso la mitigazione degli impatti dei cambiamenti climatici, nonché la direttiva quadro sulle acque e la direttiva sulle alluvioni per favorire l'adattamento nella gestione delle risorse idriche e dei rischi associati.

1.2 Rischi climatici in agricoltura

L'agricoltura svolge un ruolo essenziale all'interno dell'UE, fornendo non solo la produzione necessaria di colture, biomassa e bestiame, ma anche sostenendo molte funzioni sociali ed economiche come lo sviluppo rurale e la gestione del paesaggio. Sebbene in Europa (e persino in Italia) le condizioni climatiche varino sensibilmente passando dalle regioni alpine al Mediterraneo meridionale, in generale le temperature moderate e le precipitazioni favoriscono la produzione agricola, garantendo un'elevata diffusione di terreni agricoli, con

ⁱⁱ Monitoring Mechanism Regulation, EU Regulation No 525/2013

ⁱⁱⁱ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries/italy>

una copertura di 44% in Italia, appena sopra la media UE del 40%. L'agricoltura e i settori correlati sono grandi fonti di occupazione nell'UE, con oltre 40 milioni di persone che trovano lavoro in quest'ambito, di cui si stima che circa 884.000 persone lavorino in Italia (anno di riferimento 2017) (13). La produzione primaria italiana (compresa la silvicoltura e la pesca) ha superato i 50 miliardi di euro nel 2016, con allevamenti di bestiame, erbacei e arborei che rappresentano circa tre quarti di questo valore (8).

In Europa sono già stati osservati diversi impatti legati al cambiamento climatico per il settore agricolo e si prevede che questi continueranno a verificarsi in futuro (14). Tali impatti varieranno sensibilmente da regione a regione e non saranno necessariamente negativi. Ad esempio, alcuni effetti positivi potranno verificarsi nelle regioni del Nord Europa che saranno caratterizzate da più estese stagioni di crescita delle colture. Tuttavia, si prevede che complessivamente questi benefici non compenseranno gli impatti negativi attesi in particolare nelle regioni già relativamente calde e secche del Mediterraneo.

Alcuni effetti del cambiamento climatico, ad esempio l'aumento della temperatura e delle concentrazioni di gas serra in atmosfera, influenzeranno direttamente la fenologia delle colture e la qualità del suolo. Altri agiranno indirettamente sulla produttività agricola attraverso vettori quali parassiti e malattie. Nonostante ad oggi sia difficile prevedere con esattezza l'entità degli impatti attesi, l'uso di tecniche modellistiche sofisticate può consentire una valutazione integrata degli effetti a cascata (fisici e socioeconomici) sull'agro-ecosistema, arrivando quindi a stimare anche le conseguenze del cambiamento climatico per la sicurezza alimentare e l'economia.

La maggior parte degli impatti osservati finora per il settore agricolo sono di tipo fisico. La produttività agricola, infatti, dipende fortemente dal tipo di coltura e dalle condizioni climatiche locali in cui avviene la coltivazione. Laddove le colture siano state precedentemente selezionate in base alle condizioni climatiche ritenute favorevoli per una data regione, i cambiamenti climatici (es. variazioni di temperatura e di concentrazione di CO₂ atmosferica) potrebbero influenzare significativamente l'efficienza della produzione agricola. Ad esempio, in gran parte d'Italia e delle regioni dell'Europa meridionale, le precipitazioni e le variazioni di temperatura hanno già dimostrato di avere un impatto negativo sui raccolti di colture importanti come grano e orzo (15).

Sebbene gli impatti varieranno da regione a regione e a seconda dei tipi di colture e delle misure di adattamento adottate, si stima che aumenti locali di temperatura maggiori o pari a 2°C avranno impatti negativi sulla produzione agricola di grano, riso e mais nelle regioni tropicali e temperate (5). Inoltre, il fabbisogno idrico per l'irrigazione aumenterà e sarà ulteriormente limitato dalla riduzione del deflusso superficiale e dall'aumento della domanda idrica per altri usi (energia, industria e domestico). In corrispondenza di un riscaldamento globale maggiore di 1,5-2°C, i rischi nei settori energetico, alimentare e idrico potranno sovrapporsi spazialmente e temporalmente, peggiorando le condizioni di pericolo, esposizione e vulnerabilità attuali e colpendo un numero crescente di persone e regioni (16).

L'irrigazione, quindi, potrebbe non essere più sufficiente a prevenire i danni delle ondate di calore alle colture in alcune regioni Europee e potrebbero aumentare i conflitti di uso per la risorsa idrica (17). Il cambiamento climatico, inoltre, influenzerà la gestione dei parassiti e delle malattie delle colture, richiedendo un adeguamento dei tempi, delle tipologie e dell'efficacia delle misure chimiche e biologiche di controllo (18). Gli impatti attesi, pertanto, interesseranno tutti gli aspetti relativi alla sicurezza alimentare tra cui l'accesso e la qualità del cibo, il suo utilizzo e la stabilità dei prezzi (5). L'evidenza che emerge dalle recenti proiezioni suggerisce con media / alta confidenza che le variazioni delle temperature e delle precipitazioni (al netto degli effetti fertilizzanti derivanti dalle maggiori concentrazioni di CO₂) porterà ad un aumento significativo dei prezzi dei prodotti alimentari entro il 2050 (4).

Per quanto riguarda gli impatti sul bestiame, essi includeranno da un lato gli effetti negativi dei cambiamenti climatici su quantità e qualità di foraggi e mangimi, dall'altro impatti diretti delle variazioni di temperatura e disponibilità idrica sulla salute degli animali ed effetti indiretti indesiderati e difficilmente prevedibili, legati all'aumento di vettori di malattie per il bestiame.

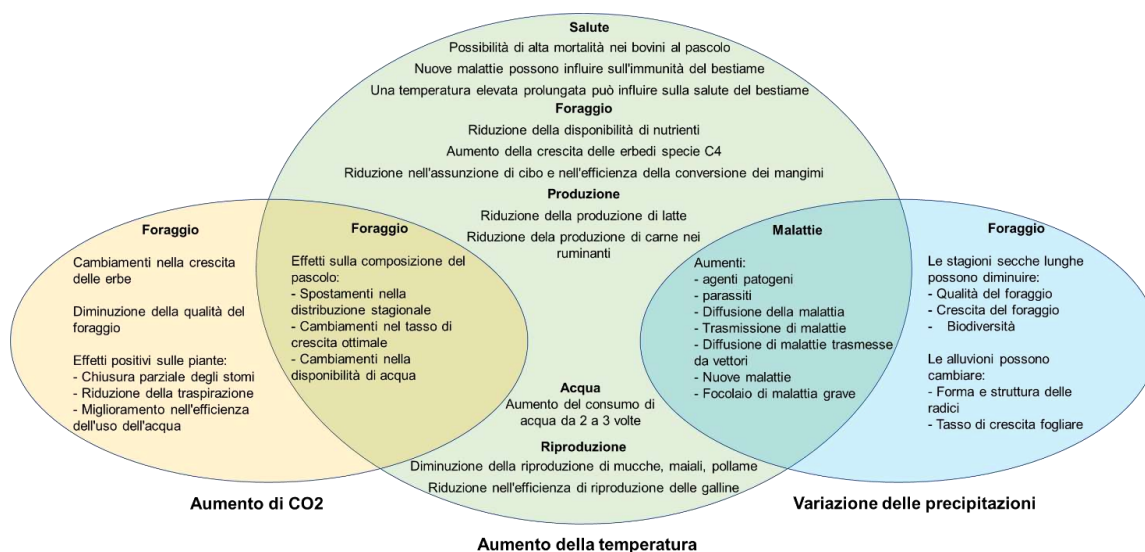


Figura 3 Impatti del cambiamento climatico sul bestiame

Fonte: modificato da (7).

Si ritiene infatti che le alte temperature tendano a ridurre l'alimentazione e i tassi di crescita degli animali (19,20). Inoltre, sebbene gli impatti dei cambiamenti climatici sulle malattie del bestiame rimangano difficili da prevedere e altamente incerti (21,22), recenti studi evidenziano che le regioni temperate potrebbero diventare più vulnerabili a malattie trasmesse da vettori tropicali come la febbre della Rift Valley e la malaria, che sono altamente sensibili alle condizioni climatiche (23).

A scala globale un aumento della temperatura media maggiore o pari a 4 °C per la fine del 21esimo secolo rispetto ai livelli preindustriali, combinato alla crescita demografica e della domanda di cibo, potrebbe portare a grandi rischi per la sicurezza alimentare. Tali rischi non sarebbero uniformemente distribuiti, ma potrebbero risultare maggiori alle basse latitudini e nei paesi in via di sviluppo che dipendono fortemente dal settore agricolo per il loro sostentamento (5).

Mentre a livello globale l'approvvigionamento di cibo potrebbe essere influenzato negativamente sia nelle regioni temperate che subtropicali (24), i maggiori rischi per l'insicurezza alimentare dovrebbero concentrarsi nei paesi in via di sviluppo situati nei tropici (25–27) e in Africa. I cambiamenti climatici, inoltre, potrebbero influenzare negativamente i raccolti, la sicurezza alimentare e le economie locali anche nell'America centrale, nel nord-est del Brasile e in alcune parti della regione andina e dell'Asia meridionale. Potranno invece verificarsi degli effetti positivi alle alte latitudini (es. in Russia, Europa settentrionale, Canada, Sud America) dove il riscaldamento globale potrebbe aumentare i raccolti ed espandere la stagione di crescita e la superficie adibita a colture agricole, sebbene i raccolti in alcune regioni possano essere bassi a causa della scarsa fertilità del suolo e della carenza di acqua (28).

Come sottolineato dall'ultimo rapporto di sintesi dell'IPCC (29), è importante considerare che il settore agricolo svolge un ruolo importante anche per la gestione del territorio in quanto con l'aumento della popolazione globale e della relativa domanda di cibo negli ultimi decenni si è verificata una crescente perdita di ecosistemi e

biodiversità. Questi impatti possono essere aggravati dai cambiamenti climatici comportando crescenti rischi per la salute umana, i mezzi di sussistenza e gli ecosistemi terrestri, con alcune regioni più colpite rispetto ad altre e alcune regioni esposte a nuovi rischi imprevedibili. Infatti, bisogna considerare che la temperatura media della superficie del suolo è già aumentata di 1,53 ° C, ovvero più della media globale di 0,87 ° C che considera anche l'aumento di temperatura sulla superficie degli oceani. Inoltre, il degrado del suolo è aggravato da eventi estremi indotti dai cambiamenti climatici, come inondazioni, stress termico e siccità. In alcune aree il tasso di erosione del suolo può arrivare a 100 volte quello della formazione, il che significa che una gestione sostenibile del territorio diventerà sempre più vitale per la sostenibilità delle pratiche agricole.

Problema / sindrome	Impatto sui cambiamenti climatici	Cause umane	Cause climatiche	Opzioni di gestione del territorio
Erosione dei suoli agricoli	Emissione: CO ₂ , N ₂ O			Aumento della materia organica nel suolo, nessuna aratura, colture perenni, controllo dell'erosione, agroforestali, cambiamento nella dieta
La deforestazione	Emissione: CO ₂			Protezione delle foreste, gestione sostenibile delle foreste e cambiamento nella dieta
Degrado forestale	Emissione: CO ₂ ; Riduzione nell'assorbimento di carbonio			Protezione delle foreste, gestione sostenibile delle foreste
Pascolo eccessivo	Emissione: CO ₂ , CH ₄ ; albedo in aumento			Gestione controllata di campi e pascoli
Produzione di legna da ardere e carbone	Emissione: CO ₂ , CH ₄ ; albedo in aumento			Cucina pulita (benefici per la salute, in particolare per donne e bambini)
Aumento nella frequenza e nell'intensità degli incendi	Emissione: CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, aerosol; albedo in aumento			Gestione del combustibile, gestione degli incendi
Degrado dei suoli di torba tropicale	Emissione: CO ₂ , CH ₄			Ripristino delle torbiere, controllo dell'erosione, regolazione dell'uso delle torbiere
Scongelamento del permafrost	Emissione: CO ₂ , CH ₄			Trasferimento di insediamenti e infrastrutture
Erosione delle coste	Emissione: CO ₂ , CH ₄			Ripristino delle zone umide e costiere, conservazione delle mangrovie, pianificazione dell'uso del suolo a lungo termine
Tempeste di sabbia e polvere, erosione del vento	Emissione: aerosol			Gestione della vegetazione, rimboscimento, frangivento
Invasione di cespugli	Catturare: CO ₂ ; albedo in diminuzione			Gestione dei pascoli, gestione degli incendi

Cause umane	
Pressione del pascolo	
Pratiche agricole	
Espansione dell'agricoltura	
Pulizia delle foreste	
Legname da utilizzare come combustibile	
Cause climatiche	
Tendenza al riscaldamento	
Temperature estreme	
Tendenza verso un clima arido	
Precipitazioni estreme	
Piogge mutevoli	
Cicloni intensi	
Innalzamento del livello del mare	

Figura 4 Relazione tra i fattori di desertificazione e degrado del suolo e le emissioni di gas serra
Fonte: modificato da (29)

Complessivamente, quindi, gli impatti del cambiamento climatico sulla degradazione del suolo e sull'agricoltura, causeranno crescenti rischi per la sicurezza alimentare, colpendo non solo la disponibilità e la produzione di cibo, ma anche la possibilità di accedere al cibo a prezzi sostenibili, la qualità del cibo e stabilità nelle condizioni di utilizzo/approvvisionamento. Rispetto ad altri settori, inoltre, è importante rimarcare che l'agricoltura svolge un ruolo unico per quanto riguarda i cambiamenti climatici: da un lato risulta essere particolarmente vulnerabile ai suoi impatti, a causa del suo alto livello di esposizione e vulnerabilità ai fattori climatici, dall'altro contribuisce in modo significativo alle emissioni di gas a effetto serra, essendo uno dei settori che emette la maggiore quantità di emissioni non-CO₂ in atmosfera.

La Figura 4 descrive l'interazione dei principali fattori umani e climatici che contribuiscono ai processi di desertificazione e degrado del terreno in corso. Questi processi a loro volta contribuiscono ai cambiamenti climatici attraverso le emissioni di gas a effetto serra, nonché a ridurre i tassi di assorbimento del carbonio nel suolo.

Le proiezioni future di aumento della temperatura evidenziano, inoltre, che le regioni più adatte per la coltivazione di certi prodotti agricoli (es. olivi e viti) si sposteranno verso nord nei prossimi decenni (30). Queste colture, ampiamente diffuse in Italia, sono anche particolarmente suscettibili a cambiamenti nella fenologia, e potranno mostrare possibili variazioni nelle stagioni di crescita che inciderebbero sull'efficienza della produzione regionale causando probabilmente ulteriori danni al settore agricolo. Altri fattori di vulnerabilità per l'agricoltura sono attribuibili alla variazione della domanda e della disponibilità idrica. La scarsità d'acqua nel Mediterraneo è notevolmente aumentata dal 1950 (31) con ulteriori impatti attesi nel futuro sia in termini di frequenza che di gravità (32). Anche gli scenari più ottimistici di cambiamento climatico, infatti, prevedono una riduzione della sicurezza idrica nell'Europa meridionale (33). Considerando anche le tendenze di aumento della popolazione, potrebbero verificarsi quindi condizioni in cui la domanda di acqua per uso agricolo non viene soddisfatta dall'offerta, innescando conflitti per l'uso della risorsa. La situazione potrebbe inoltre essere aggravata dall'aumento dei tassi di evapotraspirazione causati dall'aumento della temperatura, aggiungendo ulteriori pressioni ai sistemi di irrigazione già soggetti a siccità.

Se da un lato si prevede che con il cambiamento climatico le precipitazioni diminuiranno complessivamente nella regione Mediterranea, la comparsa di eventi estremi più frequenti potrebbe portare a un rischio maggiore di alluvioni. In particolare, l'aumento della frequenza delle alluvioni nei piccoli bacini idrografici potrebbe essere motivo di preoccupazione per la regione (34). Gli impatti fisici previsti potranno quindi includere, in questo caso, danni diretti alle colture ed effetti negativi per i processi di erosione del suolo, così come impatti dovuti al ristagno idrico.

Altri potenziali eventi estremi includono il gelo, che è già stato causa di danni alle colture che ora crescono anticipatamente in primavera a causa dell'estensione delle stagioni di crescita (35) e grandinate che si prevede aumentino nelle regioni alpine (36). Le regioni alpine montuose saranno particolarmente suscettibili all'aumento dei rischi di grandine, gelo, caduta di massi e frane, nonché a un probabile aumento della temperatura superiore alla media europea. Al contrario, la regione mediterranea sarà particolarmente soggetta a siccità ed ondate di calore, nonché alla diminuzione delle precipitazioni e dei raccolti. Tra tutte le regioni europee, il Mediterraneo avrà maggiori probabilità di affrontare rischi significativi per il bestiame e la biodiversità in generale, e potrà essere influenzato negativamente anche dagli effetti a cascata dei cambiamenti climatici al di fuori dell'Europa.

Le temperature estremamente elevate e le ondate di calore rappresentano ulteriori impatti fisici indotti dai cambiamenti climatici che incidono in modo significativo sulla produttività delle colture. Un'ampia gamma di colture ha già mostrato un'estrema sensibilità alle temperature diurne di 30° e oltre (17) e, con la moltitudine di ondate di calore estreme osservate negli ultimi cinque anni, questo fattore rappresenta di per se una grave minaccia per il mantenimento della sicurezza alimentare.

Infine, è probabile che la produzione agricola diventi più soggetta a parassiti e malattie di fronte ai continui cambiamenti climatici. I cicli di crescita degli insetti, infatti, possono essere favoriti da temperature più calde (35) e le specie di parassiti potranno spostarsi più facilmente verso quote più elevate (37) in zone dove prima non erano presenti. L'Italia ha già visto gli effetti negativi di questi impatti ad esempio in Toscana dove è stato osservato un aumento delle infestazioni di moscerini della frutta sugli ulivi legato al clima, con conseguente calo della resa. Si prevede che questa tendenza aumenterà alla fine di questo secolo (38). Anche i tassi di produttività delle erbe infestanti potrebbero aumentare con l'aumentare della concentrazione di CO₂.

Per quanto riguarda gli impatti socioeconomici, sebbene essi siano più difficili da stimare a causa di una serie di incertezze, si può stimare che le perdite dirette derivanti dalla riduzione delle rese delle colture avranno effetti a cascata sulle variazioni di prezzo e sulla quantità dei prodotti immessi nel mercato. Conseguentemente, si potranno avere degli effetti negativi sui redditi e sui mezzi di sussistenza agricoli e persino sui mezzi di

sussistenza in altri settori correlati all'agricoltura (es. industria alimentare). Recenti studi indicano che l'impatto totale del cambiamento climatico sull'agricoltura europea potrebbe raggiungere il 16% del reddito totale entro la metà del secolo. Sebbene gli impatti economici saranno distribuiti in modo eterogeneo da regione a regione, l'Italia sarà uno degli Stati membri dell'UE a subire le perdite maggiori (39). Fortunatamente, se le misure di adattamento avranno successo, il reddito individuale dei lavoratori non ne risentirà molto (40).

Anche i valori delle aziende agricole e dei terreni sono esposti agli impatti del cambiamento climatico. Sebbene in Europa occidentale e settentrionale si stima un possibile aumento del loro valore, diversi paesi dell'Europa meridionale potranno registrare una flessione. In particolare, significative perdite di valore sono previste in Italia, dove i danni economici potrebbero superare i 100 miliardi di euro entro la fine del secolo, a seconda delle misure di adattamento scelte (41).

Il settore zootecnico risentirà notevolmente degli effetti del cambiamento climatico. Per mantenere gli attuali livelli di produzione zootecnica (42) occorrerà aumentare l'efficienza. Tuttavia, bisogna considerare anche il ruolo del settore zootecnico nel suo complesso, come grande produttore di emissioni di gas serra, e la possibilità che in futuro siano poste delle limitazioni alle emissioni in questo settore per raggiungere gli obiettivi di mitigazione.

1.3 Iniziative principali derivanti dal settore agricolo e agro-alimentare

Le iniziative a supporto dell'adattamento al cambiamento climatico per il settore agro-alimentare comprendono programmi a scala globale, Europea e nazionale. FAO Adapt è un programma globale per l'adattamento ai cambiamenti climatici dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO). Esso è attuato da un gruppo di lavoro interdipartimentale che ha lo scopo di fornire orientamenti su un'ampia gamma di questioni legate all'adattamento al cambiamento climatico, come il rafforzamento della capacità di adattamento, la gestione efficace del territorio e delle risorse, fornire conoscenze sulla valutazione della vulnerabilità e sulla gestione del rischio di calamità. Un sostegno particolare è fornito da questo programma ai paesi in via di sviluppo (43).

Oltre a questa iniziativa, l'Alleanza globale sull'agricoltura intelligente per il clima (GACSA) riunisce le conoscenze tecniche e le competenze dei paesi partner di tutto il mondo, Italia compresa, per promuovere politiche e investimenti efficaci nel settore. Per l'UE, programmi come LIFE+, Orizzonte 2020 e COPERNICUS (che offre informazioni ambientali basate su immagini satellitari) sono all'avanguardia e contribuiscono ad aumentare la disponibilità di finanziamenti per l'implementazione di misure e strategie di adattamento.

Il programma LIFE+ è stato creato per affrontare le questioni relative ai cambiamenti climatici nell'UE attraverso l'attuazione di politiche strategiche di azione per il clima. I progetti finanziati recentemente includono, tra gli altri: AGRI ADAPT^{iv} che presta particolare attenzione all'adattamento sostenibile nel settore agricolo, con particolare riferimento alla dimostrazione di buone pratiche per l'implementazione di misure sostenibili di adattamento con un approccio ecosistemico a livello di azienda agricola; GREAT LIFE^v che è dedicato alla comprensione della connessione tra consumo alimentare, adattamento e resilienza agricola, con un caso di studio principale nel bacino del Po (Emilia-Romagna). Attraverso questo progetto si spera di ridurre il consumo di acqua per l'irrigazione, promuovere un cambiamento nel comportamento dei consumatori e ridurre le emissioni di CO₂, con l'obiettivo finale di applicare queste pratiche ad altre regioni agricole simili.

^{iv} url: http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=5661

^v http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=6703

Orizzonte 2020 è il programma di finanziamento della UE che sostiene a una gamma diversificata di progetti di ricerca e innovazione volti ad affrontare le questioni più attuali dagli Stati membri, con più della metà del bilancio destinato a progetti che riguardano la sostenibilità. Il programma ERA-NET è uno degli strumenti previsti da Orizzonte 2020 per finanziare progetti che riguardano in modo particolare l'agricoltura e i cambiamenti climatici.

Esistono anche una serie di programmi a livello nazionale e regionale, che consentono ricerche e investimenti specifici relativi a questioni locali. Sulla base dei rispettivi piani e strategie di adattamento nazionali, i paesi dell'UE hanno avviato progetti che comprendono i programmi di sviluppo rurale (PSR), i piani Natura 2000 e i piani di gestione dei bacini idrografici. I PSR sono stati particolarmente efficaci, in parte grazie al loro cofinanziamento da parte dell'UE, nell'attuazione delle misure di adattamento illustrate di seguito. Il Programma Nazionale della Ricerca^{vi}, infine, supervisiona gran parte dei progetti di ricerca nel settore, con il sostegno del fondo Orizzonte 2020.

1.4 Opportunità per il settore agricolo e agroalimentare

Le misure di adattamento sono generalmente implementate su scala minore rispetto alle più ampie politiche attuate a livello nazionale e internazionale; molte di esse possono infatti essere attuate in singole aziende agricole. È comunque importante mettere in pratica alcune misure su scala nazionale al fine di ottenere efficienze di scala e raggiungere un vasto pubblico.

A questo livello, e anche a livello regionale, una delle principali misure che è possibile attuare è la sensibilizzazione e il miglioramento della conoscenza sulle questioni relative ai cambiamenti climatici nel settore agricolo. A questo scopo, la PAC ha introdotto un sistema di consulenza aziendale a scala nazionale che offre la possibilità di guidare le aziende agricole nell'adozione di un approccio semplificato all'adattamento basato sulle migliori conoscenze e pratiche.

Il finanziamento di misure di gestione del rischio è un'altra opzione di adattamento potenzialmente molto utile da impiegare per le autorità nazionali o regionali. Queste potrebbero assumere la forma di fondi per le calamità regolati dal governo, fondi comuni organizzati a livello regionale di proprietà dei partecipanti o assicurazioni private di rischio (44). Attraverso la sinergia con altre politiche come la PAC, queste misure di adattamento potrebbero portare a un sistema assicurativo più ampiamente accettato e sostenuto all'interno del settore agricolo. Tuttavia, è importante evitare la disincentivazione di adeguate misure di adattamento in presenza di una falsa sicurezza assicurativa (45).

Misure di adattamento specifiche a livello di azienda agricola possono riguardare il miglioramento dei sistemi di irrigazione. L'irrigazione nel Nord Italia, infatti, ha uno dei tassi più alti in Europa di utilizzo di sistemi gravitazionali. Essendo basati su un elevato consumo d'acqua, questi sistemi potrebbero essere resi più efficienti attraverso una varietà di misure. Queste misure includono, ad esempio, una maggiore sensibilizzazione sull'uso dell'acqua attraverso i contatori, oppure il rivestimento o la sostituzione di canali aperti di irrigazione che perdono quantità significative di acqua attraverso infiltrazioni nel terreno ed evaporazione (46).

La gestione delle alluvioni è un'altra misura di importanza nazionale e regionale di adattamento per il settore agricolo. Sotto la direzione della direttiva Alluvioni, possono essere attuate misure regionali per ridurre gli impatti sulle aziende agricole e costruirne la resilienza di fronte a questa crescente minaccia. Tra queste misure, alcune di quelle raccomandate sono la manutenzione dei letti dei fiumi, il rimboschimento di terre inutilizzate per una

^{vi} <https://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries/italy>

maggior protezione, la costruzione di pianure alluvionali vicino a terreni agricoli e l'aggiornamento delle linee guida infrastrutturali per garantire che esse siano attrezzate per affrontare le sfide di un clima che cambia.

Oltre a ciò esiste un numero crescente di opzioni di adattamento che possono essere adottate per migliorare la capacità di adattamento delle singole aziende agricole. Intervenendo sui processi di produzione agricola, infatti, le aziende possono prepararsi a mantenere un alto livello di resilienza, qualità del suolo e biodiversità.

A questo livello le misure di adattamento sono generalmente di natura tecnica e devono essere adattate alle esigenze individuali della specifica azienda agricola, che variano molto a seconda della tipologia di produzione.

Nel recente rapporto sull'adattamento al cambiamento climatico per il settore agricolo, l'EEA (14) ha proposto una varietà di misure che possono essere adottate dalle aziende agricole, considerandone non solo i potenziali benefici ma anche i potenziali costi economici ed ecologici a breve termine. Tali misure, includono:

- Il drenaggio compatibile con gli ecosistemi che riduce gli impatti delle alluvioni, proteggendo il suolo dall'erosione e dal deflusso dei nutrienti.
- Una migliore efficienza dell'irrigazione per ridurre il consumo di acqua e nei sistemi agricoli potenzialmente esposti alla siccità.
- La raccolta e lo stoccaggio dell'acqua piovana per risparmiare energia e aumentare la resistenza alla siccità, anche se questa misura può togliere terreno utile per altri usi produttivi.
- I progressi tecnologici nell'agricoltura di precisione sono previsti investimenti coinvolti, ma consentiranno anche di mitigare l'uso di fertilizzanti e le relative emissioni di gas serra, oltre a proteggere la biodiversità nelle vicinanze.
- L'adattamento dei calendari delle colture per far fronte alle mutevoli stagioni di crescita e ai periodi di maggior rischio da eventi estremi.
- La rotazione e la diversificazione delle colture per preservare la biodiversità.
- L'utilizzo di colture di copertura per ridurre il degrado del suolo indotto dai cambiamenti climatici e la lisciviazione dell'azoto.
- La produzione sostenibile all'interno delle serre, qualora applicabile a costi accessibili, ridurrebbe lo stress idrico e aumenterebbe la resa delle colture attraverso un maggior controllo della temperatura e un aumento di efficienza dell'irrigazione.

Gli agricoltori, quindi, possono adottare diverse strategie di gestione del rischio climatico che permettano anche un miglioramento della qualità del suolo e dell'acqua.

Per quanto riguarda il bestiame, è possibile migliorarne la resilienza al cambiamento climatico attraverso il miglioramento della gestione del foraggio e dei terreni a pascolo e il controllo delle condizioni di allevamento così da poter prevenire, nel miglior modo possibile, la diffusione di focolai di malattie.

Come la maggior parte dei settori, l'agricoltura non soffre solo degli impatti dei cambiamenti climatici, ma contribuisce anche al riscaldamento globale attraverso l'emissione di gas a effetto serra. È quindi importante che l'industria agricola aiuti quanto più possibile gli sforzi di mitigazione per prevenire un aggravamento della situazione. Pertanto, per contrastare in modo efficace il cambiamento climatico, oltre alle misure di adattamento è necessario identificare ed attuare anche una serie di misure di mitigazione.

Le emissioni di gas a effetto serra sono spesso misurate in base ai contributi di anidride carbonica CO₂ (immessa in atmosfera), tuttavia, le attività agricole sono note anche per altri tipi di emissioni, come il metano (proveniente principalmente dalla produzione di bestiame) e il protossido di azoto, che apportano entrambi un contributo all'effetto serra molto più alto di quello dell'anidride carbonica.

Sebbene le emissioni nel settore agricolo dell'UE siano in calo dal 1990 a causa dei miglioramenti delle pratiche agricole che hanno portato a un minore utilizzo di fertilizzanti e nitrati, nonché a una riduzione del numero di bovini e di altri allevamenti ^{vii}, ad oggi (2019), l'agricoltura rappresenta ancora il 10% delle emissioni totali di gas serra nell'UE. Questi dati rendono l'agricoltura uno dei maggiori settori che contribuiscono ai cambiamenti climatici, a causa della grande percentuale di gas a effetto serra (non CO₂) che vengono prodotti.

La quota di emissioni è fortemente ponderata verso paesi più popolosi e produttivi come Regno Unito, Germania, Francia e Spagna, con l'Italia che rappresenta il quinto paese contribuente, con 29.500 kt di CO₂ equivalente emesso nel 2015 di solo metano e protossido di azoto.

Altre emissioni e inquinanti che destano preoccupazione includono l'ammoniaca e il particolato primario, che possono entrambi causare problemi locali con l'inquinamento atmosferico e che si riscontrano con alti livelli di fertilizzazione e bestiame.

Un modo in cui il settore agricolo può fare la propria parte nella riduzione delle emissioni è attraverso il sequestro attivo della CO₂, e attualmente l'Italia è indietro solo rispetto a Francia e Regno Unito in questo ambito, contribuendo a mitigare alcuni dei contributi del settore ai cambiamenti climatici. Il sequestro può essere ottenuto attraverso la gestione della copertura del suolo e dei suoli per mantenerli ossidati e attivi e rallentare il tasso di degrado del suolo. Ciò ha avuto particolare successo in Italia grazie alla conversione delle terre coltivate in praterie (47).

Altri sforzi di mitigazione comportano una riduzione diretta delle emissioni. Per le aziende agricole questi includono la riduzione delle emissioni dalla digestione anaerobica di letame e CH₄ dalla fermentazione enterica derivante dalla digestione del bestiame, nonché l'ottimizzazione dei tassi di applicazione dei fertilizzanti per ridurre le emissioni dal suolo (48).

L'ottimizzazione dell'applicazione dei fertilizzanti attraverso l'agricoltura di precisione è una delle numerose misure possibili che possono avere vantaggi sia in termini di adattamento che di mitigazione.

^{vii} Eurostat, Agri-Environmental Greenhouse Gas Emissions, url: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_greenhouse_gas_emissions#Total_emissions_from_the_EU_agricultural_sector



Figura 5 Prodotti di eccellenza del Nord-est

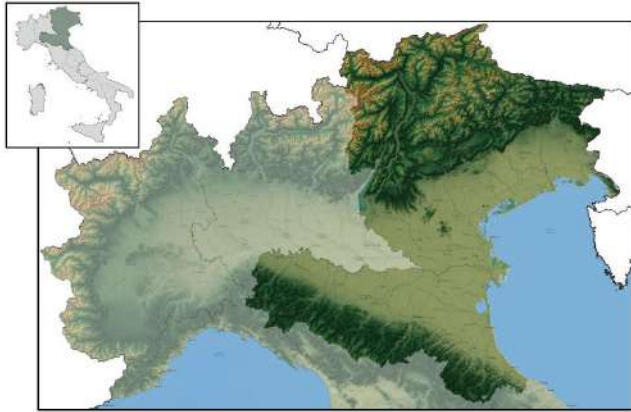
2 Profilo del Nordest

Con una produzione agricola diversificata pari al 21 per cento del valore nazionale e una tendenza a pratiche legate alla sostenibilità e al biologico, il Nord-Est si conferma leader per produzione e fatturato con performance sopra alla media nazionale sia per efficienza che fatturato. L'aumento della temperatura e la variazione nella distribuzione delle piogge costringe ad un ripensamento degli investimenti e del tessuto produttivo. Le soluzioni includono l'introduzione di servizi ecosistemici, le infrastrutture verdi e l'utilizzo dei servizi climatici al fine di rendere la scienza fruibile e utilizzabile nei processi decisionali.

2.1 Ruolo agricoltura nel Nord-Est

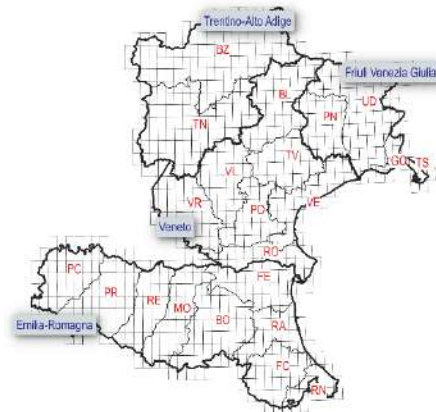
Il settore agricolo del Nordest occupa 179 mila unità di lavoro equivalenti a tempo pieno (pari al 21 per cento del valore nazionale) con una produzione di 12.3 miliardi di euro e un valore aggiunto di 6.4 miliardi di euro. Le 240 mila imprese, che comprendono il 16 per cento delle aziende agricole nazionali, realizzano il 27 per cento della produzione ed il 25 per cento del valore aggiunto. La superficie agricola utilizzata (SAU), data dall'insieme dei terreni investiti ed effettivamente utilizzati in coltivazioni agricole^{viii}, ammonta a 2.43 milioni di ettari (ha). La superficie totale, comprese le superfici agricole non utilizzate, si estende sui 3.47 milioni di ha.

^{viii} <https://www.istat.it/files/2011/01/GLOSSARIO.pdf>



Posizione geografica

Figura 6 Inquadratura territoriale del Nordest



Regioni e province del Nordest

L'Italia con una produzione annua di circa 4 milioni di tonnellate è il principale produttore europeo di grano duro, generando il 10,5% dell'offerta globale e il 47% a livello continentale (49,50). La superficie destinata alla produzione di grano duro in Italia è di circa 1,2 milioni di ettari, in calo del 5,5% su base annua. Su base decennale la riduzione è del 3,3%, mentre è inferiore del 12,3% rispetto alla massima produzione decennale del 2016 ed è di poco superiore (1,2%) a quella del 2011, quando si è toccato il valore minimo degli ultimi dieci anni.

Per quanto riguarda il Nord Est, la superficie coltivata a frumento duro è pari a 74.566 ettari, in calo del 16% rispetto al 2018, ma stabile su base decennale, anche se è più bassa del 35% rispetto al al 2016 (massimo decennale). L'Emilia-Romagna spicca tra le quattro regioni nordorientali con 60.103 ettari di terra coltivata a grano duro, il Veneto si ferma a 14.069 ettari e il Friuli-Venezia Giulia a 388 ettari, mentre il Trentino-Alto Adige ha una produzione poco significativa. In termini di produzione annua, il quadro non cambia: le stime per il 2019 si aggirano attorno alle 327.450 tonnellate, valore in linea con il decennio, ma molto minore rispetto al trend degli ultimi anni. Il raccolto veneto è previsto vicino alle 63.000 tonnellate, quasi il doppio del 2009, ma inferiore in termini di resa ad annate in cui la superficie coltivata a grano duro era meno estesa, come nel 2015. In Friuli invece, dove fino al 2010 l'Istat non ha registrato la presenza di questa coltura, si stima che vengano prodotte quasi 2.000 tonnellate.

Si segnala una presenza sempre più rilevante del biologico, che ha avuto un forte incremento a partire dal 2016. La superficie coltivata in maniera biologica sfiora i 130.000 ettari e la produzione oggi si assesta sulle 380.000 tonnellate annue di frumento duro, circa il 9% del totale nazionale, nonostante le rese molto più basse rispetto ai metodi convenzionali (51). Se le rese possono essere in certi casi anche del 50% inferiori a quelle dell'agricoltura convenzionale, molti agricoltori ritengono ugualmente strategico il passaggio al biologico per i prezzi superiori e il maggiore potere contrattuale garantito, in un mercato con forti criticità per i produttori cerealicoli.

Le regioni del Nord Est negli ultimi anni non hanno avuto un andamento comune, infatti se in Emilia-Romagna e Friuli-Venezia Giulia gli ettari coltivati a frumento duro biologico nel periodo 2010-2017 sono cresciuti rispettivamente del 37% e del 73%, in Veneto c'è stato un calo del 10%.

In Italia, le previsioni per il 2019 indicano una produzione attesa di mele pari a 2.194.762 tonnellate (52), esattamente 1/5 della produzione europea, che è prevista in calo del 20% rispetto allo scorso anno. Al contrario, l'annata italiana è stimata solo leggermente inferiore a quella passata e in linea con la media degli ultimi cinque anni, se si esclude la produzione estremamente bassa del 2017. In questo contesto nazionale, il Nord Est risulta storicamente l'area produttiva più importante e in particolare il Trentino-Alto Adige è la regione leader del settore.

Infatti, per l'anno in corso si stima che in Trentino vengano prodotte 518.529 tonnellate e in Alto Adige 991.337, fornendo insieme il 68,7% delle mele italiane. Allo stesso tempo, il Veneto con 198.628 tonnellate (9%) e l'Emilia-Romagna con 171.388 (7,8%) sono rispettivamente la terza e la quarta regione per quantità prodotta, dietro al Piemonte. Infine, anche il Friuli-Venezia Giulia con 42.000 tonnellate all'anno è un player rilevante a livello nazionale.

Per quanto riguarda la produzione biologica di mele, a livello nazionale nel 2018, 7.400 ettari sono risultati convertiti (4.576) o in fase di conversione (2.823) al biologico (53).

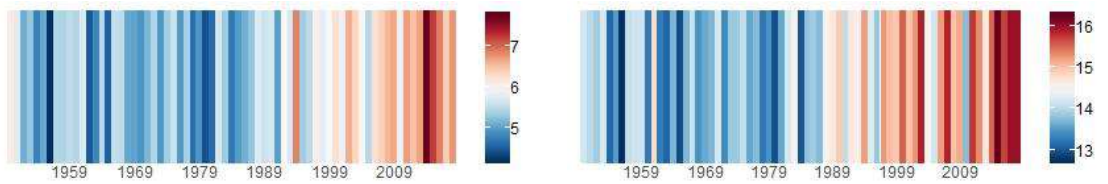
L'Italia anche nel 2018 si è confermata il primo produttore mondiale di vino per quantità prodotta, mentre con un valore di 13 miliardi di euro è il secondo per fatturato complessivo dietro alla Francia (54). In questo contesto nazionale, il Nord-est rappresenta la principale area produttiva del settore vitivinicolo in termini quantitativi. Infatti, se si sommano i dati della produzione vinicola del 2018 di Emilia-Romagna, Veneto, Friuli-Venezia Giulia e Trentino-Alto Adige, si raggiunge una quantità annua di 23,3 milioni di ettolitri, che rappresenta il 43% circa della produzione nazionale, che ha superato i 54 milioni di ettolitri nel 2018 (55).

A livello nazionale il 2018 è stato un anno record per la produzione di vino (55): 23% in più rispetto alla media decennale e 24% in più rispetto al 2017. A trascinare l'Italia al primo posto a livello globale è stato proprio il Nord-Est. In particolare, il Veneto si conferma prima regione italiana con 12,9 milioni di ettolitri, l'Emilia-Romagna si posiziona al terzo posto toccando i 7,3 milioni di ettolitri, mentre i numeri di Trentino-Alto Adige (1,3 milioni di ettolitri) e Friuli-Venezia Giulia (1,7 milioni di ettolitri) sono importanti ma inferiori. Il peso del Nord-Est è rilevante anche per quanto riguarda l'export vitivinicolo, infatti il 51,4% del vino esportato dall'Italia proviene da una delle quattro regioni nord-orientali.

È importante evidenziare la diversità che si riscontra all'interno della macroarea del nord-est italiano, con una distinzione abbastanza netta fra Triveneto ed Emilia-Romagna in termini di tipologie vitivinicole, caratteristiche degli attori coinvolti e strategie di mercato. Interessante è il confronto tra Veneto ed Emilia-Romagna. Se il primo si caratterizza per l'alto valore aggiunto dei propri prodotti e l'elevato numero di certificazioni di origine e qualità, occupando soprattutto il segmento dei vini fine premium e commercial premium, la seconda è leader per il settore dei non premium (56). A questa distinzione si associa una diversa struttura di mercato, con le principali aziende venete che realizzano performance sopra la media nazionale per redditività e si posizionano ai vertici anche in termini di efficienza e risultati finanziari (57). L'Emilia-Romagna, invece, presenta in generale dei rendimenti inferiori, con un mercato regionale fortemente incentrato sul modello cooperativo.

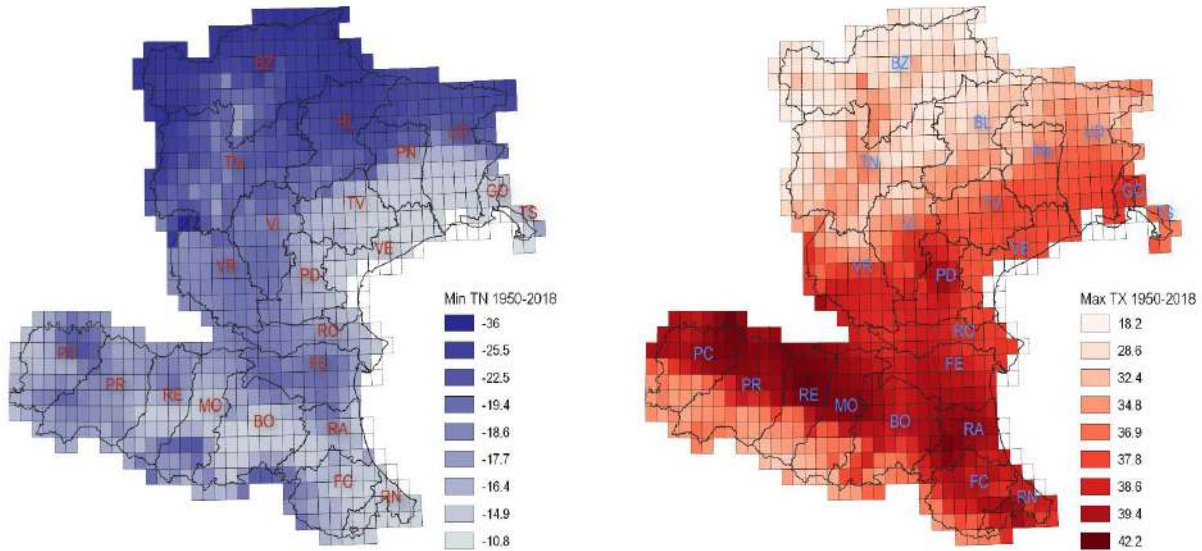
2.2 Clima del Nordest e come cambia

Le attività agricole dipendono direttamente dalle condizioni climatiche. I mutamenti delle precipitazioni, la siccità, le inondazioni e altri eventi climatici estremi hanno effetti sia diretti che indiretti sulla produttività agricola. Le serie storiche di temperatura e precipitazione dimostrano che il territorio del Nord-Est italiano sta già affrontando condizioni climatiche mutevoli: negli ultimi 70 anni la temperatura media giornaliera è aumentata di circa 1° C (Figura 7), mentre province come Trento e Bolzano hanno visto un aumento della temperatura media giornaliera minima fino a 3° C (Figure 8 e 9). La Pianura Padana, un'area importante in Italia per la produzione agricola, ha visto un consistente calo del 10-15% delle precipitazioni medie totali durante le stagioni estive del periodo climatico 1984-2017 rispetto al periodo climatico di 1950-1983 (figure 10 e 11). Il settore agricolo della Pianura Padana, responsabile per circa l'80% dei prelievi idrici totali nella pianura, è particolarmente vulnerabile a questi cambiamenti; sia l'aumento della temperatura che il calo delle tendenze delle precipitazioni portano a crescenti pressioni sulle riserve idriche, con conseguenti impatti diretti sulle rese agricole.



temperature (°C) minime (TN) (dati: eobs v19.2) temperature (°C) massime (TX) (dati: eobs v19.2)

Figura 7 Medie annua delle temperature giornalieri del periodo 1956-2015



valori minimi (°C) delle temperature minime giornaliere (dati: eobs v19.2)

valori massimi (°C) delle temperature massime giornaliere (dati: eobs v19.2)

Figura 8 Minimi e massimi delle temperature giornaliere nel periodo 1950-2018

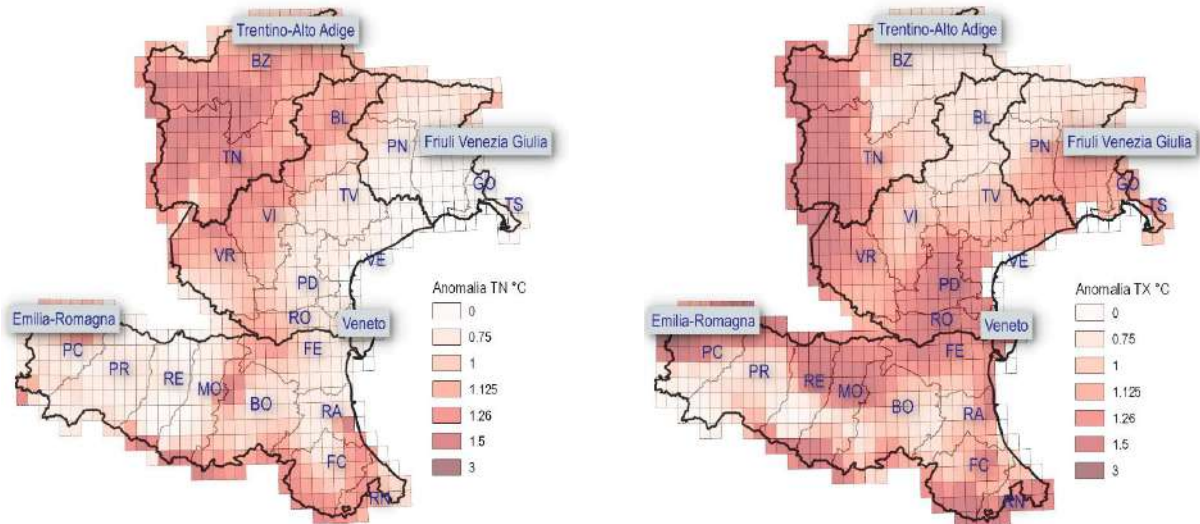
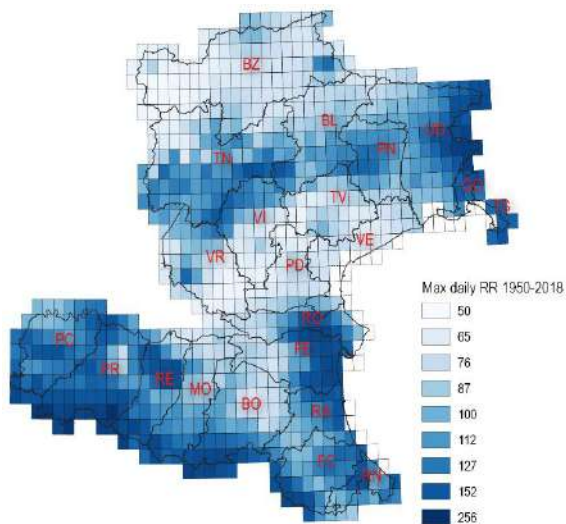
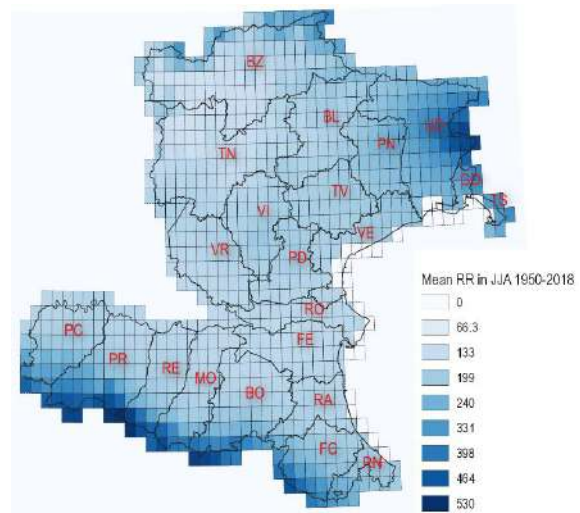


Figura 9 Aumento medio delle temperature minime (sinistra) e massime (destra) dal 1984 al 2017 rispetto al periodo 1950-1983

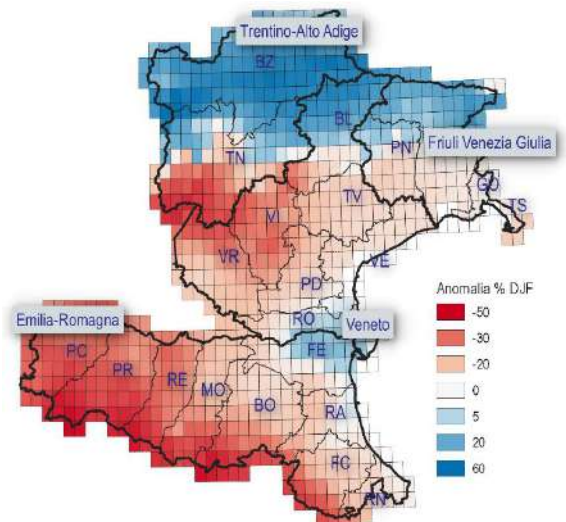


precipitazioni massime (mm×m²) giornaliere

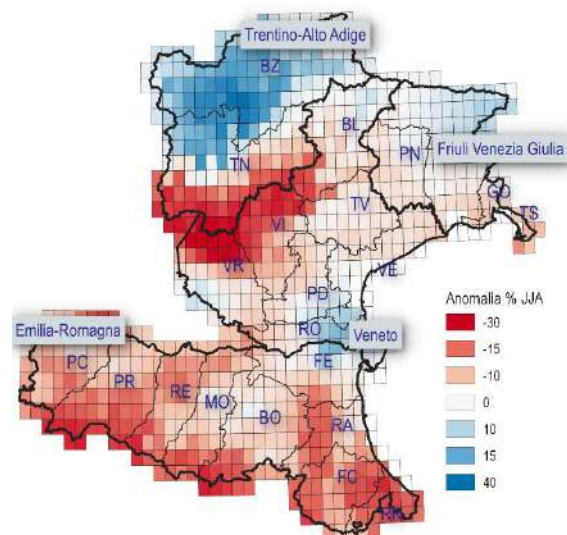


Media delle precipitazioni (mm×m²) estive (JJA)

Figura 10 Precipitazioni medie e massime giornaliere del periodo 1950-2018



Anomalie (riduzione e/o aumento) delle precipitazioni stagionali (%) nel periodo invernale (dicembre -febbraio)



Anomalie (riduzione e/o aumento) delle precipitazioni stagionali (%) nel periodo estivo (giugno--agosto)

Figura 11 Anomalie delle precipitazioni stagionali 1984-2017 rispetto al periodo 1950-1983.

Secondo le proiezioni di cambiamento climatico della regione mediterranea, il territorio del Nordest è una delle aree più vulnerabili al mondo per gli impatti dei cambiamenti climatici e del riscaldamento globale. Mentre i futuri cambiamenti climatici potrebbero anche avere alcuni effetti positivi sul territorio dovuti a stagioni di coltivazione più lunghe, è probabile che gli effetti negativi superino quelli positivi, in particolare con l'aumento della frequenza e dell'intensità di eventi estremi che colpiscono il territorio, come eventi di siccità e alluvioni. Al fine di valutare le possibili conseguenze negative degli estremi climatici sul territorio del Nordest, sono stati selezionati 8 indicatori per gli estremi climatici, 4 relativi alla temperatura e 4 relativi alle precipitazioni, come mostrato nella Figura 12.

		Indicatore				
		Acronimo	Definizione	Descrizione	Unità	Periodo
Temperatura	gsl	Durata periodo vegetativo	Il numero di giorni tra l'inizio del primo giorno di siccità dei giorni caldi nella prima metà dell'anno e l'inizio del primo giorno di siccità dei giorni freddi nella seconda metà dell'anno.	giorni	Annuale	
	tx90p	Percentuale di valori superiori alla temperatura massima giornaliera del 90 ° percentile	Percentuale annuale di valori al di sopra del 90 ° percentile della temperatura massima giornaliera di base (TX).	%	Annuale	
	txgt50p	Frazione di giorni con temperatura sopra la media, TX sopra il 50 ° percentile	Percentuale annuale di giorni in cui TX è maggiore del 50 ° percentile.	%	Annuale	
	txx	Massimo mensile della temperatura massima giornaliera	Massimo annuale della temperatura massima giornaliera (TX).	°C	Annuale	
Precipitazioni	prcptot	Precipitazioni giornaliere totali	Somma annuale delle precipitazioni nei giorni piovosi (giorni in cui le precipitazioni sono almeno 1 mm).	mm	Annuale	
	r20mm	Precipitazioni superiori a 20 mm al giorno	Conteggio annuale dei giorni in cui le precipitazioni giornaliere sono superiori a 20 mm al giorno.	giorni	Annuale	
	r95ptot	Precipitazioni giornaliere totali superiori alla soglia del 95 ° percentile	Somma annuale delle precipitazioni nei giorni in cui le precipitazioni giornaliere superano il 95 ° percentile delle precipitazioni giornaliere nel periodo base.	%	Annuale	
	rx5day	Precipitazione consecutiva massima di 5 giorni	Precipitazioni consecutive annuali per un massimo di 5 giorni.	mm	Annuale	

Figura 12 Indici degli estremi climatici selezionati per evidenziare l'evoluzione del clima

La selezione degli indicatori si è basata su specifiche tecniche e conoscenze specialistiche per dimostrare l'impatto di entrambe le variabili climatiche sul settore agricolo del territorio Nord-Est. L'analisi è stata eseguita per due diversi scenari di cambiamento climatico, i.e. RCP (in inglese: Representative Concentration Pathway) 4.5 e 8.5, e considerando quattro diversi modelli climatici (CCLM4-8-17, HIRAHM5, RACMO22E e REMO2009) per ogni scenario RCP. Gli scenari climatici mirano a rappresentare un insieme di condizioni climatiche future sotto diverse traiettorie di concentrazione dei gas a effetto serra, utilizzati in parte dell'IPCC per il Assessment Report 5 (AR5) nel 2014. Secondo lo scenario RCP 4.5, le emissioni di gas a effetto serra raggiungeranno il picco intorno al 2040, diminuendo nel periodo successivo. Secondo lo scenario RCP 8.5, le emissioni di gas serra aumentano costantemente nel corso del 21° secolo. Nell'analisi sono stati considerati due diversi periodi climatici, il primo relativo al periodo 2021-2050 e il secondo al periodo 2071-2100. In totale, sono stati calcolati 128 indicatori per gli estremi climatici (4 modelli climatici, 2 scenari climatici, 2 periodi climatici e 8 indicatori climatici estremi). I risultati dei 4 diversi modelli climatici vengono quindi aggregati prendendo la mediana dei risultati. I risultati finali per gli indicatori climatici estremi legati alla temperatura, vale a dire GSL (lunghezza della stagione di crescita), TX90p (quantità di giorni caldi), TXGT50p (frazione di giorni sopra la temperatura media) e TXX (massimo della temperatura massima giornaliera) sono mostrati nelle Figure 13 a 16, mentre i risultati finali per gli indicatori estremi del clima relativi alla precipitazione, vale a dire PRCPTOT (precipitazione annuale totale dei giorni piovosi), R20mm (numero di giorni di pioggia molto intensi), R95PTOT (contributo percentuale da giorni estremamente umidi) e RX5day (massimo di precipitazioni consecutive in 5 giorni) sono mostrate nelle Figure da 17 a 20. Dal punto di vista della temperatura, i risultati indicano un aumento costante delle temperature estreme su tutto il territorio Nordest durante i due periodi climatici analizzati. In particolare, i cambiamenti di temperatura sembrano intensificarsi durante il periodo climatico 2071-2100 per entrambi gli scenari climatici. Per quanto riguarda le precipitazioni, i risultati sono spazialmente variabili: durante il periodo climatico 2021-2050, emerge che le precipitazioni possano ridursi in quantità e intensità su tutto il territorio per lo scenario climatico RCP 4.5, mentre durante lo stesso periodo climatico i risultati per lo scenario climatico 8.5 indicano che quantità e intensità di precipitazione si riducono solamente nella parte settentrionale del Veneto. Per il periodo climatico 2071-2100, i risultati indicano un consistente aumento dell'intensità e della frequenza delle precipitazioni nella regione Trentino-Alto Adige e una diminuzione delle precipitazioni nella Pianura Padana, in particolare nello scenario climatico RCP 8.5.

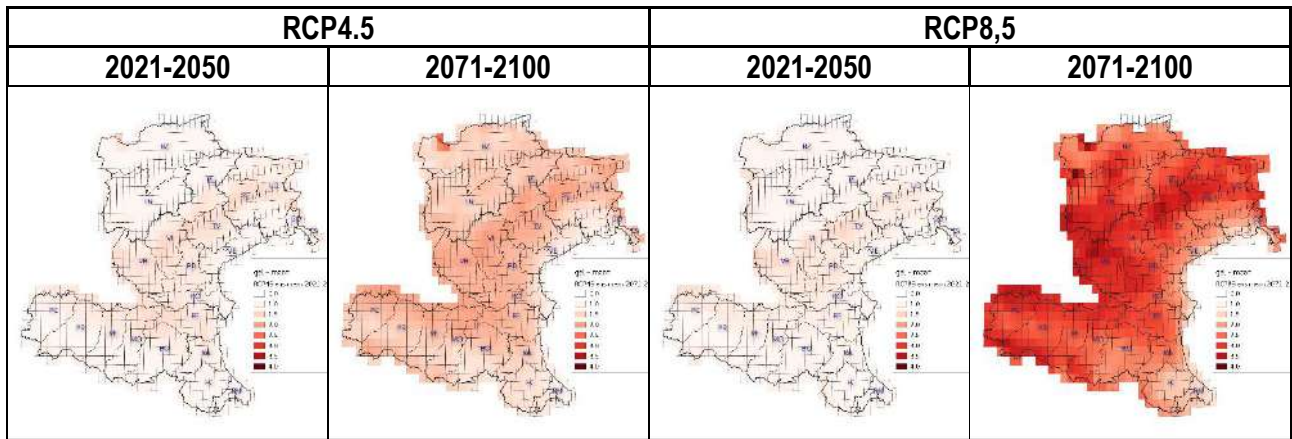


Figura 13 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata dell'indicatore GSL

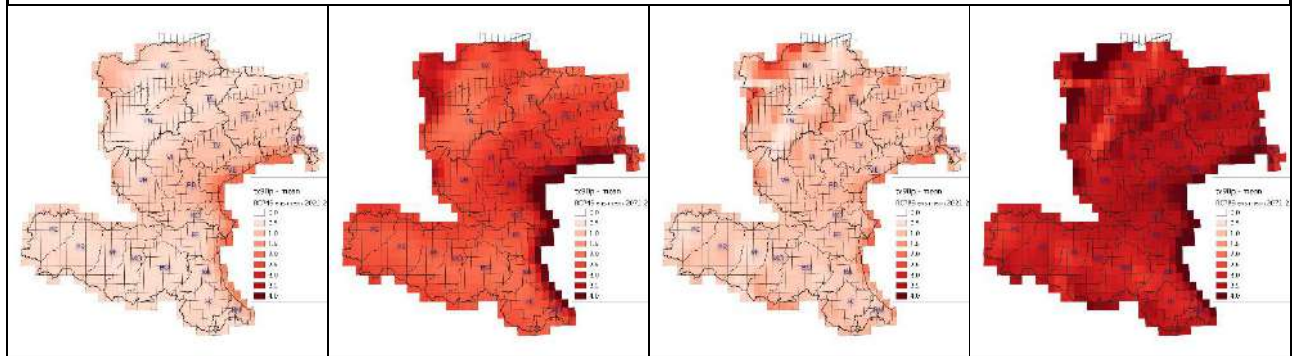


Figura 14 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata dell'indicatore tx90p

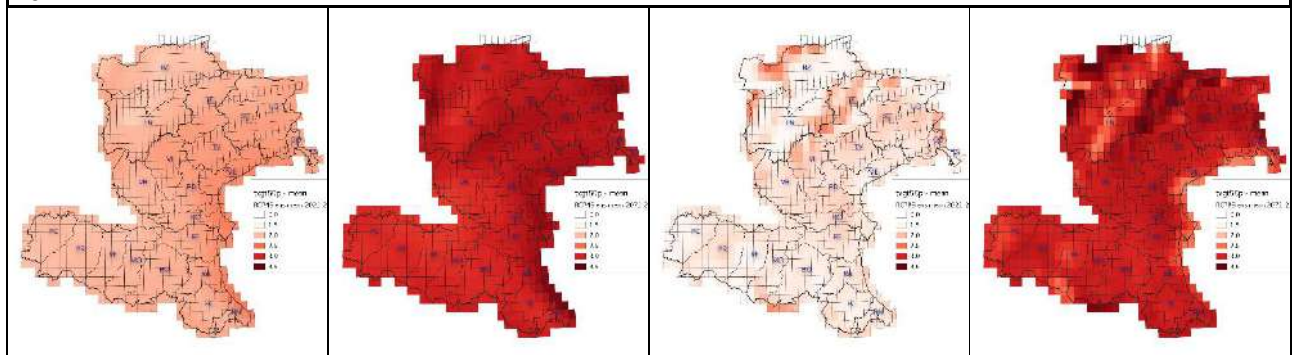


Figura 15 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata dell'indicatore txgt50p

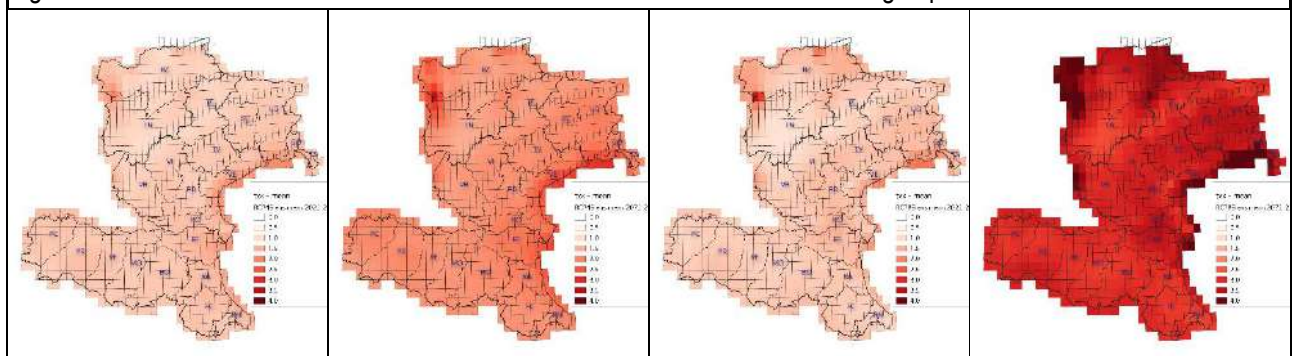


Figura 16 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata dell'indicatore tx
Dati: EURO-CORDEX

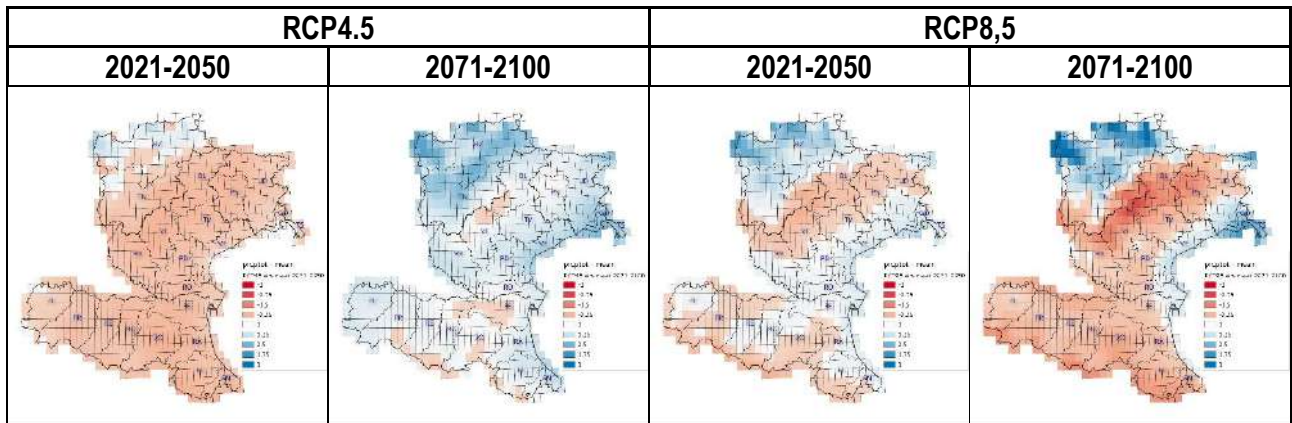


Figura 17 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata delle precipitazioni totali su medie annue

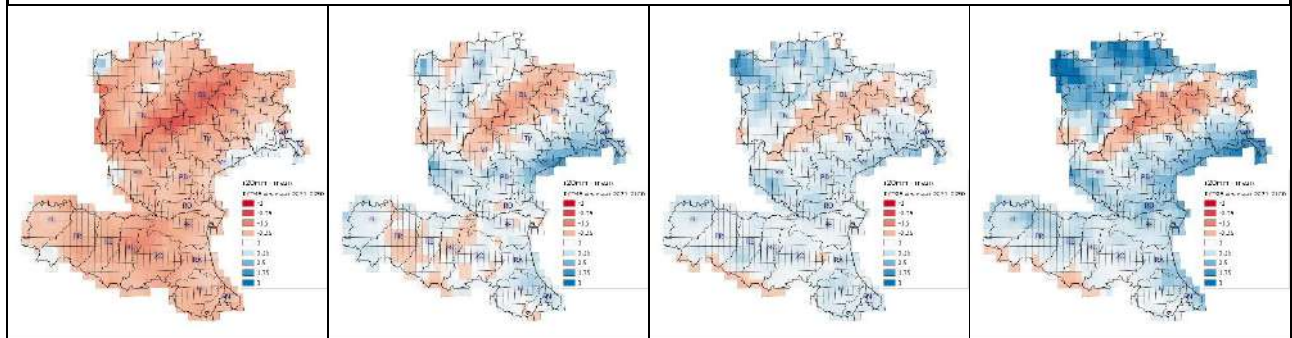


Figura 18 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata di r20 su medie annue

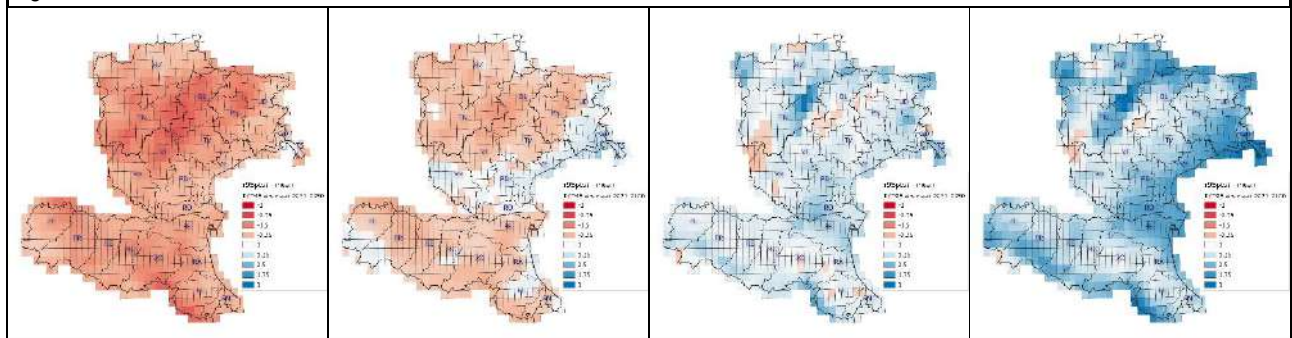


Figura 19 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata di r95p su medie annue

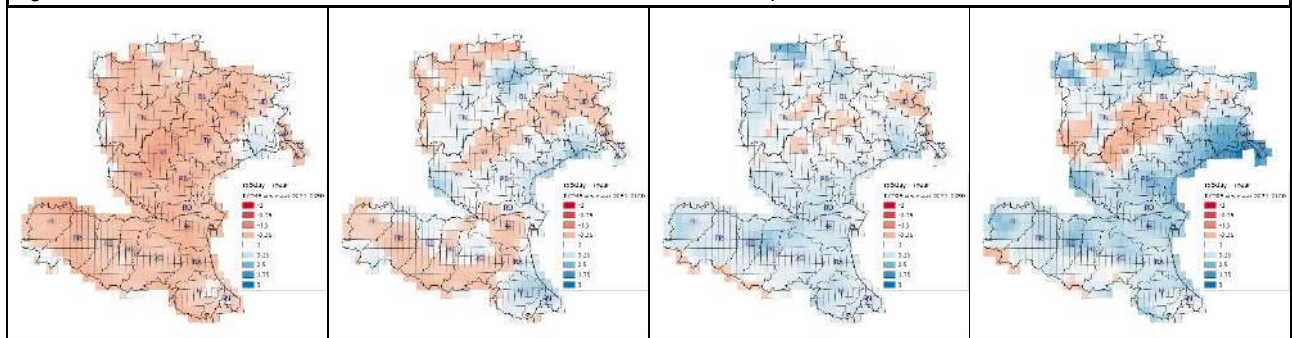
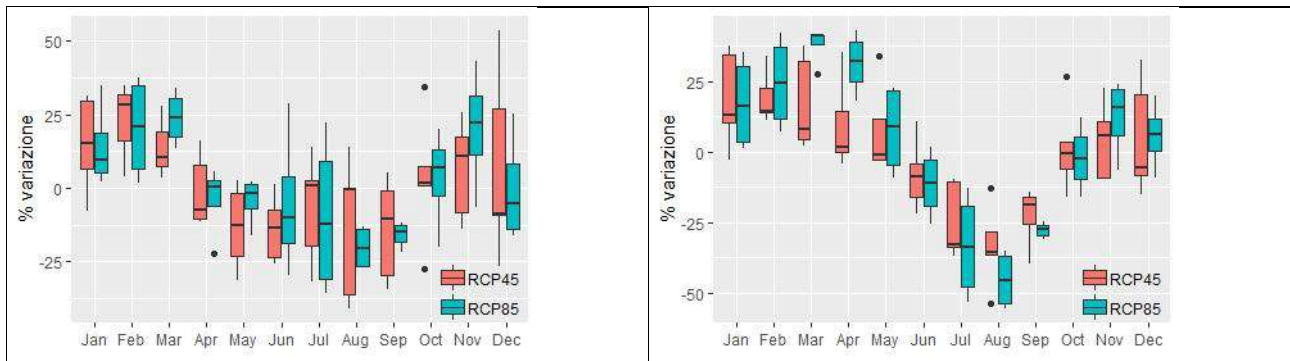


Figura 20 Mediana da multi-modello dell'anomalia standardizzata rx5day su medie annue

Dati: EURO-CORDEX



Distretto Alpi Orientali

Distretto del Po

Figura 21 Variazioni delle portate mensili per il periodo di riferimento 2040-2070

Scenari climatici RCP 4.5 e RCP8.5 secondo le simulazioni del modello E-HYPE (58) impiegando come input i dati bias-corrected di un ensemble di modelli regionali (RCP). Fonte: Elaborazione degli autori, PNACC - Piano nazionale dell'adattamento ai cambiamenti climatici (59)

2.3 Le analisi climatiche regionali

Il Rapporto sul Clima – Alto Adige 2018 (1) racconta gli effetti dei cambiamenti climatici nell'Alto Adige, presentandone le cause, gli impatti sulla natura e sulla società, e le misure di adattamento più rilevanti. Il rapporto è il risultato di una collaborazione tra Eurac Research con la Provincia Autonoma di Bolzano, l'Università di Bolzano e il Centro di sperimentazione Laimburg. Riguardo il cambiamento climatico osservato e il clima attuale, negli ultimi 50 anni (1966-2015) la Provincia Autonoma di Bolzano ha visto un incremento della temperatura al di sopra della media, con un aumento di 2,2°C in estate e di 0,8°C in inverno. Dal punto di vista delle precipitazioni, invece, i dati non rivelano alcun trend particolare, bensì oscillazioni annuali con prevalenza di precipitazioni a carattere intenso. L'aumento di temperatura ha portato allo scioglimento dei ghiacciai e del permafrost, spostando le regioni glaciali e peri-glaciali al di sopra dei 2.000 metri, causando un aumento dei fenomeni franosi dovuti al rilascio di sedimenti e del rischio alluvionale dovuto alla creazione di laghi proglaciali in prossimità di sbarramenti di morene. Gli effetti di questi cambiamenti sono visibili nella distribuzione dei deflussi idrici: al nord i bacini mostrano trend di portata positivi, dovuti al maggior apporto glaciale e alla diminuzione delle precipitazioni nevose, mentre al sud hanno trend negativi, con una diminuzione della portata estiva del 20% negli ultimi 60 anni. I cambiamenti climatici influenzano la disponibilità idrica, impattando il sistema economico-sociale della regione, in particolare il settore turistico-sciistico per la crescente richiesta di neve artificiale, la produzione di energia idroelettrica, e il settore agricolo, caratterizzato sempre più da una produzione intensiva e da un elevato fabbisogno irriguo. Inoltre, l'aumento di temperatura e gli eventi atmosferici avversi hanno un impatto sulla produzione agricola, alterando i periodi di maturazione delle colture, riducendo la mortalità di insetti nocivi, e aumentando la vulnerabilità delle colture ai parassiti, forzando lo spostamento dei terreni coltivati a quote sempre più elevate. Riguardo ai cambiamenti climatici nel futuro, gli scenari climatici prevedono un'intensificazione degli effetti osservati sui diversi settori economici e sull'ambiente. Nei prossimi 30 anni, si stima un ulteriore riscaldamento compreso tra 1,4°C e 1,6°C, che sale fino a 2,1°C (scenario RCP4.5) e 5,4°C (RCP 8.5) al 2100. I trend delle precipitazioni non subiranno invece grandi variazioni; si prevede un lieve aumento delle precipitazioni invernali e una maggiore siccità estiva. Precipitazioni più intense potranno aumentare la frequenza di piene al nord e a quote maggiori, mentre le portate fluviali nel versante meridionale continueranno a diminuire. Questo richiederà un maggiore pianificazione e negoziazione per la gestione della disponibilità idrica a fini potabili, irrigui e idroelettrici, che influenzerà anche le regioni a valle (es. Polesine). Sarà necessario rivedere il settore produttivo agricolo, sia in termini di colture, che di innovazione tecnologica. Inoltre, la produzione tenderà a spostarsi a quote sempre più elevate, compromettendo una produzione di frutti di qualità

e a costi contenuti. La Tabella 2 riassume le informazioni più importanti riguardo alle tendenze della temperatura nella Provincia Autonoma di Bolzano.

Tabella 2. Tendenze della Temperatura nelle stazioni dell'Alto Adige [°C]. Adattato da (1).

Stazione	1966-2015 Storico		2011-2050 RCP4.5		2011-2050 RCP8.5		2011-2100 RCP4.5		2011-2100 RCP8.5	
	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno	Estate	Inverno
<i>Bolzano</i>	+3,15	+1,55	+1,32	+1,12	+1,48	+1,40	+1,82	+1,97	+5,18	+4,80
<i>Bressanone</i>	+3,10	+2,60	+1,56	+1,04	+1,80	+1,28	+2,31	+1,94	+5,65	+4,73
<i>Monte Maria</i>	+2,00	+0,10	+1,48	+1,04	+1,64	+1,08	+2,18	+1,59	+5,74	+4,23
<i>Sesto</i>	+1,90	+0,65	+1,28	+1,16	+1,44	+1,28	+1,83	+2,11	+4,84	+5,18
<i>Vipiteno</i>	+2,05	+0,75	+1,80	+0,96	+2,04	+1,28	+2,65	+1,71	+6,29	+4,78
<i>Vernago</i>	+0,95	-1,10	+1,20	+1,12	+1,32	+1,28	+1,65	+1,72	+4,82	+4,63
Media	+2,19	+0,76	+1,44	+1,07	+1,62	+1,27	+2,07	+1,84	+5,42	+4,73

L'Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna – 1961-2015 (2) è una relazione di sintesi basata su grafici e mappe degli effetti dei cambiamenti climatici a livello regionale dell'Emilia-Romagna. L'Atlante è il risultato di una iniziativa dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione, l'Ambiente e l'Energia dell'Emilia-Romagna (ARPAE) e riporta studi di interpolazione territoriale (Antolini et al., 2016) e dati che riassumono i trend significativi che derivano dal confronto tra due periodi climatici: 1961-1990 e 1991-2015. L'Atlante è basato sul riesame approfondito sia dei dati termo-pluviometrici di base che delle tecniche di analisi ed interpolazione territoriale e documenta anche gli ulteriori cambiamenti climatici attesi per il prossimo trentennio (2021-2050) sulla base di uno scenario intermedio di emissioni. Per l'analisi del prossimo trentennio, i risultati sono stati ottenuti applicando tecniche di regionalizzazione statistica ad un modello climatico globale (CMCC-CM) forzato con lo scenario climatico RCP 4.5. Rispetto all'analisi del periodo storico, è stato osservato un aumento di circa 1,1°C nella temperatura media della Regione Emilia-Romagna, con anomalie più marcate per i valori massimi (1,4°C). Il livello di precipitazioni annuali invece è diminuito, ma in maniera lieve (circa 2%). Tuttavia, si sono rilevate forti variazioni a livello stagionale, con una riduzione significativa delle piogge durante il periodo estivo. Questi cambiamenti influenzeranno il regime idrico dei fiumi della regione, anche a livello stagionale, impattando soprattutto sul settore agricolo e risultando nell'aumento dello stress idrico e nella modifica dei cicli colturali. La Tabella 3 riassume le informazioni più importanti riguardo alle tendenze di temperatura e precipitazione nella Regione Emilia-Romagna. L'Atlante conclude che è quindi indispensabile intervenire contemporaneamente su due fronti: da una parte l'adattamento del sistema agricolo regionale al cambiamento climatico in atto e dall'altra la mitigazione e la riduzione degli effetti sul clima derivanti dalla stessa attività agricola. Pertanto, sono degni di nota progetti dimostrativi e di innovazione come il progetto Life Climate Chang E-R che contribuiscono a migliorare la resilienza e a ridurre le emissioni delle aziende agricole in Emilia-Romagna. Inoltre, i risultati evidenziati dall'Atlante ARPAE, assieme alle proiezioni climatiche realizzate con l'ausilio del modello climatico globale CMCC-CM, confermano l'idea che si dovrà continuare ad investire in misure di mitigazione e adattamento se si vogliono preservare le caratteristiche produttive e di qualità del sistema agroalimentare della Regione Emilia-Romagna nel futuro.

Tabella 3. Valori medi stagionali di temperatura e precipitazioni (1971-2000) e variazioni attese in futuro (2021-2050) in RER. Adattato da (2).

Stagione	1971-2000 (Storico)			2021-2050 (CMCC-CM, RCP4.5)		
	Temperatura minima (°C)	Temperatura massima (°C)	Precipitazioni (mm)	Δ Temperatura minima (°C)	Δ Temperatura massima (°C)	Δ Precipitazioni (mm)
Inverno	0,4	7,6	310	+1,7	+1,4	-2
Primavera	6,2	16,4	229	+1,3	+2,1	-11
Estate	15,2	27,0	188	+1,8	+2,5	-7
Autunno	10,5	20,1	197	+1,7	+1,8	+19
Annuale	0,4	27,0	924	+1,3	+2,5	-1

Lo Studio conoscitivo dei Cambiamenti Climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia – Primo Report – Marzo 2018 (3) è il risultato di una collaborazione tra ARPAFVG, l'Università di Udine e Trieste, il Centro Internazionale di Fisica Teorica, l'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale, e il Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Scienze Marine. Lo studio è articolato in tre parti e si basa su simulazioni di modelli climatici europei ritagliate sul territorio regionale di Friuli-Venezia Giulia (FVG), riportando una stima dettagliata di come potrà cambiare il clima in futuro. Dall'analisi dei dati climatici rilevati, la temperatura media annuale evidenzia un riscaldamento tra +1°C e +2°C nel periodo 1991-2013. Rispetto agli ultimi 50 anni si è riscontrata una tendenza nella diminuzione dei giorni di gelo. Il 2014 è stato l'anno più caldo dal 1880 ad oggi, seguito dal 2015. L'aumento della temperatura si manifesta in misura diversa nelle varie stagioni e nelle varie zone climatiche del FVG: durante l'inverno solo alcune località registrano un innalzamento della temperatura, mentre la tendenza generale consiste in un marcato riscaldamento nei mesi primaverili ed estivi, evidente anche dal numero di giorni con temperatura massima superiore a 30°C. Nel 2015 si sono verificate ben cinque ondate di calore e in alcune località si sono registrate temperature massime da record. Le precipitazioni in FVG risultano molto variabili nel tempo: si è osservata una generale diminuzione nei primi sei mesi dell'anno e un aumento da settembre a dicembre. Inoltre, sono in aumento gli eventi di pioggia intensa. Negli ultimi 20 anni sono stati registrati livelli di piovosità massima giornaliera tra i 100-200 mm sulla costa e in pianura, fino a 300-400 mm nella zona prealpina. Per la stima degli scenari futuri sono state utilizzate le proiezioni da 5 modelli climatici per valutare gli effetti dei cambiamenti climatici nella regione FVG. Relativamente allo scenario RCP 8.5 si stima che la regione potrebbe subire un aumento di temperatura al 2100 fino a 5°C in inverno e a 6°C in estate, con un forte aumento di stress termico associato ad ondate di calore e ad un aumento del numero di giorni e notti calde. La precipitazione dovrebbe generalmente aumentare in inverno, con un corrispondente aumento di eventi piovosi molto intensi, e diminuire anche fortemente in estate, con un inaridimento estivo della regione. Come conseguenza del riscaldamento atmosferico la temperatura del mare del FVG è destinata ad aumentare fino a 3°C a fine secolo. Si prevede che il livello marino medio crescerà entro fine secolo di oltre mezzo metro. Inoltre, i cambiamenti del clima del FVG nello scenario RCP 8.5 avrebbero forti ripercussioni su molti settori socioeconomici regionali, come le risorse idriche e l'agricoltura. In particolare, si osserva come i mesi invernali potrebbero assestarsi su valori di afflusso al suolo prossimi a quelli dei mesi primaverili attuali. La variabilità nello spazio e nel tempo di risorsa idrica disponibile impatterà settori chiave dell'economia regionale, come quello agricolo, potenzialmente interessato da modifiche dell'agro-ecosistema e da variazioni delle produzioni agrarie o di allevamento di animali. Si prevede, inoltre, che un aumento medio della temperatura possa apportare l'introduzione di specie e/o varietà tipiche dei climi più caldi. Riguardo alla diminuzione delle piogge, in particolare quelle estive, e alla conseguente minore disponibilità idrica nei terreni, il cambiamento climatico sull'agricoltura determinerà la sostituzione di alcune specie con altre che hanno una maggiore tolleranza allo stress idrico, con conseguente aumento delle superfici destinate a colture a ciclo autunno-primaverile, al posto

di quelle estive. A tutto ciò, si aggiunge il rischio d'abbandono di terreni non più adatti alla coltivazione, a causa della scarsa capacità di ritenzione idrica, e al ricorso di pratiche irrigue.

2.4 Servizi ecosistemici dell'agricoltura

I servizi ecosistemici (SE), ovvero i “benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano” (60), sono un concetto conosciuto da tempo (61), ma che negli ultimi cinquant'anni è stato progressivamente sviluppato e introdotto nei meccanismi di decisione economica e pianificazione strategica (62). I servizi ecosistemici vengono suddivisi nelle seguenti categorie:

- approvvigionamento (disponibilità di cibo, materie prime, acqua dolce, di risorse medicinali e farmaceutiche),
- culturali (valore estetico, turismo, benessere fisico e mentale, senso di appartenenza al luogo);
- habitat (supporto agli habitat per le specie animali e vegetali, mantenimento della diversità genetica, salvaguardia di specie e habitat unici); e
- regolazione (mitigazione di eventi estremi, clima locale e qualità dell'aria, assorbimento dell'anidride carbonica, trattamento delle acque reflue, controllo biologico, prevenzione dell'erosione e mantenimento della fertilità del suolo, impollinazione).

Al fine di garantire il benessere umano e la conservazione della vita sulla terra, la salvaguardia e il ripristino dei SE acquistano un peso sempre maggiore nelle strategie sulla biodiversità individuate a livello nazionale e comunitario. Data la crescente importanza dei servizi ecosistemici in ambito decisionale, risulta necessario attribuire un corretto valore economico che possa garantire il mantenimento dei SE attraverso meccanismi e strumenti di compensazione. Ponendo l'attenzione sui SE erogati dall'agricoltura, l'iniziativa *The Economics of Ecosystem and Biodiversity Agri Food* (TEEB-AF) (63) fornisce un importante supporto per la loro gestione all'interno del sistema eco-agro-alimentare e permette di valutare i possibili trade-off, rendendo espliciti i costi e i benefici.

Altro importante obiettivo del TEEB-AF è quello di rendere visibili i flussi e gli stock coinvolti nel processo produttivo al fine di integrarli nel processo decisionale. Questo risulta essere un aspetto chiave in campo agricolo per la valutazione dei flussi intermedi, ovvero quei flussi che contribuiscono alla produzione di un bene o servizio, ma che spesso non sono visibili e non vengono considerati nel processo decisionale, poiché privi di un valore monetario. Un esempio di flusso intermedio è rappresentato dai servizi di impollinazione, che, seppur contribuendo notevolmente ai rendimenti agricoli, sono spesso ignorati in quanto non parte del mercato.

I quattro principali tipi di flussi mappati nel quadro TEEB-AF sono:

- Produzione e consumo agricoli e alimentari. Essi sono normalmente conteggiati in termini monetari (in quanto economicamente visibili) e misurati nei conti nazionali. Questi flussi sono registrati per tipo di merce (ad esempio granturco, carne bovina, ecc.) e vengono classificati per caratteristiche aziendali (tipologia di pratica di produzione, dimensione aziendale, ecc.). Come unità di misura, in generale, vengono utilizzate le tonnellate.
- Inputs agricoli e alimentari. Essi sono valori indispensabili per comprendere la catena del valore alimentare. In questa categoria sono conteggiati tutti i beni (acqua, fertilizzanti, ecc.) necessari per ottenere il prodotto finale. Date le differenze nei sistemi di produzione, ad esempio in termini di utilizzo di risorse naturali (come tra sistemi di produzione intensiva o estensiva), è necessario conteggiare questi fattori di produzione per valutare i servizi ecosistemici naturali che consentono di avere lo stesso valore di input a costi ambientali e umani inferiori. Ad esempio, per l'acqua il servizio ecosistemico naturale è l'irrigazione attraverso la pioggia diretta, oppure per il caso dei fertilizzanti è il controllo biologico dei parassiti.

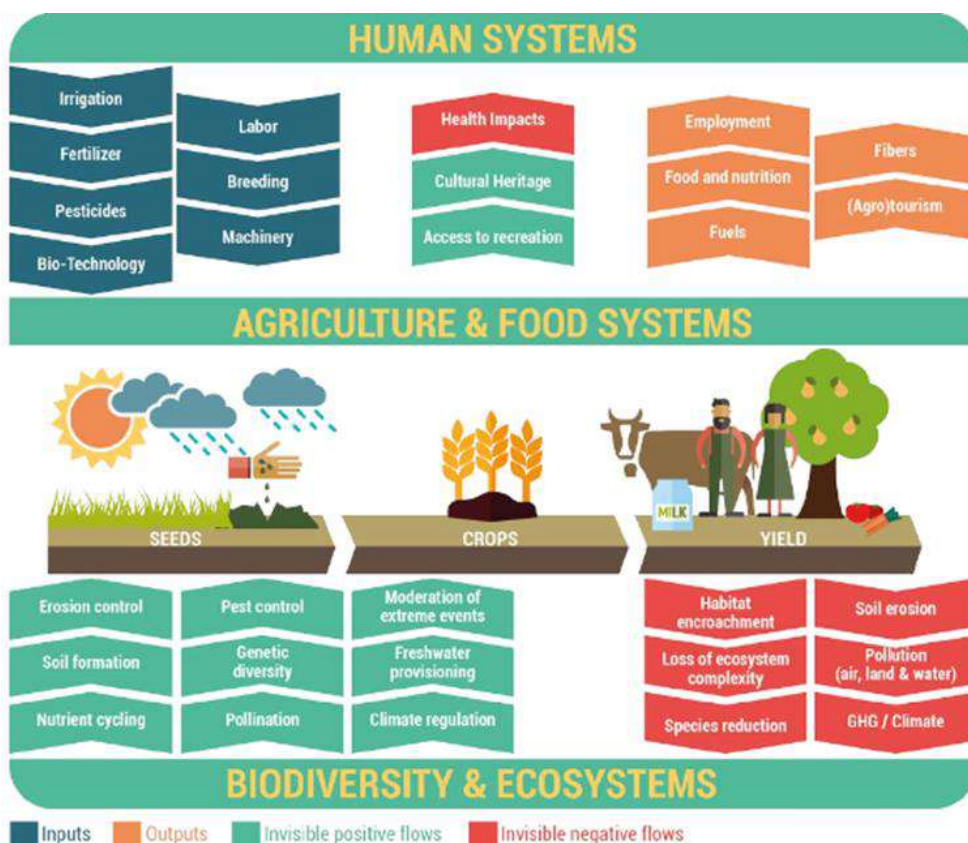


Figura 22 Servizi ecosistemici nei sistemi eco-agro-alimentari (63)

Queste prime due voci sono quelle solitamente economicamente visibili, mentre le seguenti sono di più difficile valorizzazione monetaria:

- Servizi ecosistemici. Il sistema di produzione agricolo svolge notevoli SE (regolazione del clima attraverso sequestro del carbonio, conservazione del suolo, servizi culturali, ecc.) che, non essendo in vendita, non vengono conteggiate nelle valutazioni di mercato e neppure al loro degradamento viene attribuito un valore economico. Per ovviare questo problema e permettere un loro effettivo conteggio economico, una strategia è la partecipazione dei produttori al PES (pagamento servizi ecosistemici).
- Flussi residui. In questa categoria vengono conteggiate tutti gli inquinanti, le perdite di raccolto, le acque reflue e lo spreco di alimenti lungo la catena produttiva. Essi sono flussi di materiali solidi, liquidi o gassosi e di energia, scaricati o emessi nel processo di produzione, consumo o accumulo (63). Questi sono i flussi che hanno il maggiore impatto sul benessere umano e del sistema eco-agroalimentare. Generalmente e in modo piuttosto approssimativo gli sprechi alimentari sono conteggiate in tonnellate, ma sarebbe più opportuno esprimerli anche in calorie, nutrienti e valore economico. Le perdite di raccolto sono invece quelle che avvengono prima o dopo la raccolta e hanno potenziale di danno maggiore nei contesti poveri (che hanno maggiori difficoltà di stoccaggio e refrigerazione) e risultano, quindi, ancora più vulnerabili. Le emissioni di gas serra sono un'esternalità significativa dell'agricoltura, stimata tra l'11 e il 15% delle emissioni globali (63).

Anno	Paese	Valori stimati	Moneta	Unità	Ref
2018	Canada	27.2-66.29	USD	persona/anno	(64)
2012	Francia	33.87-126.26	EUR	persona/anno	(65)
2015	Tailandia	95.18-181.48	BATH	persona/anno	(66)
2005	Canada	233.95	CAD	ha	(67)
2009	Canada	293.59	USD	ha	(68)
2014	Canada	52.51-95.49	USD	famiglia	(69)

Anno	Paese	Valori stimati	Moneta	Unità	Ref
2017	Stati Uniti	11.7	USD	persona/anno	(70)
2008	Nuova Zelanda	8.92-38.63	USD	persona/anno	(71)
2005	Guatemala, Ecuador	58.80	USD	ha/anno	(72)
2005	Canada	372.28	CAD	ha/anno	(73)
2013	Nuova Zelanda	32.08-104.75	NZ\$	famiglia/anno	(74)
2012	Italia	17.24	EUR	famiglia/anno	(75)
2004	Italia	107.84	EUR	persona/anno	(76)
2005	Taiwan	7.62-40.5	USD	persona/anno	(77)
2005	Giappone	32.76	YEN	anno	(78)
2004	Italia	289.54	EUR	anno	(79)
2007	Canada	130.81	CAD	acre/anno	(80)
2007	Canada	9.63-19.36	CAD	acre/anno	(81)

Tabella 4 valori attribuibili ai servizi ecosistemici dell'agricoltura (in EUR 2017)

Nella tabella 4 vengono riportati i risultati dei valori attribuibili ai servizi ecosistemici dell'agricoltura. Esso conduce a valutazioni parziali utilizzando tecniche e indicatori di performance differenti (EUR/ha, EUR/persona, EUR/famiglia), ciò spiega alcune differenze tra i valori che però risultano sempre significative. La tabella comprende due studi situati nell'area nord-orientale, in Veneto-Isola di Sant'Erasmus (valore 92 EUR/persona/anno) ed Emilia-Romagna (17/EUR/famiglia/anno), ed un altro sul nord dell'Italia a Lombardia (237.6 EUR/famiglia/anno).

3 Impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici

La strategia EU per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici richiede agli stati membri di adottare un approccio strategico tra i vari settori produttivi per affrontare adeguatamente le conseguenze degli impatti dei cambiamenti climatici sviluppando misure di adattamento efficaci e tempestive. In Italia, la Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici e il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici rispondono a questa richiesta identificando misure specifiche per aumentare la resilienza di diversi settori, tra cui quello agricolo, all'aumento di temperatura e la variazione nella distribuzione delle piogge. Queste misure comprendono misure ecosistemiche, misure sistemiche e strumenti ed incentivi economici.

3.1 Strategia e Piano di Adattamento

In Italia il primo passo verso l'attuazione della Strategia EU per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici è rappresentato dalla pubblicazione della Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNAC) (82). La SNAC individua i principali impatti dei cambiamenti climatici su una serie di settori socioeconomici e naturali a livello nazionale ed è stata approvata con decreto direttoriale n.86 del 16 giugno 2015. Per dare attuazione a tale decreto direttoriale, nel maggio 2016 è stata avviata l'elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) (59). Il PNACC è il risultato di un processo di dialogo, coinvolgimento e interazioni fra enti, territori, decisori politici, esperti e ricercatori, con l'obiettivo ultimo di identificare un set di attività connesse e sinergiche per l'adattamento ai cambiamenti climatici del territorio nazionale.

In particolare, il PNACC (attualmente in corso di valutazione) incentiva l'attuazione della SNAC, rappresentando uno strumento di supporto alle istituzioni nazionali, regionali e locali per l'individuazione e la scelta delle azioni più efficaci da attuare nelle diverse aree climatiche identificate sulla base di maggiori condizioni critiche. Inoltre, il PNACC è un utile ausilio per l'integrazione di criteri di adattamento nelle procedure e negli strumenti già esistenti. L'obiettivo generale si declina in quattro obiettivi specifici: contenere la vulnerabilità dei sistemi naturali, sociali ed economici agli impatti dei cambiamenti climatici; incrementare la capacità di adattamento degli stessi; migliorare lo sfruttamento delle eventuali opportunità dell'adattamento; e favorire il coordinamento delle azioni a diversi livelli. Per rispondere a tali obiettivi, PNACC identifica specifiche azioni efficaci in materia di adattamento e dà indicazioni sulle tempistiche di attuazione e sugli enti e gli organismi di riferimento per la loro implementazione, fornendo ai decisori elementi utili per le relative scelte.

SNAC e PNACC forniscono un quadro generale sullo stato delle conoscenze disponibili circa gli impatti dei cambiamenti climatici sulle aree agricole produttive. In particolare, emerge come, anche a livello nazionale, le variazioni climatiche attese per le prossime decadi influenzeranno fortemente lo sviluppo del settore agricolo e le sue dinamiche produttive. I principali impatti sugli agrosistemi includeranno variazioni in termini di durata del ciclo fenologico, produttività e spostamento degli areali di coltivazione tipici (ad esempio verso nord e quote più elevate), con risposte differenti in intensità e segnale a seconda della specie e delle aree geografiche di riferimento. In generale, le colture risentiranno dell'incremento di temperatura riducendo la lunghezza del ciclo di crescita con conseguente minore accumulo di biomassa e quindi riduzione della resa. Maggiori riduzioni in termine di resa sono previste per le colture a ciclo primaverile-estivo (ad es. mais, girasole, soia), specialmente per quelle non irrigate come il girasole. Tuttavia, colture come ad esempio il frumento, il riso e l'orzo, potranno in parte compensare gli impatti negativi delle mutate condizioni climatiche in quanto capaci di rispondere più efficientemente agli effetti diretti dell'aumento della concentrazione atmosferica di CO₂ rispetto alle specie quali mais, sorgo e miglio. Per le colture arboree tipiche, come ad esempio vite e olivo, la variazione del regime delle precipitazioni e l'aumento della temperatura potranno determinare una riduzione delle produzioni specialmente

al meridione con possibili spostamenti degli areali di coltivazione verso regioni più settentrionali o altitudini maggiori. L'incremento delle temperature rappresenterà un fattore di rischio anche per il bestiame allevato, con conseguenze dirette sui processi fisiologici e comportamentali dell'animale come la termoregolazione, l'ingestione di alimenti e la risposta immunitaria. A questi effetti diretti si aggiungono poi effetti indiretti sulla qualità degli alimenti e sulle dinamiche ecologiche e biologiche dei patogeni e dei loro vettori. A livello nazionale, nonostante in alcune aree e per alcune colture si potranno avere ripercussioni potenzialmente positive, il settore agricolo e, conseguentemente, quello agro-alimentare saranno soggetti ad un generale calo delle capacità produttiva, accompagnato da una probabile diminuzione delle caratteristiche qualitative dei prodotti.

Secondo la zonazione climatica proposta nel PNACC, le aree agricole e produttive nel Nord-Est ricadono prevalentemente nelle Macroregioni 1-2 (59). Per queste macroregioni gli impatti attesi sul comparto agricolo riguardano moderate riduzioni di resa per frumento tenero (in media del 10%) e significative riduzioni di resa per il mais (in media del 30%), soprattutto nelle zone adriatiche ma anche una potenziale riduzione della produttività per colture energetiche come il girasole. Per quel che riguarda il comparto zootecnico ci si aspetta una riduzione del benessere animale e del loro stato di salute con conseguente riduzione della quantità e qualità del latte bovino, ovicaprino e bufalino nonché della carne prodotta (bovina, avicola, ovi-caprina e suina). Questi impatti potrebbero mettere a rischio produzioni tipiche come ad esempio quella del Grana Padano.

Il PNACC identifica azioni prioritarie per l'adattamento del comparto agricolo e zootecnico nazionale. Queste prevedono, prima di tutto, l'implementazione di pratiche agricole benefiche per il clima e l'ambiente come, ad esempio, l'utilizzo di tecniche agronomiche a ridotto impatto ambientale per la difesa del suolo, la diversificazione colturale e il mantenimento di pratiche tradizionali (pascoli arborati) nonché di prati permanenti e/o aree di interesse ecologico. Ulteriori misure prevedono la selezione di genotipi colturali resilienti e resistenti ai cambiamenti climatici e il miglioramento genetico patrimonio zootecnico. Un altro aspetto importante è il necessario miglioramento dell'efficienza aziendale e l'integrazione delle imprese agricole nel territorio, dove alcune misure identificate prevedono investimenti per l'efficientamento delle aziende agricole e delle reti di risparmio idrico, promozione di forme di sharing e investimenti per la trasformazione e commercializzazione dei prodotti ma anche sovvenzioni per l'avviamento di attività imprenditoriali per attività extra-agricole nelle zone rurali, per il rafforzamento delle forme di cooperazione tra aziende e la creazione di reti di conoscenza e piattaforme di confronto tra operatori del settore. Un ultimo set di misure, infine, mira alla formazione e all'educazione per la gestione delle risorse nel settore agricolo e prevedono il trasferimento di conoscenze e azioni di informazione, servizi di consulenza e di assistenza alla gestione delle aziende agricole e della risorse idrica nonché lo sviluppo di una piattaforma web per l'agricoltura (59).

3.2 Soluzioni ecosistemiche

3.2.1 Infrastrutture verdi

Per migliorare la resilienza delle società contro i crescenti rischi che potrebbero essere amplificati dai cambiamenti climatici indotti dall'uomo, è necessaria un'ampia gamma di misure di adattamento strutturali e non strutturali, grigie e verdi. Una maggiore diffusione di soluzioni basate sulla natura come le infrastrutture verdi (GI, in inglese *green infrastructures*) viene sempre più sostenuta da organizzazioni non governative, governi ed enti finanziari come parte di misure flessibili, efficaci ed efficienti per la riduzione del rischio di catastrofi e l'adattamento a cambiamenti climatici.

Le infrastrutture verdi possono essere definite come 'una rete di aree naturali e semi-naturali pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi

ecosistemici' (83). Combinando i concetti di rete ecologica e di soluzioni 'nature-based' (84), la loro definizione assume come caratteristica fondamentale per uno sviluppo sostenibile la connessione tra sistemi naturali e socioeconomici, in modo da conservare la biodiversità e i servizi ecosistemici che la natura ci offre, producendo al contempo molteplici benefici per il benessere della società (85).

La loro intrinseca multifunzionalità ha posto le infrastrutture verdi al centro delle politiche europee e globali come risposta alternativa ai cambiamenti climatici, ambientali e socioeconomici in atto (86). Nella Strategia Europea per la Biodiversità (87), l'obiettivo 2 stabilisce che entro il 2020 "gli ecosistemi e i loro servizi siano mantenuti e migliorati istituendo infrastrutture verdi e ripristinando almeno il 15% degli ecosistemi degradati". Le GI sono state integrate nella strategia dell'UE sulla biodiversità fino al 2020 (87) e contabilizzate nella tabella di marcia su un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (88). Nel 2013, la Commissione Europea ne ha sottolineato il ruolo delle GI nell'adattamento ai cambiamenti climatici pubblicando la Strategia Europea per le Infrastrutture Verdi (83). In Europa, oggi, le infrastrutture verdi rientrano tra gli elementi chiave e prioritari delle politiche e degli investimenti di ricerca e innovazione (84). Anche a livello nazionale si registra un interesse verso questo tipo di soluzioni; sono state inserite tra gli strumenti per lo sviluppo sostenibile delle aree urbane e rurali, per il contrasto del consumo di suolo e del dissesto idrogeologico e la conservazione del capitale naturale (89). Inoltre, si trovano indicazioni sull'implementazione delle infrastrutture verdi all'interno della Strategia Nazionale per la Biodiversità (90), nella Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (91), nei Piani di Gestione dei bacini fluviali.

Gli impatti dei cambiamenti globali, legati in particolar modo all'urbanizzazione e al consumo di suolo crescente, degradano la qualità degli ecosistemi e riducono la loro capacità di fornire servizi ecosistemici all'uomo, creando un ambiente sempre più frammentato e sempre meno resiliente. Lo sviluppo di una rete di infrastrutture verdi, connesse e distribuite sul territorio, può essere una risposta a supporto del mantenimento della funzionalità ecologica e della produzione di servizi e co-benefici dell'ambiente naturale e che dipendono dalla struttura e distribuzione degli ecosistemi nel paesaggio e dal flusso di organismi, materiali ed energia attraverso di essi (92).

L'analisi della distribuzione spaziale e della connettività di ecosistemi e habitat all'interno del paesaggio fornisce informazioni importanti per guidare i decisori politici verso uno sviluppo sostenibile del territorio. La rete verde esistente nella pianura del Nord Italia, un'area soggetta ad un intenso sviluppo economico, urbano e agricolo con un elevato impatto ambientale, è stata analizzata considerando come elementi cardine le aree protette (siti Natura2000 e le aree di importanza ecologica) e le zone ripariali vegetate.

La rete è stata analizzata combinando tecniche e metriche legate all'ecologia di paesaggio con analisi di distribuzione spaziale e morfologica. Attraverso l'analisi morfologica dei pattern spaziali (in inglese *morphological spatial pattern analysis*) (93) sono stati identificati gli elementi principali della rete esistente, nodi (*core areas*) e collegamenti tra nodi (*corridors*). Una volta identificata la rete, calcolando indici e misure di connettività, come l'indice integrato di connettività (IIC - Integral Index of Connectivity) (94) e la probabilità di connettività (PC - Probability of Connectivity) (95), si è analizzata l'importanza dei diversi nodi per il mantenimento della connettività all'interno della rete. Informazioni aggiuntive sulla rete, come il grado di connessione di ciascun nodo, sono state condotte attraverso misure basate sulla teoria dei grafi.

Risultati preliminari mostrano che la rete di aree protette e zone ripariali esistenti nella pianura del Nord Italia è ricca di nodi, aree fondamentali per la produzione di servizi ecosistemici, maggiormente connessi lungo le aste fluviali. Le figure 23 e 24 mostrano il grado di connessione esistente all'interno della rete, evidenziando rispettivamente, in base alla grandezza dei nodi, le *core areas* di maggiori dimensioni e quelle maggiormente connesse. Si sono evidenziate numerose componenti all'interno della rete, ossia regioni connesse al loro interno

ma isolate tra loro, e numerosi nodi completamente isolati dal resto della rete (nodi di colore nero nelle figure 23 e 34). Le *core areas* di dimensioni minori sono più connesse rispetto a quelle di dimensioni maggiori (Figura 24), che risultano però avere maggiore rilevanza per la connettività all'interno del paesaggio. È ampio il margine di miglioramento delle connessioni possibili all'interno di questa rete, sia per l'incremento di corridoi ecologici tra le componenti che tra i singoli nodi.

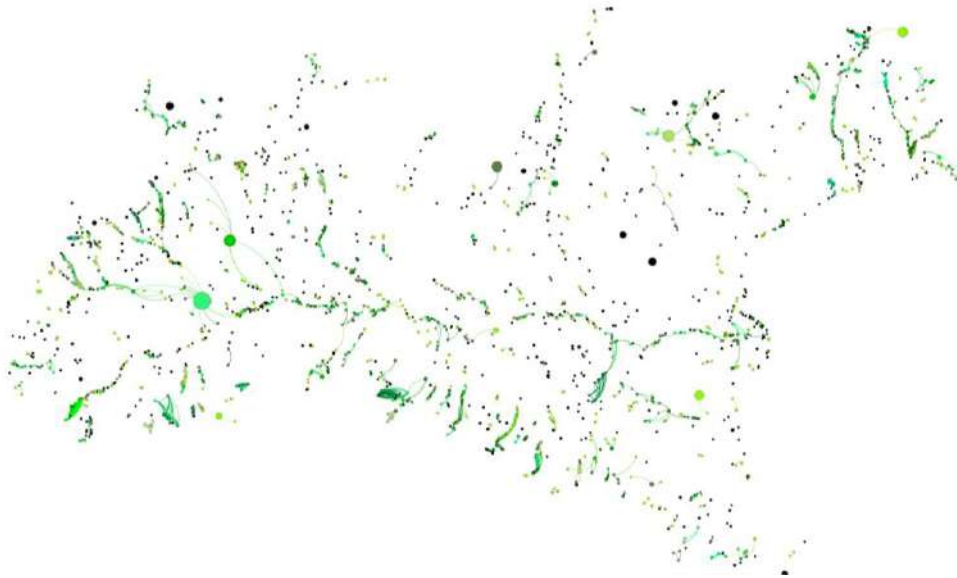


Figura 23 Rete Infrastrutture Verdi nella Pianura del Nord Italia, dimensione delle core areas.

Legenda: Dimensione delle core areas all'interno della Rete di Infrastrutture Verdi nella Pianura del Nord Italia. I colori dei nodi ne indicano il grado di connessione all'interno della rete, mentre la dimensione dei nodi ne indica l'area. I nodi neri risultano essere quelli isolati.

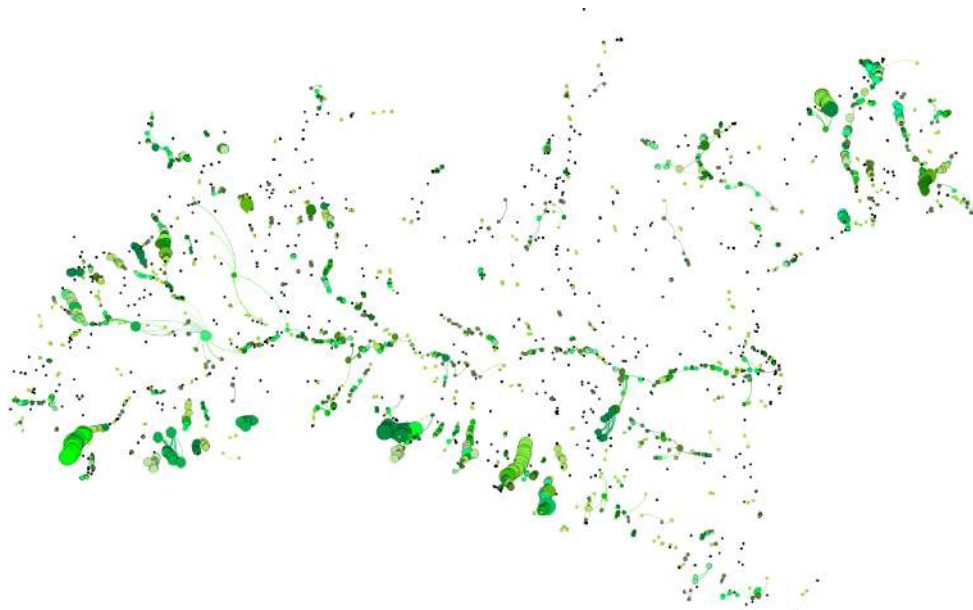


Figura 24 Rete Infrastrutture Verdi nella Pianura del Nord Italia, grado di connessione.

Legenda: Grado di connessione tra le core areas all'interno della Rete di Infrastrutture Verdi nella Pianura del Nord Italia. I colori e le dimensioni dei nodi ne indicano il grado di connessione all'interno della rete. I nodi neri risultano essere quelli isolati.

3.2.2 Aree di infiltrazione

Una migliore gestione dei rischi e della resilienza nel settore agricolo sono uno dei contributi chiave per i quali le GI possono essere progettate. Ad esempio, si presume che le soluzioni basate sulle GI migliorino la gestione del rischio di alluvione e siccità, e portino anche benefici accessori come effetti positivi sulla qualità dell'acqua.

Nonostante i comprovati benefici delle GI, le soluzioni di ingegneria convenzionale (grigia) spesso prevalgono su soluzioni ecologiche, poiché queste misure sono spesso percepite, erroneamente, come più efficaci ed efficienti nonché più facili da implementare. La Commissione europea ha osservato che "l'incapacità di proteggere il nostro capitale naturale e di dare un valore adeguato ai servizi ecosistemici dovrà essere affrontata come parte della spinta verso una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva" (83).

Sebbene molte ricerche che indichino i benefici delle GI, la dimostrazione del loro valore pratico per la gestione e la riduzione del rischio di catastrofi è in ritardo rispetto ad altre soluzioni a causa della mancanza di esperienza e coerenza nell'attuazione (incluso il finanziamento) e nel monitoraggio, compresi gli strumenti e i metodi di supporto a questi processi.

Una risposta concreta e di successo di GI a queste difficoltà arriva dall'implementazione delle Aree Forestali di Infiltrazione (AFI) in Veneto. Le AFI sono tra i sistemi di gestione dell'acquifero (in inglese: *managed aquifer recharge*) che traggono beneficio dall'alto tasso di infiltrazione dei suoli localizzati al di sopra della fascia delle risorgive, convertendo le superfici agricole precedentemente coltivate a mais in foreste di ricarica delle falde acquifere. Ideate da Veneto Agricoltura, seguono e rispettano una serie di principi idraulici, ambientali, agronomici e forestali, strettamente interconnessi. La soluzione AFI è un bosco naturalistico che presenta canali di infiltrazione longitudinali, con una forma sinusoidale e ampie curve, alternate a filari paralleli di vegetazione. Ogni due file di vegetazione, una è destinata al taglio periodico mentre l'altra contiene alberi ad alto fusto. L'acqua è uniformemente distribuita nell'area di ricarica attraverso un sistema di regolazione dell'acqua che divide il flusso disponibile equamente tra i singoli canali di infiltrazione (Figura 25). Ogni canale di infiltrazione ha strutture di controllo del livello dell'acqua che consentono al sistema di distribuire omogeneamente l'acqua lungo i canali, migliorando l'efficacia dell'infiltrazione. Le AFI devono essere controllate a monte da un sistema di controllo dei sedimenti in ingresso e un sistema per il monitoraggio delle acque di infiltrazione. Il sistema di controllo dei sedimenti raccoglie i solidi sospesi presenti negli afflussi di acqua in modo da ridurre gli intasamenti dei canali e garantire una vita utile più lunga per il sistema. I canali del sistema idraulico AFI vengono caricati durante i periodi di alto deflusso (in genere fino a 200 giorni, da settembre ad aprile, in Veneto), a condizione che l'acqua possa essere derivata da un corso d'acqua adiacente l'area di ricarica senza influenzare negativamente il loro regime idrologico. I prelievi dalle falde acquifere servite da AFI occorrono durante la stagione irrigua (da aprile a settembre, in Veneto).

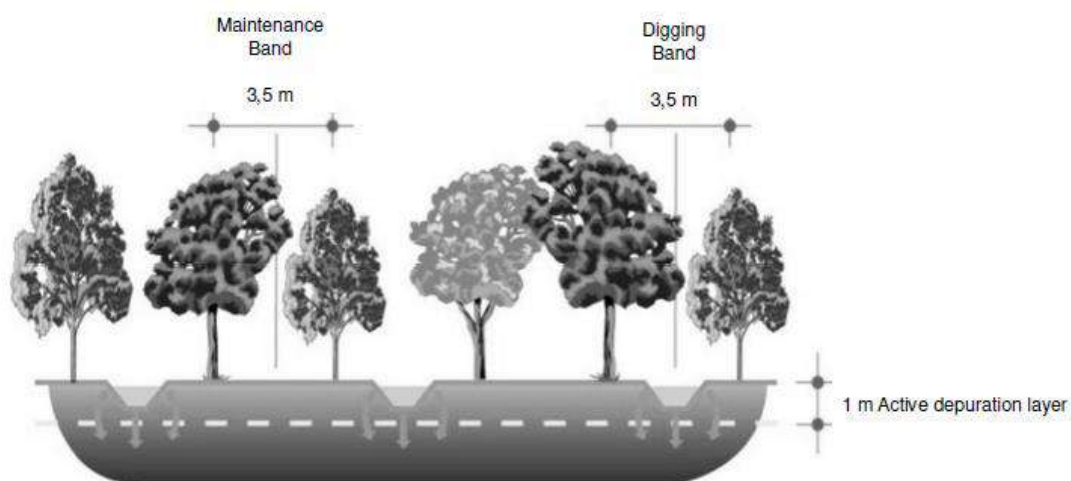


Figura 25 Profilo di un'area di infiltrazione
Adattata da (96)

Una AFI richiede in genere almeno 0,5 ha di terreno per essere implementata (97). Il primo studio pilota è stato progettato con il sostegno della provincia di Vicenza e del Consorzio di Bonifica Brenta (CdBB) che ha acquisito un'area di 1 ha nel comune di Schiavon (VI) (98). Nel contesto dei progetti LIFE europei, sono stati successivamente sviluppati 8 ulteriori studi pilota da parte del CdBB, altre autorità locali e agenti privati nel territorio del CdBB, che hanno convertito in AFI un'area totale di circa 10 ha. Altre 5 AFI con una superficie totale di 7 ha sono in progetto nel Comune di Rosà (VI) (tabella 5). I risultati empirici hanno dimostrato la fattibilità tecnica della soluzione AFI e hanno mostrato i benefici ambientali rilevanti che tali sistemi di ricarica possono offrire in termini di miglioramenti della qualità dell'acqua attraverso una riduzione dei carichi di nitrati. Sul lato quantitativo, i dati riportano valori di capacità di infiltrazione nell'intervallo 20-50 l * s-1 per ettaro, a seconda della permeabilità del suolo (99). Le AFI risultano rilevanti per l'adattamento ai cambiamenti climatici grazie al loro contributo alla riduzione delle ondate di calore, alla mitigazione delle emissioni di CO₂ attraverso il sequestro del carbonio e al miglioramento di altre funzioni degli ecosistemi (ad es. valore estetico). I costi di mantenimento delle AFI sono bassi se confrontati con altri sistemi di ricarica delle falde acquifere che in genere mostrano un declino significativo della capacità di infiltrazione nel tempo a causa di intasamenti progressivi (100), con conseguenti interventi costosi di manutenzione invece non richiesti dalla soluzione AFI (99).

Tabella 5 Aree di infiltrazione nel Veneto (2007-2018)

Anno	Area	Località	Progetto
2007	1,2 ha	Schiavon (VI)	SCHIAVON – DEMOCRITO
2008	1 ha	Schiavon (VI)	SCHIAVON 2
2010	0,65 e 0,67 ha	Pozzoleone (VI), Marostica (VI)	LIFE TRUST
2010	1,7 ha	Tezze sul Brenta (VI)	RIDUCAREFLUI
2011	2,5 e 1,2 ha	Carmignano di Brenta (PD); Schiavon (VI)	LIFE AQUOR
2012	2 ha	Tezze sul Brenta (VI)	REDAFI
2018	7 ha	Rosà (VI)	Consorzio di bonifica Brenta

Nonostante i molteplici benefici ambientali offerti dalle AFI, i costi della ricarica delle acque sotterranee possono superare la disponibilità finanziaria delle comunità locali. Le AFI sono scarsamente diffuse nel Nordest italiano. Ciò è dovuto principalmente all'assenza di strumenti finanziari ed economici a supporto degli agricoltori e delle comunità locali, elementi essenziali per l'adozione di tale tecnologia. Va ricordato che le acque sotterranee sono una risorsa comune caratterizzata da escludibilità e rivalità (101). Tale bene è escludibile in quando è molto difficile e costoso escludere eventuali utenti dalla sua fruizione; rivalità significa che l'uso di acque sotterranee da parte di un utente preclude la disponibilità di acqua per un altro utente. La questione è quindi motivare un

investimento in progetti AFI se (parte dei) benefici derivanti dalla ricarica di una falda condivisa andranno a terzi non direttamente coinvolti nel progetto di investimento. Gli utenti delle risorse hanno meno probabilità di intraprendere investimenti costosi per gestire le risorse idriche sotterranee se non riescono a percepire i benefici economici di queste possibili alternative. Affrontare l'escludibilità è quindi fondamentale per gli utenti AFI. Si noti che anche dopo aver affrontato l'escludibilità, la risorsa può ancora essere sovrautilizzata, il che richiederebbe azioni volte a garantire la disponibilità di riserve sufficienti per il bene pubblico (ovvero rivalità). Di conseguenza, gli utenti delle AFI dovrebbero coordinare le loro attività di prelievo della risorsa sotterranea in caso di problemi di appropriazione e cooperare per la produzione di un bene comune (102) che crei valore per la comunità e i portatori di interesse coinvolti. Per questo motivo è necessario lo sviluppo e l'implementazione di strumenti economici per la gestione delle risorse idriche sotterranee a sostegno delle AFI.

3.3 Soluzioni sistemiche

3.3.1 Servizi climatici

Il settore agricolo è fortemente dipendente dalle condizioni meteo-climatiche e delle dinamiche ambientali locali. Per sua stessa natura, la produzione di qualsiasi coltura (in termini di quantità e di qualità) è influenzata dalla variabilità delle condizioni climatiche essenziali e dal loro progressivo cambiamento. L'erogazione puntuale di informazioni aggiornate e scientificamente comprovate può supportare il processo decisionale a livello individuale (micro), aziendale/organizzativo (meso) e pubblico (macro). I servizi climatici assolvono precisamente a questa funzione: fornire all'utente – sia egli l'agricoltore o il decisore politico – stime di carattere probabilistico sull'andamento delle variabili di interesse per la zona specifica di operatività.

Le innovazioni climatiche e i servizi climatici hanno già dimostrato la vocazione a trasformare la scienza in conoscenza "utilizzabile" per migliorare e supportare i processi decisionali, ridurre i rischi e sfruttare le opportunità. Informazioni puntuali aiutano la mitigazione degli impatti e l'adattamento, sostenendo anche la crescita economica e il potenziale competitivo. Non a caso la Roadmap europea per la ricerca e l'innovazione nei servizi climatici definisce i servizi climatici come: "Trasformazioni dei dati climatici in prodotti personalizzati quali proiezioni, previsioni, informazioni, tendenze, analisi economiche, valutazioni (compresa la valutazione tecnologica), consulenze sulle migliori pratiche, sviluppo e valutazione di soluzioni, e qualsiasi altro servizio in relazione al clima che possa essere utile per la società in generale" (103).

La Commissione Europea ha stanziato per il periodo 2014-2020, l'ammontare complessivo di 3.851 miliardi di euro all'interno del quadro Horizon 2020 per temi legati a Sfide Sociali (Societal Challenges) che interessino il settore della sicurezza alimentare, dell'agricoltura sostenibile, della gestione delle aree marine e forestali e della ricerca su risorse acquifere e bioeconomia. I servizi climatici si fanno largo in questo contesto: integrando dati climatici con informazioni fisiche, sociali ed economiche, queste innovazioni favoriscono un processo decisionale informato e l'adattamento in un clima che cambia. Sono stati realizzati investimenti per quasi 100 milioni di euro, sotto forma di azioni di innovazione destinate a sviluppare servizi operativi su misura per il clima. Anche nell'ambito del programma Copernico di osservazione della terra l'Unione Europea ha compiuto importanti investimenti in sistemi di prima linea per assicurare moderni servizi climatici.

Come evidenziato in uno dei documenti di riferimento^{ix}, l'uso di previsioni stagionali e di lungo periodo (stagionali e decadali) è giustificato dalla necessità di identificare colture e aree appropriate per le condizioni presenti e future. Anche il metodo di produzione è fortemente dipendente dal clima dell'area di interesse, così come le

^{ix} EUPORIAS, Deliverable 12.2, "Climate services providers and users' needs", Table 3. Accessible at http://www.euporias.eu/system/files/D12.2_Final.pdf

necessità economiche (minimizzazione delle perdite ed opportunità di business). Questi requisiti degli utenti richiedono un approccio transdisciplinare, dove il clima entra in gioco come variabile decisionale e componente chiave, ma non unica. Il modello climatico dovrà quindi interagire con modelli agronomici, ma anche economici e multi-integrati.

Un esempio di tale integrazione è rappresentato dal Copernicus Climate Change Service e il suo progetto globale dedicato all'agricoltura^x. Il servizio riempie vuoti nell'ambito della ricerca, della politica e del business, toccando tre obiettivi di sviluppo sostenibile: SDG2 - Zero Fame, SDG6 - Acqua pulita e sanità, e SDG13 - Azione per il clima. Il progetto ha prodotto con successo quattro tipi di prodotti:

- Indicatori idrologici
- Indicatori agro-climatici
- Prodotti satellitari ad alta intensità climatica
- Variabili forzanti di modelli agronomici

Rispetto a servizi esistenti, il progetto ha elaborato indicatori aggregati alla scala spaziale utile a supportare le decisioni. Muovendosi dalla scala locale a quella globale, gli indicatori sono aggregati a livello di coltura e rispettano la crescita specifica di ogni coltivazione. Questo passaggio fornisce al decisore l'opportunità di adattare le proprie politiche alle esigenze produttive massimizzando i risultati a parità di sforzo. Infine, gli indicatori rendono esplicite anche le caratteristiche dell'area di interesse risultando quindi vicini al policy-maker e di più facile digestione.

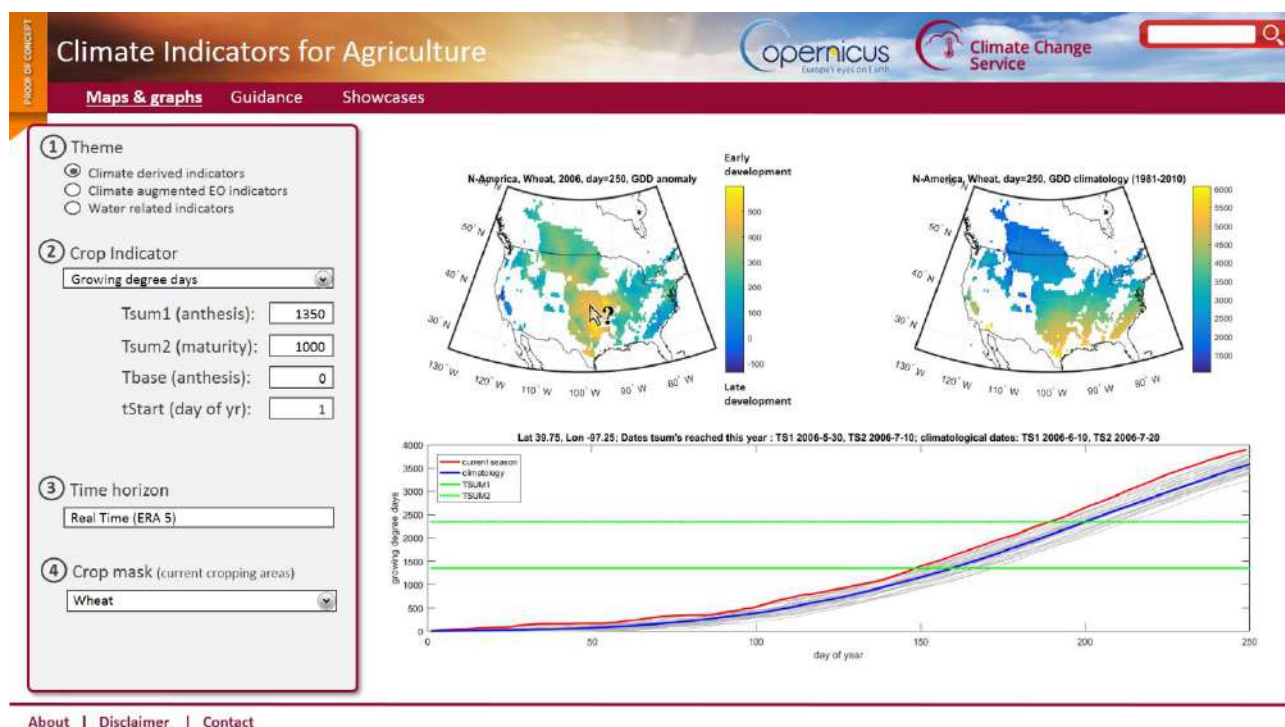


Figura 26 Esempio dei prodotti "Global Agriculture" di Copernicus C3S

All'interno del Sistema di Informazione Settoriale (SIS) del servizio Copernicus Climate Change, AgriCLASS (Agricultural Climate Advisory Services^{xi}) fornisce indicatori e proiezioni sulle future condizioni climatiche rilevanti per la produzione agricola. AgriCLASS è stato nel tempo surclassato ed internalizzato nella piattaforma Copernicus Data Store (CDS) e fornisce gli strumenti volti alla visualizzazione, l'ispezione e il download delle

^x <https://climate.copernicus.eu/global-agriculture-project>

^{xi} <https://climate.copernicus.eu/climate-advisory-services-agriculture>

informazioni prodotte. Indicatori prodotti interessavano non solo il clima ma anche la sfera biologica (giorni di crescita, data la temperatura, per la pianta di riferimento). AgriCLASS ha anche dato vita ad indicatori specifici e ha incentrato le dimostrazioni sulle colture perenni di matrice lignea (olivo, colture arboree, viticoltura).

Da una recente analisi sul mercato dei servizi climatici in Europa è tuttavia emerso che, nonostante venga riconosciuto il loro valore economico e sociale, l'assunzione dei prodotti finora sviluppati è relativamente modesta. Fra i vari motivi, le caratteristiche specifiche del mercato di questi particolari prodotti, non rendono idoneo l'utilizzo delle convenzionali strategie commerciali e di marketing. I lavori precedenti hanno riscontrato uno scarso accordo su buone pratiche, definizioni e metodi, evidenziando la necessità di stabilire un quadro olistico in questo settore emergente. Una comunicazione scarsa tra fornitori e utenti dei servizi climatici è stata rivelata da sondaggi effettuati tra utenti e stakeholder. Il problema è dovuto in parte ai modelli elaborati per le imprese, relativamente sottosviluppati, non adeguatamente in linea alle esigenze di conoscenza e alla competenza degli utenti, in parte all'asimmetria informativa, che penalizza alcuni contesti culturali rispetto ad altri.

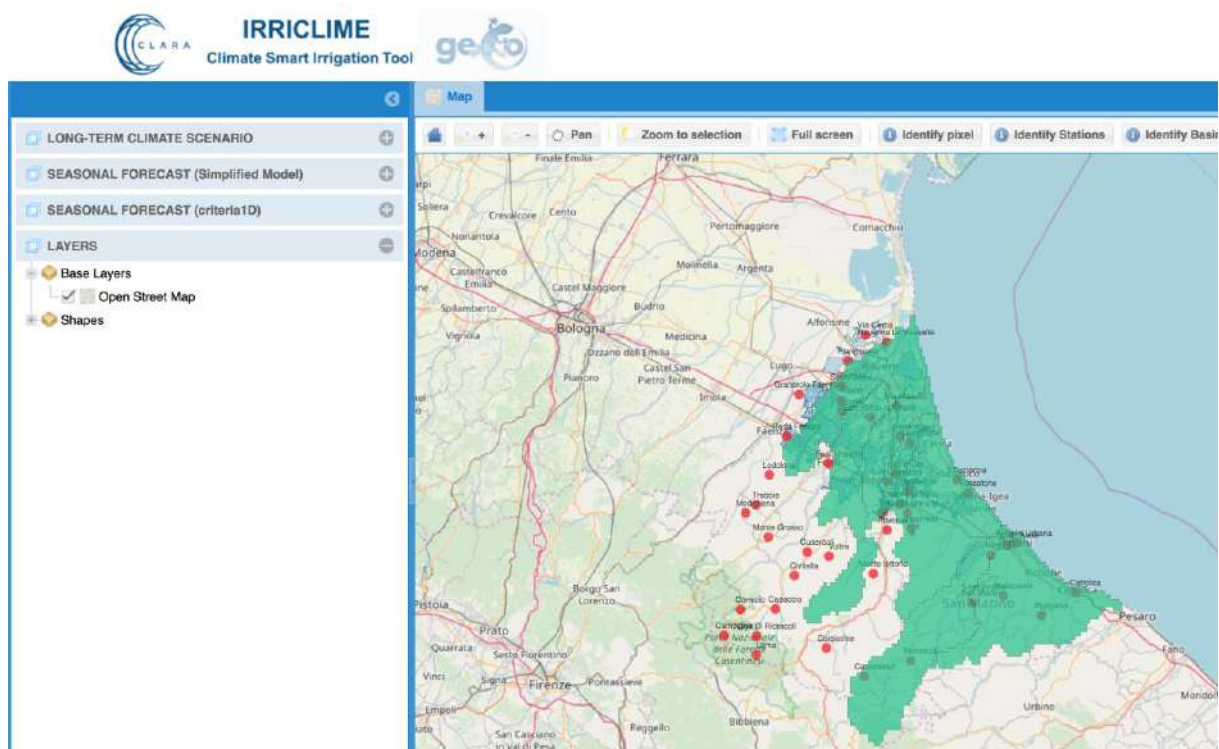


Figura 27 Il servizio IRRICLIME nella sua versione pilota.

Il settore privato è ugualmente impegnato nello sviluppo di servizi climatici innovativi. Un esempio in Italia, operante nel Nord-Est è quello di Gecosistema Srl, impresa con base a Cesena ed esperienza pluriennale prima in valutazioni ambientali e poi in servizi climatici. Combinando dati satellitari, previsioni meteorologiche nel breve e lungo periodo e modellistica di avanguardia, Gecosistema fornisce ai propri clienti servizi di supporto alla cosiddetta agricoltura intelligente (Climate-smart agriculture). La capacità di offrire previsioni sul bilancio idrico suolo/pianta è ad esempio uno strumento chiave per evitare di un utilizzo corretto delle risorse idriche. IRRICLIME, un servizio sviluppato dall'interno del progetto H2020 CLARA, offre ai consorzi di bonifica esattamente questo tipo di stima. Gli algoritmi che costruiscono il servizio sfruttano dati aperti (provenienti dalla piattaforma Copernicus) e li rielaborano automatizzando il più possibile i processi. In questo modo il servizio si colloca alla frontiera dell'avanguardia tecnologica e porta ad un risparmio anche in termini di tempistica. In prima

battuta, IRRICLIME è pensato per soddisfare i bisogni dei consorzi di bonifica, ma le sue funzionalità sono estendibili anche ad imprese private (con un modello B2B) e ai singoli agricoltori.

3.3.2 *Modernizzazione dell'infrastruttura irrigua*

I miglioramenti dell'efficienza nella gestione delle risorse idriche agricole che mirano ad aumentare la disponibilità e l'affidabilità dell'acqua per altri utenti (ovvero la conservazione) sono generalmente formulati in due modi: i) migliorando l'efficienza allocativa attraverso le Politiche di Conservazione dell'acqua (PCA) che ridistribuiscono la risorsa attraverso gli usi (104–106); e ii) aumentando l'efficienza dell'irrigazione fisica attraverso l'uso delle Tecnologie di Conservazione dell'Acqua (TCA) (107). Il miglioramento dell'efficienza allocativa attraverso PCA come tariffe o quote implica una redistribuzione delle risorse idriche tra usi concorrenti, modificando costi e benefici per gli utenti. Tali asimmetrie sono preferibili allo status quo se coloro che traggono beneficio dalla nuova politica possono ipoteticamente compensare coloro che vedono peggiorare le loro condizioni, e ottenere condizioni migliori rispetto a prima (cosiddetto miglioramento Kaldor-Hicks) (104,105). Tuttavia, nella pratica, la resistenza alle riforme, le barriere istituzionali e i costi di transazione (108) hanno storicamente limitato la capacità degli agenti istituzionali di risolvere complessi problemi di riallocazione delle risorse idriche attraverso i PCA. D'altra parte, un numero crescente di regioni scarse di acqua in tutto il mondo sta promuovendo una maggiore efficienza dell'irrigazione fisica attraverso i TCA (109). I TCA includono principalmente la conversione in sistemi di irrigazione o microirrigazione, livellamento laser dei campi, sistemi di erogazione tubati, rivestimento dei canali, riabilitazione fisica dei sistemi di irrigazione e di consegna e migliori pratiche di gestione (complementari). L'ipotesi tradizionale è che una maggiore efficienza dell'irrigazione fisica riduce il consumo di acqua, induce una minore domanda di risorse idriche e migliora sia la produttività agricola che il reddito in loco. Questi risultati facilitano, ma di per sé non raggiungono la riallocazione dell'acqua verso rendimenti più elevati. Un risultato efficiente di Pareto è raggiunto tramite un'allocazione ottimale, in cui nessun utente è in una condizione di svantaggio, e almeno un utente si trova in una condizione di vantaggio maggiore rispetto agli altri.

La logica economica alla base dei TCA è ovviamente subordinata a un contributo efficace agli obiettivi di conservazione dell'acqua. Tuttavia, le prove disponibili non offrono argomenti convincenti sul potenziale di conservazione dell'acqua dei TCA. Gli analisti in genere basano le loro proiezioni su misure e stime sul campo, che possono essere verificate e replicate in modo relativamente semplice (109). In una recente rassegna della letteratura sul potenziale di conservazione dell'acqua dell'irrigazione a goccia, van der Kooij et al. (110) hanno osservato che 44 dei 49 studi nel campione hanno descritto esperimenti condotti a livello di campo negli istituti di ricerca, mentre solo uno ha mostrato i risultati di un modello di distribuzione dell'acqua e solo 3 articoli hanno modellato le risposte comportamentali dagli utenti dell'acqua tali come agricoltori. Tuttavia, l'acqua conservata a livello di campo non può essere generalizzata per altre scale a causa della capacità degli utenti di acqua di adattarsi, ad es. espandendo le terre irrigate e modificando il portafoglio colturale o le pratiche di gestione (111). D'altra parte, le prove tratte da studi basati su modelli o questionari che valutano le risposte adattative di un'unità decisionale oltre la scala del campo (ad esempio a livello di azienda agricola o di progetto) appaiono sparse. La convalida e la standardizzazione da questi studi è possibile solo laddove si raggiungono prove e conoscenze critiche. Di conseguenza, la letteratura scientifica cita la scarsità di dati quantitativi da ricerche TCA accuratamente condotte come una barriera significativa nello sviluppo di interventi progettati in modo sensibile verso un'efficace conservazione dell'acqua (110–112): se i TCA contribuiscono ad aumentare il reddito agricolo e le prove sui loro impatti sulla conservazione dell'acqua oltre la scala del campo sono insufficienti, un analista che osserva le loro prestazioni può seguire il tradizionale assunto che i TCA possono conservare grandi quantità di acqua e risolvere favorevolmente all'intervento, sostenendo al contempo un lavoro più empirico per informare meglio la progettazione politica successivamente.

Dopo aver condotto una revisione della letteratura teorica ed empirica su WCT di oltre 240 studi, la revisione più ampia fino ad oggi, Pérez-Blanco (113) conclude che una maggiore efficienza dell'irrigazione contribuisce in genere all'intensificazione della scarsità d'acqua attraverso un aumento del consumo di acqua nell'agricoltura processi. Le dinamiche di questo risultato alquanto paradossale sono esemplificate come segue:

- I TCA aumentano la percentuale di acqua consumata per unità di acqua prelevata (ad es. Dal 50% al 100% per un'ipotetica tecnologia pienamente efficiente).
- La legge di conservazione della massa richiede che se un flusso nel sistema (in questo caso, il consumo di acqua) aumenta, allora un altro flusso deve ridurre, in questo caso, i flussi di ritorno potenzialmente riutilizzabili che precedentemente restituiti nell'ambiente sono ridotti da 50 % dell'acqua inizialmente applicata allo 0%;
- Per un agricoltore che deve affrontare un vincolo di prelievo idrico vincolante, è possibile utilizzare il consumo più elevato per unità di acqua prelevata con la nuova tecnologia: i) per ottenere la stessa produzione agricola di prima con lo stesso consumo di acqua dimezzando i prelievi di acqua, compensando così la riduzione dei flussi di ritorno (nel nostro esempio, a 0) per aumento dell'acqua non deviata; ii) aumentare (nel nostro esempio, raddoppiare) il consumo e la produzione prelevando la stessa quantità di acqua, di solito applicata ad un'area aumentata, eliminando al contempo i flussi di ritorno; oppure iii) ridurre il consumo e la produzione di acqua e liberare l'acqua agricola per usi alternativi;
- Poiché il cambiamento tecnico comporta anche un cambiamento negli incentivi, gli agricoltori razionali adatteranno le loro scelte alle condizioni su entrate e costi in un ambito di decisioni fattibili, che può portare a consumi più bassi, uguali o più alti, l'ultimo dei quali è il più risultato probabile secondo la letteratura empirica.

Aderire al teorema secondo cui uno può conservare acqua concentrandosi principalmente sull'aumento dell'efficienza dell'irrigazione attraverso i TCA "distoglie la discussione dalla necessità di ulteriori cambiamenti radicali nelle istituzioni, nelle infrastrutture e nella gestione delle risorse idriche" che consentono e catalizzano risposte di trasformazione autentiche alle sfide della scarsità d'acqua (114). Il successo della progettazione e attuazione delle politiche comporta significativi cambiamenti istituzionali, azioni collettive a più livelli e alti costi di transazione e incertezza. L'esperienza degli ultimi 50 anni dovrebbe metterci in guardia contro l'implementazione di TCA, PCA o altri interventi come panacee per affrontare complessi problemi ambientali (115,116). Le politiche ambientali e idriche sono creature progettuali e le prove disponibili dimostrano che, a seguito della loro attuazione, la società potrebbe ancora andare peggio se i costi della politica e le eventuali perdite residue di benessere superano i guadagni derivanti dalla sua adozione. Questo è il caso di numerosi TCA in tutto il mondo, in cui i vantaggi a livello locale si contrappongono a un maggiore consumo di acqua per irrigazione e a una minore disponibilità di acqua per altri usi a livello di bacino; ma anche dei mercati dell'acqua, ad es. in Australia, che hanno migliorato l'efficienza allocativa tra gli utenti commerciali, ma ha anche attivato l'uso dell'acqua da parte da i proprietari di concessioni "dormienti" e ha spostato l'acqua verso gli utenti che consumano una percentuale maggiore di allocazioni, riducendo così i flussi ambientali (117).

3.3.3 *Stabilità e fertilità del suolo*

Mantenere la stabilità e la fertilità del suolo è un fattore fondamentale per favorire la resilienza dell'agricoltura agli impatti dei cambiamenti climatici (7). Tra le attività e le misure che possono essere adottate al fine di raggiungere questo scopo rivestono particolare importanza l'utilizzo di colture consociate e di tecniche di lavorazione minima del terreno.

Le *colture consociate* sono caratterizzate da specie a rapida crescita che vengono utilizzate nella fase intermedia tra due colture principali o che vengono coltivate contemporaneamente a specie che richiedono una

spaziatura più ampia delle file (ad esempio campi di mais o vigneti). Le colture consociate devono essere adattate alla coltura principale poiché entrambe non dovrebbero essere in competizione per i nutrienti e, al contrario, dovrebbero riuscire a trarre il massimo beneficio l'una dall'altra. L'utilizzo di colture consociate permette quindi di coprire il terreno nudo nell'intervallo temporale tra due colture principali o in quello spaziale tra le file di una stessa coltura. Il beneficio diretto è quello di proteggere il terreno da fenomeni di erosione, aumentando al contempo il contenuto di materia organica e quindi la produttività del terreno agricolo. Le colture consociate sono anche in grado di immagazzinare una certa quantità di nitrato che viene mineralizzato dopo il raccolto e quindi reso disponibile per le colture principali, riducendo così la lisciviazione dei nitrati. Intercettando le risorse idriche ed evitandone la loro traspirazione, le colture consociate migliorano inoltre la capacità di infiltrazione dell'acqua. La loro presenza infine comporta un aumento della diversità specifica e una riduzione dell'abbondanza di parassiti (118,119).

Una pratica simile prevede l'adozione di *sistemi agroforestali*, che sono dati dalla consociazione di vegetazione legnosa (alberi od arbusti) e colture agricole e/o animali. Anche in questo caso, l'implementazione di questa pratica permette di ridurre l'erosione del suolo, arricchire il suo contenuto di materia organica e a migliorare l'efficienza nell'uso di acqua e nutrienti. La presenza degli alberi permette di fatto di mantenere la fertilità dei suoli e di creare un micro-clima favorevole per la produzione agricola (120,121).

La lavorazione minima o nessuna lavorazione del terreno si contrappone alle pratiche di lavorazione convenzionale, che si basano sull'utilizzo di metodi di tornitura del suolo (come l'aratura) al fine di distribuire in modo equo i residui organici presenti nel terreno. La lavorazione convenzionale va a distruggere la struttura aggregata del terreno superficiale a causa dell'impatto meccanico dell'aratro, al contrario una lavorazione minima favorisce la conservazione della struttura aggregata del terreno superficiale e della sua porosità. Nella lavorazione convenzionale, la maggiore aerazione nel terreno favorisce il processo di decomposizione (mineralizzazione) della sostanza organica e andando a ridurre il contenuto di humus (122), che viene invece maggiormente conservato nel caso della lavorazione minima. La conservazione della struttura aggregata del terreno e della porosità sono di particolare importanza per l'infiltrazione e lo stoccaggio dell'acqua. La conservazione del contenuto dell'humus è invece importante per il mantenimento del processo di purificazione dell'acqua. Una lavorazione minima del terreno permette inoltre di ridurre l'erosione del suolo e la perdita di nutrienti.

In linea generale, una gestione più conservativa della produzione agricola (minimizzare le lavorazioni, mantenere la copertura vegetale e utilizzare specie diverse) permette anche di diminuire l'emissione di gas ad effetto serra e di evitare, ridurre e invertire la perdita di carbonio organico del suolo. Fondamentali quindi per l'adattamento dell'agricoltura agli impatti dei cambiamenti climatici, le attività e le misure discorse risultano avere una particolare rilevanza anche nella loro mitigazione (123–125).

3.3.4 Specializzazione

L'internazionalizzazione del mercato vitivinicolo, la crescente sensibilità dei consumatori verso le questioni etico-ambientali e la necessità di applicare standard comuni, hanno provocato cambiamenti radicali nelle modalità di produzione del vino, sia nelle aree tradizionalmente dedite alla viticoltura, sia in paesi che hanno sviluppato un'industria del vino più recentemente. L'Unione Europea rappresenta il più grande produttore, consumatore, importatore ed esportatore di vino al mondo (126) e ha un mercato interno fortemente regolato per quanto riguarda, prezzi, quantità ma anche qualità del vino. La forte regolamentazione si spiega con la volontà di aumentare l'efficienza complessiva del mercato e diminuire in certi casi la quantità prodotta a favore di qualità e competitività. Le modalità per compiere un'operazione di questo tipo sono generalmente normative, concentrandosi sia sui criteri di produzione, sia sul sistema delle certificazioni. Tale legislazione si caratterizza

storicamente per essere incentrata sul sistema normativo nazionale francese e in parte italiano, andando in questo modo a difendere gli interessi dei maggiori produttori piuttosto che a garantire uguali condizioni a tutti gli attori (127).

Negli ultimi anni questo controllo più o meno indiretto dei Paesi è andato in crisi, soprattutto per l'apertura ai mercati internazionali e alle richieste di attori emergenti, ma anche a causa dei problemi derivanti dagli impatti dei cambiamenti climatici. Contemporaneamente, si sono diffusi dei Sistemi di Gestione della Qualità (SGQ) e Sistemi di Gestione Ambientale (SGA). Generalmente l'adesione a questi standard è di tipo volontario, per beneficiare di vantaggi interni come la crescita del capitale umano o dell'efficienza produttiva, e di vantaggi esterni, ad esempio l'apertura a nuovi mercati e una migliore reputazione aziendale.

Per quanto riguarda nello specifico il settore vitivinicolo in Italia, nel 2009 è stato recepito il Regolamento Ce n. 479/2008 del Consiglio UE su DOP e IGP che ha cambiato la precedente suddivisione che vigeva in Italia, lasciando il compito di vigilare a specifici organismi di controllo il cui ruolo è quello di verificare l'effettiva aderenza del prodotto e delle tecniche produttive al disciplinare. Attualmente in Italia si producono 408 vini DOP (di cui 78 nelle regioni del Nord-est) e 118 IGP (di cui 21 nelle regioni del Nord-est).

I vini di Denominazione di Origine Protetta (DOP) si suddividono in quelli di Denominazione di Origine Controllata (DOC) e quelli di Denominazione di Origine Controllata e Garantita (DOCG), mentre l'Indicazione Geografica Protetta (IGP) comprende le vecchie Indicazioni Geografiche Territoriali (IGT) italiane.

Il sistema di certificazione europeo si pone l'obiettivo di tutelare i prodotti di qualità, esaltandone il legame imprescindibile con il sistema produttivo locale di riferimento e incentivando la salvaguardia dei suoi tratti caratteristici. L'importanza economica di tali certificazioni è stata dimostrata in diversi studi, che hanno preso in considerazione anche il comportamento dei consumatori italiani, per i quali la denominazione di origine risulta una variabile determinante nella scelta del prodotto (1).

La leva sui maggiori ricavi derivanti dalle certificazioni è una possibile soluzione a disposizione degli agricoltori, per aumentare la propria capacità di investimento contro i rischi climatici.

Tuttavia, le rigide procedure imposte ai produttori a salvaguardia del prodotto rischiano di essere un elemento di criticità in un'ottica di adattamento ai cambiamenti climatici. Infatti, nei disciplinari vengono stabiliti una serie di obblighi riguardanti l'area di produzione, la quantità massima annua di raccolto, le varietà di uva ammesse, l'esposizione dei vigneti, i sistemi di potatura e di irrigazione, la gradazione naturale e altre restrizioni che limitano in modo considerevole le opzioni a disposizione dei produttori per far fronte agli impatti derivanti dal surriscaldamento globale. (2)

Si rivela quindi necessario un approccio integrato che consideri tutti gli effetti delle politiche che si intendono perseguire, per rendere il settore vitivinicolo sostenibile dal punto di vista sociale, ambientale ed economico. A livello internazionale le prime certificazioni di sostenibilità ambientale si sono sviluppate e poi diffuse a partire dagli anni '90 soprattutto nei paesi del "nuovo mondo" vitivinicolo come l'Australia, la Nuova Zelanda o la California, per poi allargarsi velocemente anche ai produttori europei.

In Italia, in particolare, dal 2011 esiste un progetto promosso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) per rendere più sostenibili le aziende vitivinicole nazionali. Il progetto VIVA Sustainable Wine si basa su quattro indicatori principali, tramite i quali vengono calcolati gli impatti di un'azienda o di un vino singolo, che poi vengono verificati da un ente terzo (128).

Questi indicatori sono:

- aria: tramite un'analisi del ciclo di vita, calcola le emissioni di CO2 equivalente di una bottiglia di vino,

- acqua: indica la quantità di acqua utilizzata per la produzione di una bottiglia di vino,
- vigneto: valuta la gestione agronomica del vigneto, verificando l'utilizzo di agrofarmaci e le conseguenze su suolo ed ecosistema,
- territorio: analizza l'impatto sulla comunità locale.

Un'altra iniziativa rilevante è quella del progetto Tergeo, sviluppato dall'Unione Italiana Vini, che si propone di mettere in relazione il mondo della ricerca con quello aziendale tramite uno strumento di analisi della sostenibilità e una piattaforma aperta, per raccogliere una serie di proposte tecniche provenienti da enti di ricerca o università e renderle disponibili alle imprese partner.

Esistono poi molti altri progetti di natura simile, che si differenziano soprattutto per l'ampiezza della loro area di intervento e per la natura dei promotori, che può essere istituzionale ma anche interna alle singole realtà produttive.

3.3.5 *Produzione biologica*

La produzione di prosecco ha conosciuto negli ultimi anni un aumento vertiginoso dovuto alla forte richiesta nazionale e internazionale, che ha trascinato il volume d'affari di tutto il comparto vitivinicolo italiano. Di particolare interesse è la situazione della DOCG Conegliano Valdobbiadene Prosecco, la cui area di riferimento è stata assoluta protagonista nelle dinamiche economiche, sociali e ambientali dell'ultimo periodo e che ha raggiunto pochi mesi fa lo status di Patrimonio dell'umanità UNESCO.

I numeri relativi al Prosecco DOCG attestano una produzione annua di 91,4 milioni di bottiglie, destinate per il 59% al mercato italiano e per il 41% a quello internazionale, per un valore totale superiore ai 500 milioni di euro (129). Questi dati sono ancora più impressionanti se letti all'interno della dinamica storica produttiva. Infatti, negli ultimi 15 anni, l'offerta di Conegliano Valdobbiadene DOCG è cresciuta di più del 131%, con un tasso annuo superiore al 9%, con un'impennata ancora maggiore per lo spumante Prosecco Superiore DOCG, cresciuto del 173%, che oggi rappresenta il 96% della produzione, mentre nel 2003 pesava per l'82%.

Un'evoluzione così rapida e imponente ha modificato il sistema produttivo locale, spingendo i produttori ad espandere i vigneti in zone mai sfruttate in precedenza. Come si può leggere nei dossier pubblicati dal Consorzio di Tutela Conegliano Valdobbiadene Prosecco DOCG, la superficie vitata ha raggiunto la sua massima espansione, passando dai 5.750 ettari del 2011 agli 8.440 del 2018 (130). Per la prima volta nel 2019 è stato imposto un blocco alle nuove iscrizioni all'albo DOCG come richiesto dalla regione, a testimonianza di una criticità evidente ormai agli stessi stakeholders, che stanno mettendo in atto politiche sempre più volte alla valorizzazione economica del prodotto piuttosto che ad una crescita della produzione che sembra aver raggiunto una saturazione almeno per quanto riguarda la DOCG.

Un ruolo di primaria importanza nella definizione delle politiche del Consorzio di Tutela lo hanno assunto gli aspetti riguardanti gli impatti ambientali, soprattutto a causa della forte preoccupazione espressa da associazioni e cittadini locali, che hanno manifestato un'insofferenza crescente verso il processo di industrializzazione del settore vitivinicolo in atto. Le proteste principali sono state indirizzate alle tecniche produttive convenzionali basate su un uso massiccio di fitofarmaci, ma voci critiche si sono alzate anche contro le pratiche agricole e l'espansione dei vigneti responsabili, secondo le accuse, di una forte erosione del suolo, mentre altri hanno sollevato la questione delle conseguenze paesaggistiche e sociali derivanti da questo modello di sviluppo economico.

Sicuramente il tema dell'uso di prodotti fitosanitari è quello che ha attirato le maggiori attenzioni, con la creazione di vari gruppi di cittadini e il Forum Stop Pesticidi, particolarmente attivi sul territorio, ad esempio con la proposta di una raccolta firme per un referendum contro l'uso dei pesticidi sul territorio comunale di Conegliano. Dall'altro

lato, i produttori e il Consorzio di Tutela si sono sempre difesi dalle accuse, rimarcando la legalità dei loro trattamenti e l'assenza di rischi per la salute umana, come confermato anche da studi recenti (131). Inoltre, sono nati negli ultimi anni dei progetti che studiano a vario titolo delle alternative sostenibili alla gestione agronomica convenzionale e delle tecniche meno invasive per i trattamenti colturali. Questi progetti sono interessanti perché vengono sperimentati direttamente sul campo e sviluppano soluzioni ad hoc per le aziende del territorio. Ad esempio, il progetto "Vitinnova" studia la possibile applicazione di modelli previsionali dei rischi infettivi per la gestione dei trattamenti fitosanitari, con lo scopo di ridurre il numero e di integrarli con interventi di lotta biologica (132); il progetto "Endoflorvit" invece è finalizzato alla valorizzazione e salvaguardia della biodiversità all'interno del sistema agricolo locale, operando un'analisi della biodiversità vegetale dei vigneti, valutando il ruolo dei batteri endofiti della varietà Glera nella resistenza alle patologie più diffuse e l'eventuale correlazione tra queste e la diversità biologica dei vigneti (133); il progetto "Residuo 0" si pone come obiettivo l'eliminazione di ogni tipo di residuo dal vino e dall'uva tramite l'uso di acqua ozonizzata e elettrolizzata, sia come sostituti dei trattamenti chimici, sia per effettuare il lavaggio dell'uva dopo la raccolta (134); infine il progetto "Deriva" intende ridurre l'inquinamento, limitando la dispersione dei prodotti fitosanitari al di fuori dei target ("effetto deriva"), mediante miglioramenti tecnologici e altri accorgimenti (135).

A questi progetti si aggiunge l'aggiornamento annuale al Protocollo Viticolo, un disciplinare di difesa integrata che si applica alle aziende che decidono di adottarlo in modo volontario, le quali rappresentano ad oggi circa l'85% delle produttrici DOCG. Risultano in crescita ma ancora estremamente residuali le produzioni di vino biologico, che assieme a tutte le altre tipologie di produzione definite "naturali" non raggiunge il 2% del totale. In generale, la tendenza sembra essere quella che porta verso una presa di coscienza dei produttori vitivinicoli del proprio impatto ambientale e della necessità di modificare le modalità convenzionali di gestione del territorio e delle risorse naturali, anche se l'aspetto ambientale risulta ancora decisamente accessorio rispetto a quello economico. In questo senso, gli effetti dei cambiamenti climatici potrebbero moltiplicare le criticità già riscontrate per quanto riguarda i trattamenti fitosanitari, come dimostrato da vari studi (136,137), ma anche la produzione biologica non si può considerare immune a questo tipo di problema, visto l'uso di prodotti a base di rame, le cui quantità presenti nelle aree a vocazione vinicola sono allarmanti (138), rendendo urgente l'elaborazione di un approccio gestionale integrato sempre meno impattante e pronto ad adattarsi a condizioni climatiche destinate a variare.

Un altro aspetto che recentemente è stato al centro del dibattito pubblico è quello dell'erosione del suolo nei vigneti. La discussione è nata dopo la pubblicazione di un paper da parte di alcuni professori e ricercatori dell'Università di Padova (139), che hanno calcolato un tasso di erosione del suolo nell'area di produzione del Conegliano Valdobbiadene DOCG molto alto, superiore di più di otto volte alla media italiana e trentuno volte più alto dei limiti considerati tollerabili a livello europeo nei vigneti a gestione convenzionale (140). In questo studio, i ricercatori hanno stimato che per ogni bottiglia di prosecco DOCG prodotta in modo convenzionale si consumano 3,3 kg di suolo. Tuttavia, ipotizzano che adottando accorgimenti tecnici, come una copertura vegetale completa all'interno dei filari, sia possibile ridurre tale impronta di suolo a 1,1 kg per bottiglia. I risultati di questa ricerca sono stati contestati nel metodo e nel merito, attraverso i canali comunicativi del Consorzio di Tutela, da altri professori e ricercatori locali, i quali al contrario hanno evidenziato il ruolo benefico delle vigne nelle aree collinari contro il rischio idrogeologico (141).

Infine, è stata oggetto di analisi e discussione la candidatura all'UNESCO dell'area Conegliano-Valdobbiadene, sia per il recente sviluppo urbano e produttivo, sia come possibile volano per un turismo non sostenibile in un territorio delicato, privo delle infrastrutture necessarie e già interessato dagli impatti ambientali discussi in precedenza (142). In ogni caso, la candidatura è andata a buon fine, di conseguenza l'ambito della ricerca ora dovrà spostarsi sulle modalità di gestione di questo patrimonio ambientale, culturale ed enogastronomico.

3.3.6 Emissioni/soluzioni zootecniche

Dato il contributo dell'agricoltura alle emissioni di gas a effetto serra, in particolare alle emissioni di gas diversi dall'anidride carbonica CO₂, vi è una crescente responsabilità del settore agricolo nel contrastare gli effetti dannosi di queste emissioni attraverso la mitigazione. L'industria agricola, infatti, può avere un controllo significativo sul ciclo del carbonio e dell'azoto attraverso un'efficace gestione del bestiame e dell'uso del suolo.

In generale, si possono definire tre tipologie di strategie di mitigazione: il sequestro del carbonio nel suolo; la riduzione delle emissioni attraverso la sostituzione di tecniche ad alta intensità energetica (o fortemente emmissive) con approcci più rispettosi dell'ambiente; la riduzione (o l'azzeramento) delle emissioni attraverso la conservazione della vegetazione esistente o dei serbatoi di carbonio nel suolo (143).

Inoltre, bisogna considerare che emissioni significative di CH₄ e N₂O (gas serra particolarmente potenti) vengono rilasciate dal letame a causa della digestione anaerobica che si verifica durante lo stoccaggio, pertanto la gestione delle emissioni che provengono dagli allevamenti offre molte opportunità di mitigazione. Ad esempio, se la digestione anaerobica fosse controllata e utilizzata come metodo di trattamento, questa potrebbe essere utilizzata come un efficiente processo di termovalorizzazione, convertendo le risorse naturali in bioenergia rinnovabile, anziché semplicemente applicare il letame ai campi o immagazzinarlo in lagune profonde.

In questo modo, non solo si eviterebbero le emissioni dirette di gas serra provenienti dal letame, ma si ridurrebbero ulteriormente le emissioni in modo indiretto, sostituendo il biogas (fonte energetica rinnovabile) ad altre fonti energetiche meno rispettose dell'ambiente. Inoltre, bisogna considerare che la produzione di biogas non riduce solo le emissioni di gas serra, ma anche quelle di ammoniaca che possono causare eutrofizzazione e acidificazione dell'ecosistema (144).

Quando la biomassa viene decomposta tramite pirolisi (in assenza di ossigeno), inoltre, si forma un prodotto stabile e ricco di carbonio. Questo prodotto, noto come *biochar*, può essere utilizzato come parte di un processo di gestione sostenibile del territorio agricolo in quanto, applicandolo al suolo, esso ne arricchisce il contenuto di carbonio in modo stabile (potenzialmente per più di mille anni) (143).

In aggiunta alle misure sopraccitate, è utile considerare che le nuove tecnologie agricole di precisione offrono la duplice opportunità non solo di adattarsi agli effetti dei cambiamenti climatici ma anche di ridurre le emissioni di gas serra. Attraverso l'uso di strumenti di posizionamento globale del sistema, droni e altre tecniche moderne, l'applicazione e l'uso controllato di fertilizzanti, carburante e acqua per ottimizzare le prestazioni, infatti, si può limitare lo spreco di risorse ed energia.

Ad esempio, l'agricoltura di precisione può aumentare il potenziale di sequestro del carbonio del suolo e della biomassa limitando la lavorazione del terreno; altre tecniche, invece, comportano una riduzione del consumo di carburante per l'applicazione di fertilizzanti. Questo uso efficiente delle macchine può anche avere un impatto positivo sulla qualità del suolo.

3.4 Strumenti e incentivi economici

Laddove si persegua una gestione efficiente delle risorse disponibili, sono necessari strumenti e incentivi economici. Dati i numerosi studi sulla performance (realizzata o prevista) degli strumenti economici per la gestione delle risorse agricole, è difficile sintetizzare tutti i risultati nella presente sezione. Per questo motivo si è preferito focalizzarsi nell'illustrare il potenziale degli strumenti economici fornendo esempi specifici per la gestione delle risorse idriche nella agricoltura. Questo non significa che gli strumenti economici non siano applicabili alla gestione di altre risorse e attività agricole. Oltre all'acqua, infatti, l'utilizzo di strumenti e incentivi

economici è necessario per raggiungere l'efficienza, ad esempio nell' utilizzo di fertilizzanti e nel consumo di suolo.

Mentre la domanda di acqua continua a crescere, l'economia dell'acqua italiana sta progressivamente raggiungendo una fase di maturità in cui i costi di approvvigionamento crescenti si traducono in una offerta inelastica, con crescenti costi finanziari e ambientali che hanno iniziato a superare i benefici economici negli usi meno produttivi (marginali) dell'acqua (145). A questo punto, l'attenzione deve spostarsi a soddisfare le esigenze della crescente domanda attraverso l'espansione dell'offerta verso una riallocazione delle risorse esauribili (anche se rinnovabili) disponibili in modo tale da soddisfare gli obiettivi delle politiche idriche (ad es. efficienza, equità). Da una prospettiva di gestione integrata delle risorse idriche, ciò viene affrontato attraverso la combinazione di politiche di domanda e offerta che "massimizzano il benessere economico e sociale risultante in modo equo senza compromettere la sostenibilità degli ecosistemi vitali" (146). Di conseguenza, negli ultimi due decenni si è assistito a una progressiva adozione delle politiche di gestione della domanda d'acqua. Le politiche di gestione della domanda coinvolgono strumenti normativi (denominati *command-and-control*) che specificano e prescrivono un comportamento per gli agenti (gli utenti d'acqua) e allo stesso tempo includono anche strumenti economici che sostituiscono le nozioni tradizionali di controllo e pianificazione guidate dal governo con quelle guidate da incentivi, motivazione e governance multilivello (147).

3.4.1 *Pagamenti per i servizi ecosistemici*

Gli schemi PES si sono sviluppati negli ultimi tre decenni diventando un potente strumento per la gestione economica dei servizi ecosistemici (62). I sistemi PES sono definiti come transazioni volontarie e condizionate su servizi ecosistemici ben definiti tra almeno un fornitore e un utente (148), in base alla logica secondo cui i beneficiari della prestazione di servizi compensano i fornitori. I servizi ecosistemici relativi alle risorse idriche comprendono "i benefici per le persone prodotti dagli effetti dell'ecosistema terrestre sulla disponibilità e la qualità dell'acqua dolce" (149). Tali benefici possono essere classificati in quattro gruppi: (a) approvvigionamento; (b) regolazione (ad es. depurazione delle acque); (c) sostegno (ad esempio manutenzione di habitat acquatici che producono servizi); e (d) culturale (ad esempio ricreazione) (150). I sistemi PES possono essere finanziati dal governo (acquirente come terzo), finanziati dall'utente privato (acquirente come utente finale) o finanziati dall'utenza (l'acquirente deve far fronte a commissioni o tariffe di un'utenza pubblica o privata regolamentata) (151).

Gli schemi PES sono stati ampiamente implementati al di fuori dell'Europa (150,152) e in misura crescente in Europa. Il ruolo degli schemi PES è stato promosso nella strategia dell'UE 2020 e il loro potenziale è ulteriormente sottolineato nella *Roadmap for a Resource Efficient Europe*. Nel contesto italiano, i programmi PES per la gestione delle risorse idriche sono stati inizialmente istituiti per compensare i costi di opportunità per le popolazioni locali di migliorare la quantità e/o la qualità dell'acqua attraverso il cambiamento delle pratiche di gestione del territorio tramite FIA (153). Più recentemente, i PES sono anche stati valutati come mezzo per compensare i servizi ecosistemici forniti dalla gestione dell'acqua da parte dei Consorzi di Bonifica.

Gli esempi sopra evidenziano il valore aggiunto degli schemi PES come soluzioni integrate, nella creazione di nuove opportunità di finanziamento per misure altrimenti difficili da finanziare e nel supporto per la gestione e la politica da parte del pubblico in generale. Gli schemi PES sono inoltre percepiti come più flessibili, più facilmente applicabili e più economici rispetto ad altri strumenti, come le misure di *command-and-control* (154). Il successo degli schemi PES è, tuttavia, fortemente dipendente dal contesto politico, socioculturale e istituzionale in cui vengono attuati (155). I fattori chiave per il loro successo sono diversi (156). Il quadro all'interno del sistema PES istituito dovrebbe essere chiaramente identificato. In primo luogo, gli obiettivi da raggiungere con l'attuazione di un regime PES dovrebbero essere chiaramente definiti e concordati dai partecipanti. Inoltre, è

importante definire chiaramente i diritti di proprietà iniziali, chi è in grado di vendere e chi desidera acquistare. Questa è una grande barriera per lo sviluppo di PES per la gestione delle risorse idriche, una risorsa pubblica per la quale esiste solo il diritto di utilizzo. Avere una visione chiara dei venditori e degli acquirenti, i loro obiettivi e mezzi di finanziamento è un terzo fattore che definisce il successo di uno schema PES. Infine, un solido quadro per il monitoraggio e la valutazione facilita non solo la resistenza di un sistema PES, ma consente anche ai sistemi PES di fungere da studi esemplari favorendone l'implementazione in altri settori, nonostante una valutazione ex-post delle loro prestazioni sia normalmente mancante. Una serie di fattori / minacce dovrebbero essere presi in considerazione al fine di massimizzare l'efficienza finanziaria dei PES. In primo luogo, i potenziali incentivi perversi, che possono risultare in inefficienza economica, disuguaglianze tra venditori e acquirenti e inefficienza sociale, dovrebbero essere identificati e trattati. È anche fondamentale identificare ex-ante i candidati per massimizzare l'efficienza finanziaria dei PES (157).

3.4.2 *Prezzi e sussidi*

Mentre i sussidi sono di gran lunga lo strumento economico più diffuso per la gestione delle risorse idriche (158), anche nell'Italia settentrionale (159), sono tipicamente accoppiati all'intensità di produzione o utilizzo di inputs, e ciò mina le loro prestazioni. Ad esempio, all'interno del suo primo pilastro, inteso a "ecologizzare l'agricoltura", la Politica Agricola Comune (PAC) dell'UE esprime l'ambizione di aumentare la "superficie di area agricola che utilizza sistemi / pratiche efficienti" attraverso la modernizzazione dell'irrigazione (160). Seguendo il ragionamento della PAC, se la tecnologia A con efficienza del 50% viene convertita in tecnologia B con efficienza del 90%, la domanda esistente può essere soddisfatta con una frazione (50/90) dell'acqua originale prelevata (ad esempio 100 unità v. 55,6), risultando nella "conservazione" di 44,4 unità. Questo confonde l'acqua prelevata con l'acqua consumata (161). In genere, a meno che il diritto di prelievo non sia limitato a 55,6 unità (nell'esempio), assisteremo a un aumento del consumo insieme al reddito dell'irrigatore (attraverso un aumento delle superfici irrigate o più intensità nell'irrigazione) e una corrispondente riduzione dei flussi di ritorno verso altri usi. Sotto il "primo pilastro" della PAC, un irrigatore che adotta WCT come l'irrigazione a goccia sarà idoneo a ricevere pagamenti diretti (ad esempio sussidi) per premiare le sue prestazioni ambientali, anche se molto probabilmente questo aumenterà il consumo.

La maggior parte delle prescrizioni normative di base sui prezzi dell'acqua e sui mercati sono radicate nel primo teorema fondamentale dell'economia del benessere, secondo cui i mercati competitivi sono un mezzo efficace per sfruttare le opportunità di miglioramento del benessere esistenti tra gli individui, e i prezzi possono portare a un efficiente (ri)allocazione delle risorse. Ciò implica che l'efficiente (ri)allocazione delle risorse idriche richiede il pieno recupero, tramite i prezzi dell'acqua, dei costi di prelievo e approvvigionamento, compresi il funzionamento, la manutenzione, i costi di capitale, e tutti gli altri costi di opportunità ed esternalità esistenti (162,163). Secondo il primo teorema fondamentale dell'economia del benessere, i prezzi efficienti riflettono il valore marginale dell'acqua e sorgono come sottoprodotto spontaneo di mercati ben funzionanti. (164) fa notare che "con un mercato, il valore marginale diventa lo stesso per tutti gli utenti e l'acqua disponibile viene allocata in modo efficiente. Poiché le condizioni della domanda e dell'offerta cambiano, il mercato adegua il prezzo e il sistema rimane efficiente". Tuttavia, il più delle volte, la volatilità temporale dell'approvvigionamento idrico crea non convessità nei prezzi di mercato, mentre la scarsità crea anche conseguenze irreversibili per coloro che non possono permettersi di soddisfare (alti) prezzi di mercato (165). Inoltre, l'applicazione pratica del primo teorema fondamentale dell'economia del benessere alla gestione dell'acqua può trasformare risorse comuni che richiedono il coordinamento tra gli utenti (ad esempio, acque sotterranee) in beni privati gestiti attraverso la concorrenza - creando a loro volta impatti negativi (ad esempio, uso eccessivo delle risorse nelle falde acquifere). Pertanto, le rivendicazioni economiche primarie secondo cui i prezzi e i mercati sono per sé appropriati per l'allocazione dell'acqua possono in realtà essere basati su fondamenti errati. Nonostante, come

fa notare il secondo teorema dell'economia del benessere, l'efficienza allocativa non è in contrasto con altri criteri socialmente rilevanti. Al contrario: mercati ben funzionanti garantiscono che i progressi in termini di equità e accettabilità delle politiche non sono soddisfatti a scapito dell'efficienza economica.

Contrariamente a quanto può suggerire un corpus significativo di letteratura scientifica (164,166), l'implementazione di prezzi e di mercati di acqua efficienti è più complessa del superamento dei problemi di disegno. Questo è forse più evidente in Italia che altrove; nel 2011, il 95,8% dei partecipanti ad un referendum nazionale ha votato contro la possibilità di offrire ai fornitori di acqua compensazioni oltre il recupero dei costi degli investimenti di capitale. Questo mandato popolare ha revocato un decreto legislativo del 2006 che rendeva i fornitori di acqua idonei a ricavare profitti dai servizi di fornitura idrica, annullando la possibilità di ottenere miglioramenti di efficienza allocativa attraverso mercati di acqua (167). Più recentemente, il Ministero dell'Ambiente italiano (168) e l'Autorità per la Gestione dei Sistemi Elettrici, Gas e Idrologici (169), riconoscendo la gravità degli impatti della siccità in Italia e la necessità di modulare l'uso dell'acqua attraverso principi e strumenti economici, hanno elaborato una proposta per l'addebito dei "costi ambientali e delle risorse" agli utenti. La progettazione di tale strumento dipende comunque dalle regioni, che con poche eccezioni (si veda, ad esempio, il caso della Regione Piemonte) non hanno adottato misure sufficienti per l'effettiva implementazione di queste linee guida. Questi due esempi rivelano l'esistenza di barriere istituzionali alla riforma dell'allocazione delle risorse idriche (170), che sono di particolare rilevanza nel complesso regime di allocazione dell'acqua Italiano, anche quello del Nordest (171); e spiegano il 'focus' della politica dell'acqua italiana su risposte reattive alla siccità basate su accordi volontari e / o approcci normativi (command-and-control) attraverso l'Osservatorio di Siccità che, pur essendo inefficienti, può essere la migliore alternativa praticabile nel contesto attuale (second best) (172).

Come nota finale, la crescente necessità di politiche di gestione della domanda di acqua che si basano su principi economici non preclude l'uso di politiche sul lato dell'offerta; riconosce piuttosto i limiti della natura e suggerisce che la decisione di utilizzare strumenti di gestione dell'offerta o della domanda (o entrambi) deve basarsi su una valutazione approfondita dei loro pro e contro, comprese le questioni di contesto socio-economico, policy mix e sequenziamento, per valutare il loro contributo ad una crescita economica sostenibile, robusta e resiliente. Le politiche sul lato dell'offerta possono ancora svolgere un ruolo nella futura gestione delle risorse idriche, in particolare attraverso politiche di ingegneria soft o nature-based che utilizzano l'ambiente per gestire i problemi di carenza idrica mentre forniscono rilevanti benefici collaterali (e.g. altri servizi ecosistemici). Un interessante esempio di ingegneria soft nel Nordest italiano è quello delle Aree di Infiltrazione (sezione 4.1). Si noti che l'uso efficiente di queste risorse aggiuntive dovrebbe comunque basarsi su validi principi e strumenti economici.

3.4.3 *Accordi volontari*

Gli Accordi Volontari (AV) sono accordi negoziati tra agenti per agire o adottare pratiche a beneficio degli agenti individualmente contribuendo alla risoluzione dei problemi di assegnazione (173). Gli accordi volontari si basano su incentivi veramente volontari (vale a dire esclusi premi, sanzioni e altri obblighi regolamentati) e non monetari (al contrario dei PES). I contesti in cui può essere accolto un VA di successo possono essere difficili da trovare. La natura competitiva dei mercati rende difficile trovare opportunità non sfruttate per il profitto individuale. È nonostante possibile trovare spazio per i VA in problemi di assegnazione delle risorse idriche in Europa, dove i mercati dell'acqua sono rari (oppure espressamente vietati, il caso dell'Italia) e le compensazioni pecuniarie sono difficilmente realizzabili secondo il principio "chi inquina paga" (174). Il Nordest dell'Italia presenta uno dei casi di maggior successo dell'utilizzo di AV nel settore agricolo: la Cabina di Regia del Bacino del Po (159).

Il bacino del fiume Po è stato sempre maggiormente colpito da eventi di siccità dall'inizio di questo secolo. La siccità ha colpito il bacino negli anni 2003, 2006, 2007 e 2015, e lo stato di emergenza è stato dichiarato nel 2003, 2006 e 2007, per una durata totale di venti mesi (175). Le conseguenze economiche della siccità sono state fortemente avvertite nelle aree irrigate a valle del Fiume Po, lungo l'Emilia-Romagna. Anche gli usi ambientali, in particolare nel Delta del Po, sono stati influenzati dalla riduzione degli scarichi e dell'intrusione salina, che ha addirittura interrotto le forniture di acqua potabile nelle zone costiere (176). I modelli climatici e idrologici indicano che questa tendenza potrebbe aggravarsi in futuro. Con una bassa incertezza, le proiezioni climatiche dal 2020 in poi indicano uno spostamento del picco di deflusso primaverile da maggio ad aprile, che combinato con una riduzione delle precipitazioni e degli scarichi in primavera e in estate prolungherà e intensificherà la stagione secca idrologica e aumenterà lo stress idrico nel bacino (fino al + 25% in questo secolo secondo alcune stime) (177,178).

Tradizionalmente, la risposta alla siccità nel Bacino del Fiume Po e in Italia in generale ha seguito un approccio di command-and-control in cui il Dipartimento della Protezione Civile fissa restrizioni idriche specifiche per ciascun uso, con sanzioni a seguito in caso di non conformità. L'evento di siccità del 2003 ha aperto la strada all'instaurazione di un approccio coordinato, in cui le restrizioni idriche sono definite attraverso processi partecipativi consensuali nel contesto di un comitato direttivo sulla siccità o Cabina di Regia. Promosso dalla Autorità di Bacino del Fiume Po, la Cabina di Regia coinvolge le amministrazioni regionali (tra cui Emilia-Romagna, Trentino e Veneto); diverse commissioni per la bonifica e l'irrigazione; enti pubblici che supervisionano il funzionamento dei grandi laghi regolamentati; l'operatore italiano di distribuzione della rete; e le principali società produttrici di energia elettrica situate nel bacino. La Cabina di Regia si basa sull'impegno volontario dei principali settori interessati, con l'obiettivo di coordinarsi tra loro in modo da ritardare o impedire la dichiarazione dello stato di emergenza.

Durante l'evento del 2003, uno dei più intensi degli ultimi 30 anni, la Cabina di Regia ha condotto negoziati che hanno portato a una riduzione del 25-50% dei prelievi di irrigazione e ad un aumento dei rilasci d'acqua da bacini alpini e grandi laghi regolamentati (179). Sebbene insufficiente per ripristinare l'equilibrio nel bacino (lo stato di emergenza fu infine dichiarato), la decisione portò a un progressivo aumento dei flussi d'acqua nell'estuario del fiume Po. Data l'esperienza positiva nel 2003, la Cabina di Regia è stata ampliata nel 2005 per ideare un modo coordinato di monitoraggio e anticipazione delle future crisi idriche (180) e convocata nuovamente durante gli eventi di siccità del 2006/2007.

Dal 2003, la gestione della siccità nel bacino del Po è stata quindi caratterizzata da un approccio misto, basandosi inizialmente su un AV (Cabina di Regia) che viene sostituito da un meccanismo comando e controllo se la siccità non viene risolta o aggrava. In quest'ultimo caso, la Cabina di Regia svolge anche un ruolo rilevante come comitato consultivo. Le restrizioni all'irrigazione sono informate dal modello idrologico TOPKAPI (TOPographic Kinematic APproximation and Integration) dell'Agenzia Regionale per l'Ambiente e l'Energia dell'Emilia-Romagna, che ha contribuito ad una migliore comprensione delle conseguenze delle restrizioni all'irrigazione o dei rilasci d'acqua per gli utenti in tutto il bacino. Dopo un esperimento di 12 anni nel distretto del bacino del Po, l'Italia ha recentemente convalidato l'uso di AV tramite cabine di regia e ora sta passando da una gestione della siccità caratterizzata dall'approccio convenzionale di comando e controllo a un approccio misto in tutti i suoi bacini fluviali (181).

3.4.4 Assicurazioni agricole

Le politiche sopra citate mirano alla prevenzione delle perdite derivanti dalla contrazione dell'offerta di acqua e dall'allocazione inefficiente dal punto di vista della pianificazione. Tuttavia, ci sono danni che sono tecnicamente difficili da prevenire, e in alcuni casi potrebbe non essere nemmeno economicamente efficiente farlo. Inoltre, c'è

un livello di incertezza nella prevenzione della siccità che può causare danni imprevisi (182). L'agricoltura europea è un settore particolarmente vulnerabile alle proiezioni dei cambiamenti climatici: l'IPCC ritrae uno scenario di cambiamenti climatici per l'Europa caratterizzato da una diminuzione delle precipitazioni medie annuali e stagionali, nonché una intensificazione di eventi estremi come improvvise ondate di calore e siccità. Tempeste e inondazioni aumenteranno anche la loro frequenza e intensità. In alcune aree, temperature più elevate combinate con l'umidità potrebbero creare condizioni per una maggiore pressione da malattie fungine e altri parassiti. Inoltre, è probabile che le erbe infestanti competano ancora più di adesso contro colture come il mais (183). L'effetto combinato di questi effetti influenzerà i mercati internazionali e distorcerà i prezzi degli input e output agricoli (184). Alcuni cambiamenti climatici possono essere positivi nelle regioni dell'Europa settentrionale, ma la maggior parte di essi sarà negativa, interessando aree già colpite da cambiamenti ambientali o di altro tipo, in particolare le regioni dell'Europa meridionale e sud-orientale come il Nordest italiano. Sebbene la maggior parte di questi impatti non sarà avvertita fino al 2050, la forte tendenza al rialzo dei danni legati ai cambiamenti climatici sta già gonfiando le perdite di reddito in agricoltura, e questo si aggraverà anche a breve termine (185).

Seguendo una logica di costi-efficienza, sono stati fatti passi avanti verso l'innovazione nei sistemi di compensazione dei danni subiti dalle colture, compreso lo strumento dell'assicurazione. La compensazione dei danni è strettamente legata alle misure di prevenzione esistenti, che determinano la vulnerabilità alla siccità e quindi anche le perdite potenziali ed effettive. La compensazione del danno si sviluppa in genere attorno a tre pilastri:

- legge sulla responsabilità civile, utilizzata nei casi in cui il danno possa essere direttamente attribuito alla responsabilità di un agente, ad es. quando un regolamento o un accordo di siccità esistenti non viene rispettato da un agente e questo si traduce in un impatto negativo su altri utenti.
- l'assicurazione, che gestisce i rischi assicurabili che non sono responsabilità di agenti economici attraverso lo sviluppo di una serie di strategie di condivisione del rischio (186).
- gli aiuti di Stato, i quali si assumono la responsabilità per i danni derivanti dall'incertezza residua che non è assicurabile (187, 188). Inoltre, gli aiuti di Stato possono essere utilizzati per affrontare problemi di equità e sostenibilità nel settore assicurativo (ad es. attraverso sovvenzioni al premio di assicurazione) e problemi di solvibilità (ad es. attraverso la riassicurazione pubblica).

I limiti per l'implementazione di ogni strumento sono spesso vaghi. I concetti di danni prevenibili, responsabilità, assicurabilità, equità e incertezza residua sono complessi, contrastanti e in alcuni casi soggetti a interpretazione. Ciò è esacerbato da sovrapposizioni di ruoli istituzionali (locali, regionali, nazionali e sovranazionali) e da interessi in competizione tra gli utenti dell'acqua. In molti casi, queste sfide e obiettivi conflittuali sono stati affrontati attraverso politiche cosiddette di *grandfathering* come le leggi di emergenza ad hoc che si basavano fortemente sugli aiuti di Stato ex post (189). Tale approccio è ancora molto frequente Giappone, Australia e in alcuni paesi dell'UE, tra cui l'Italia (190). L'incertezza del clima futuro e il ruolo (spesso anche incerto) dello stato possono finire per spiazzare l'iniziativa privata (191). D'altra parte, laddove non è prevista alcuna forma di compensazione né pubblica né privata, è possibile aumentare gli incentivi volti a sostenere strategie spesso illegali come il prelievo eccessivo di acqua sotterranea durante la siccità che comporta la generazione di esternalità negative per le quali in molti casi nessuno è ritenuto responsabile (192). Infine, la crescente frequenza e intensità delle perdite economiche nel settore agricolo hanno aumentato in modo significativo l'onere che tali eventi impongono al bilancio pubblico ed è evidente la necessità di soluzioni innovative nei meccanismi di compensazione dei danni.

L'assicurazione è una strategia di condivisione del rischio attraverso la quale un agente (l'assicurato) trasferisce parte del rischio che sopporta a un altro agente (l'assicuratore), in cambio di un pagamento (il premio di rischio). A sua volta, l'assicuratore si impegna a utilizzare parte di questo premio per costituire un fondo di emergenza per coprire eventuali perdite imputabili al rischio assicurato. L'assicurazione offre una serie di vantaggi rispetto alle politiche alternative di compensazione dei danni alla siccità: contrariamente agli aiuti di Stato, l'assicurazione allevia le pressioni sul bilancio pubblico e, se correttamente progettata, non causa distorsioni al commercio; l'assicurazione denominata *risk-based pricing* (i.e. paga più chi è più esposto al rischio) incoraggia l'adozione di strategie di adattamento autonomo virtuose in quanto riducono l'esposizione al rischio e contribuiscono a prevenire i danni (ad es. diversificazione delle colture, tecniche e tecnologie per il risparmio idrico); infine, mentre le perdite non assicurate contribuiscono a compromettere la crescita economica, gli eventi assicurati sono "irrilevanti in termini di perdite economiche" (193).

I prodotti assicurativi sono eterogenei. Il livello di sviluppo degli schemi di assicurazione agricola differisce ampiamente da un paese all'altro, principalmente a seconda del livello di rischio affrontato e del supporto al sistema assicurativo da parte del settore pubblico. Gli schemi di assicurazione agricola più sofisticati offrono pacchetti completi di assicurazione del profitto / reddito atteso (ad es. Stati Uniti e Canada); altri limitano la loro copertura all'assicurazione contro le perdite nella resa agricola come risultato ad esempio da grandine, alluvione, siccità, ecc., e sono spesso combinati (ad es. in Spagna, Italia, Francia, Austria, e anche in paesi che offrono assicurazioni basate su indici come India, Messico, Brasile, Etiopia, ecc.); mentre alcuni paesi offrono polizze assicurative a rischio singolo (ad es. l'Australia). Complessivamente, è possibile classificare i prodotti assicurativi in base alla natura dell'assicuratore, alla copertura del rischio, alla responsabilità del rischio e al meccanismo di valutazione della perdita, come mostrato nella tabella 6.

Tabella 6 Tipologie di prodotti assicurativi

Variabile	Categoria	Esempi
Tipo di assicuratore	pubblico	Canada, Cipro, Grecia
	commerciale	Stati Uniti, Cina, America Latina, Caraibi, UE
	fondi di mutua	prevalentemente nei paesi in via di sviluppo
	assicurazione di mutua	paesi sviluppati
Copertura dei rischi	produzione	UE, Australia, Giappone
	fatturato	Stati Uniti
	reddito	Canada
Responsabilità	privata	Australia
	pubblico-privata	tutti gli schemi assicurativi con una penetrazione significativa al livello nazionale
Meccanismo di valutazione dei danni	valutazione in-loco	maggioranza degli schemi di assicurazione
	basata su indici	Australia

L'attuale sistema italiano di assicurazione agricolo inizia dopo l'introduzione del Fondo di solidarietà nazionale (NSF) (194). Il NSF ha istituzionalizzato la copertura delle perdite agricole dovute a variabili incontrollabili attraverso compensazioni pubbliche ex post; inoltre ha incluso e sviluppato per la prima volta interventi ex ante basati sull'assicurazione sovvenzionata. Durante i suoi primi 30 anni di attività, il 70% del budget dell'NSF era destinato a compensi ex post, mentre le sovvenzioni agli interventi ex ante hanno svolto un ruolo marginale (195).

Seguendo gli orientamenti dell'UE sulla gestione dei rischi agricoli (EC, 2001), il decreto legislativo 102/2004 ha modificato le priorità del NSF e ha dato un ruolo preminente agli strumenti ex ante per la promozione della copertura assicurativa attraverso sussidi pubblici per il pagamento di premi (196). Questa legge stabiliva anche

che le colture assicurabili sarebbero state escluse dalla compensazione ex post, causando una riduzione delle spese ex post e assegnando un ruolo più rilevante all'assicurazione agricola. Il valore del prodotto agricolo assicurato è cresciuto così del 38,5% nel periodo 2004-2012, invertendo la tendenza precedente che aveva ridotto il valore assicurato del 15,3% nel periodo 1998-2004 (197). Ciò ha comportato un mercato assicurativo maturo, in gran parte basato su sistemi assicurativi combinati che proteggono contro perdite nella resa agricola.

Insieme ad altre istituzioni dell'UE e Stati membri, l'Italia sta esplorando l'implementazione dell'assicurazione sul reddito, uno schema assicurativo unico che copre i rischi di resa e prezzi (198). La politica agricola comune (PAC) 2014-2020 comprende per la prima volta uno strumento di stabilizzazione del reddito agricolo "sotto forma di contributi finanziari ai fondi mutualistici". I fondi mutualistici sono un tipo di assicurazione partecipata da un pool di agricoltori che si capitalizzano per fornire assistenza reciproca. Lo strumento di stabilizzazione del reddito della PAC offre un risarcimento fino al 65% delle indennità corrisposte, a condizione che: i) le indennità compensino meno del 70% del mancato reddito; e ii) il calo del reddito sia superiore al 30% di una media triennale basata sui tre anni precedenti o sul periodo di cinque anni, escludendo il reddito annuo di entrata più elevato e più basso (199). I fondi comuni sono ammissibili anche per i contributi finanziari dell'UE relativi ai costi amministrativi di costituzione del fondo mutualistico (fino al 65% dei costi in modo decrescente) e ai contributi finanziari ai premi per l'assicurazione contro i rischi "causati da condizioni climatiche avverse o dall'insorgenza di una malattia animale o vegetale o di un'infestazione da parassiti o di un incidente ambientale ... che distrugga oltre il 30% della produzione annuale media dell'agricoltore nel triennio precedente o in una media triennale basata sul precedente periodo di cinque anni, esclusa la voce più alta e la più bassa" (fino al 65% del premio assicurativo dovuto) (200).

In Italia, le sovvenzioni dei premi hanno una soglia massima dell'80% del costo del premio per i contratti di assicurazione contro disastri naturali, nel caso in cui la franchigia ammonti ad almeno il 30% della produzione assicurata (20% nelle cosiddette aree svantaggiate - comprendente l'agricoltura di montagna e di collina e altre zone meno favorite). La soglia massima per la sovvenzione del premio scende al 50% nel caso in cui il contratto di assicurazione copra anche altri danni al di fuori della portata di disastri naturali catastrofici (ad es., a causa di eventi meteorologici avversi non catastrofici o parassiti) (195). Quest'ultimo sarebbe il caso dell'assicurazione sul reddito. Degno di nota, la soglia del 50% nello schema italiano è sotto la soglia massima per le sovvenzioni al premio al sostegno dell'UE, che è fissata al 65% (GU, 2009).

Nonostante la sua rilevanza decrescente, il sostegno pubblico ex post svolge ancora un ruolo fondamentale nel sistema assicurativo italiano post-riforma, in cui lo stato agisce come riassicuratore. Sono disponibili due sistemi di riassicurazione:

- riassicurazione non proporzionale per polizze di rischio combinate, attraverso un trattato *stop-loss* che tutela il budget aziendale quando il rapporto indennità-premio dell'assicurazione è compreso tra il 90% e il massimo del 160%. Il fondo di riassicurazione è finanziato attraverso una tassa sul premio pagato dagli agenti assicurati che oscilla tra l'8% e il 14%. Il fondo può coprire un massimo del 70% del valore assicurato. Questo sistema è applicato per l'assicurazione pluri-rischio, un tipo di assicurazione combinata in Italia.
- riassicurazione proporzionale per altri sistemi assicurativi attraverso il sistema di quote azionarie, in cui l'assicuratore e il riassicuratore condividono premi e rischi. Le compagnie di assicurazione devono pagare al fondo di riassicurazione almeno l'80% dei premi che rientrano nella quota del fondo. Il fondo può coprire fino al 50% del valore assicurato. Questo sistema è applicato per l'assicurazione multirischio, un altro tipo di assicurazione combinata in Italia (201).

Inoltre, il consorzio di Co-Riassicurazione contro i disastri naturali in agricoltura è stato fondato nel 2007 con l'obiettivo di promuovere l'introduzione di prodotti assicurativi innovativi attraverso la ripartizione dei rischi tra gli agenti privati che costituiscono il consorzio.

La collaborazione tra assicuratori privati e settore pubblico per la fornitura di assicurazioni sulla resa agricola ha reso possibile che i premi rimangano a livelli stabili e accessibili agli agricoltori, sia attraverso sovvenzioni ex ante che ri-assicurazione pubblica ex post, rendendo il sistema italiano uno dei sistemi di assicurazione agricola più avanzati nell'UE (190). Il sistema è adattato alla legislazione dell'UE e ampiamente compatibile con i requisiti della PAC. Inoltre, l'Italia ha aperto la strada allo sviluppo e al sostegno dei fondi mutualistici: il decreto 102/2004 (196) e la legge 388/2000 (202) hanno stabilito che i fondi mutualistici costituiti dalle cosiddette Commissioni di Difesa dovevano essere ammissibili a ricevere finanziamenti pubblici. Sebbene il progetto di legge non abbia finalmente ottenuto l'approvazione dall'UE, la nuova PAC 2014-2020 ha rilanciato i fondi mutualistici e ora fornisce "supporto alla costituzione di fondi comuni di investimento e all'indennizzo corrisposto da tali fondi agli agricoltori" (200). Ciò probabilmente aumenterà la rilevanza dei fondi comuni di investimento in Italia (203). Alcuni esempi di fondi comuni di investimento italiani sono il Fondo Multirischio Pomodoro da Industria Alessandria, il Fondo Mutualistico - difesa dalle epizoozie del CODIPRA Parma, il Fondo di mutualità consortile, il Fondo comune Danni considerato dalle avversità atmosferiche di Trento, il Fondo mutualistico consortile del CODIPRA Toscana e Agrifondo Mutualistico Veneto e Friuli.

D'altra parte, alcuni problemi impediscono lo sviluppo di un sistema assicurativo complessivo ed efficiente, anche nel Nord dell'Italia (comprese le regioni nord-orientali), dove il sistema è più sviluppato. Nonostante i passi avanti, le politiche di assicurazione attuali coprono solo la variabilità della resa agricola a causa di parassiti, eventi meteorologici avversi e disastri naturali, ma non affrontano rischi di mercato i quali risultano di crescente preoccupazione tra gli agricoltori e le istituzioni europee e nazionali. Il generoso meccanismo di sussidio italiano ha portato a uno dei più alti sussidi ai coefficienti di premio nell'UE, e questo è considerato una barriera per l'adozione di una copertura di rischio più completa (195,198).

4 Esempi di buone pratiche

In agricoltura, la risorsa idrica è posta sempre più sotto pressione dalla crescente domanda antropica e dalle condizioni climatiche. Diverse tecniche di infiltrazione e riutilizzo delle acque sono state esaminate negli ultimi decenni evidenziando come sia necessario un approccio più sostenibile. A livello decisionale, nuove normative europee, regionali e comunali promuovono lo sviluppo di tecnologie più avanzate e l'integrazione di servizi ecosistemici nella gestione della risorsa idrica. In questa sezione, sono presentati esempi di successo riproducibili in diversi contesti agricoli.

4.1 Area di Infiltrazione, Carmignano di Brenta

Negli ultimi 30-40 anni sono diventati evidenti i rischi per gli ecosistemi dipendenti dalle falde acquifere nelle pianure del Veneto e del Friuli. Il declino dei livelli delle falde acquifere a causa dell'eccessivo sfruttamento e degli impatti delle attività agricole ha portato alla scomparsa delle zone umide e dei fontanili. Tali effetti negativi probabilmente peggioreranno nei prossimi decenni a causa di una intensificazione della frequenza e dell'intensità dei periodi siccitosi. Una risposta concreta arriva dall'implementazione delle Aree di Infiltrazione (AFI), ovvero in interventi di tipo ingegneristico, ideati da Veneto Agricoltura nel 2007, che permettono di ricaricare le falde acquifere in modo controllato durante i periodi di maggiore disponibilità di risorsa idrica (da settembre ad aprile) incanalando le acque superficiali in aree agricole convertite a bosco, per poi utilizzare la risorsa durante il periodo irriguo (da aprile a settembre).

La realizzazione delle AFI segue e rispetta una serie di principi idraulici, ambientali, agronomici e forestali, strettamente interconnessi. Questo metodo innovativo, realizzato per la prima volta in Italia, consiste nel trarre beneficio dall'alto tasso di infiltrazione dei suoli localizzati al di sopra della fascia delle risorgive, convertendo le superfici agricole precedentemente coltivate a mais in foreste che consentono di massimizzare il tasso di infiltrazione. Il progetto prevede la creazione di canali di infiltrazione longitudinali a forma sinusoidale dove la risorsa idrica derivata da un vicino corso d'acqua è uniformemente distribuita nell'area di ricarica che divide il flusso disponibile equamente tra i singoli canali di infiltrazione. Ogni canale di infiltrazione ha strutture di controllo del livello dell'acqua che consentono al sistema di formare un "serbatoio".

La capacità di infiltrazione si aggira tra i 20-50 l / s / ha, a seconda della permeabilità del suolo. Lo stesso vantaggio è difficile da trovare in altri tipi di sistemi di ricarica degli acquiferi, che invece mostrano un significativo declino della capacità di infiltrazione nel tempo a causa dell'intasamento progressivo, il quale richiede una manutenzione onerosa e necessaria per recuperare i valori iniziali. Dal progetto alla realizzazione una AFI richiede circa 2 anni e ha una durata stimata di circa 30 anni a seguito del quale dovranno essere prese in considerazione le nuove condizioni per valutare il mantenimento o la conversione ad altro uso.

I riferimenti legislativi per la ricarica degli acquiferi sono nel Testo Unico Ambientale 152/2006 (art. 104 e 105), declinato al Piano delle Acque della regione Veneto, che regola la protezione della qualità delle acque e stabilisce misure specifiche per la gestione delle acque superficiali e sotterranee in capo alle autorità competenti che hanno la facoltà di autorizzare la ricarica dell'acquifero in condizioni controllate.

I fattori che possono limitare la diffusione di questa buona pratica dipendono dalle caratteristiche specifiche dell'area e comprendono: i) le caratteristiche del sottosuolo e del suolo, ovvero gli aspetti pedologici e idrogeologici che determinano la capacità di infiltrazione dell'area; ii) l'uso del suolo, ovvero ciò che si trova in cima al suolo, che influisce nuovamente sui processi di infiltrazione dell'acqua; iii) la disponibilità del terreno per l'installazione di sistemi di ricarica.

È dimostrato che il reddito proveniente dalla AFI è superiore a quello di altre colture tipiche come il mais o la soia, come riportato nel caso studio di Bosco Limite - la più grande AFI presente nella regione Veneto, con un'estensione di 2,5 ettari. È stata realizzata nel comune di Carmignano di Brenta (PD) su un terreno privato che in precedenza era dedicato alla coltivazione di mais. La AFI di Bosco Limite ha un carattere multifunzionale. Da un lato, la rete idrica artificiale collegata al fiume Brenta consente di ricaricare la falda acquifera di circa un milione di metri cubi di acqua per ettaro. Dall'altro, il progetto di riforestazione, che comprende circa 2.300 piante autoctone, oltre a favorire la depurazione delle acque, fornisce servizi ecosistemici come la produzione di biomassa, il sequestro e lo stoccaggio del carbonio e il ripopolamento dell'area di specie autoctone di flora e fauna. La falda acquifera è gestita dal Consorzio di bonifica del Brenta, con la collaborazione di Veneto Agricoltura e diverse autorità locali. In particolare, Bosco Limite è stato supportato da una decina di sponsor che sono stati attivamente coinvolti nel progetto per mitigare parte delle loro emissioni di CO₂.

La parte infrastrutturale della AFI di Bosco Limite stata inizialmente finanziata dal progetto Life+ AQUOR (2011-2015, budget totale di € 1.814.548). Veneto Agricoltura ha invece contribuito, grazie a fondi del Piano di Sviluppo Rurale 2007-2013, a coprire i costi relativi alla piantumazione degli alberi.

Il proprietario di Bosco Limite ha firmato due accordi di 10 anni nel 2011. Dal Comune di Carmignano di Brenta, il proprietario riceve 1.500 euro all'anno per l'apertura di Bosco Limite alla comunità locale ogni giorno e consentire lo svolgimento di attività ricreative ed educative. Il secondo accordo è stato invece siglato con il Consorzio di Bonifica Brenta dal quale il proprietario riceve un equivalente di 1.200 euro / ha all'anno per la fornitura del servizio idrico di infiltrazione. Inoltre, Bosco Limite produce legna da ardere ottenuta dalle normali attività di manutenzione della foresta che è sufficiente a soddisfare il fabbisogno annuale della famiglia del proprietario. La remunerazione del legname sarà quantificata al 30° anno di installazione della FIA. Sono inoltre previste maggiori entrate economiche derivanti dalla presenza di alberi per la produzione di tartufo.

Infine, con il supporto di Etifor Srl (spin-off dell'Università di Padova) è in fase di implementazione una AFI di 7 ettari a livello del Medio-Brenta. In questo contesto, Etra SpA (società di servizi idrici), Coldiretti Veneto (organizzazione sindacale per l'agricoltura) Etifor Srl e gli agricoltori coinvolti lavorano all'interno del gruppo operativo "Gruppo Operativo Brenta 2020 (GO Brenta 2020)", finanziato da Misura 16.1 del Programma di sviluppo rurale 2014-2020 (PSR). GO Brenta 2020 ha in programma di identificare le aree che potrebbero ospitare la nuova AFI ed esplorare meccanismi di finanziamento innovativi.



Figura 28 Vasca di sedimentazione di Bosco Limite^{xii}

4.2 Laghetti d'acqua / soluzione ecosistemica

Una delle strategie messe in atto per fronteggiare nell'immediato gli effetti del cambiamento climatico è attuare un processo di razionalizzazione nella raccolta dell'acqua nel periodo autunnale ed invernale, generalmente in

^{xii} Credits: Giulio Brotto. Fonte: <https://it-it.facebook.com/boscolimite/>

esuberano di risorsa rispetto ai fabbisogni, per far fronte alle sempre più frequenti crisi idriche estive. La soluzione consiste nello stoccaggio in invasi (da laghetti di poche migliaia di mc di volume utile, a servizio di singole aziende agricole, ad invasi a gestione consortile con volumetrie di almeno uno o due ordini di grandezza superiori), alimentati per gravità, o tramite sollevamento meccanico, dai vicini corsi d'acqua, per la successiva distribuzione tramite infrastrutture di irrigazione.



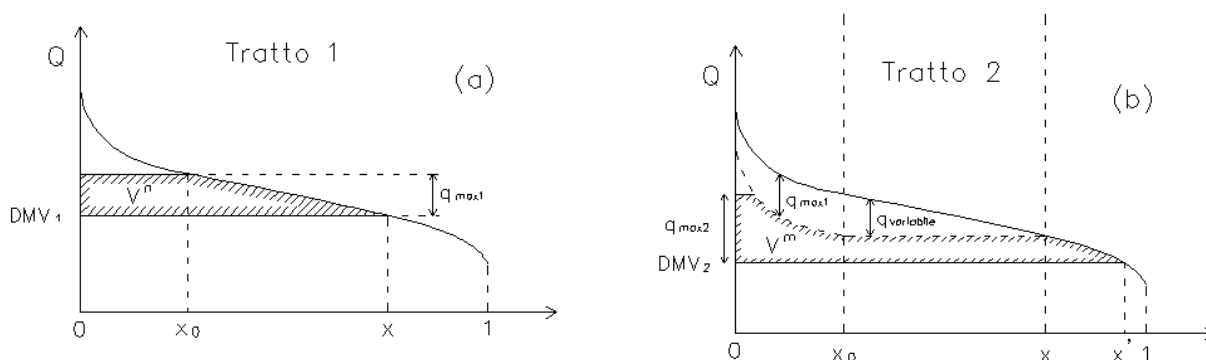
Figura 29 Azienda Agricola Tondini in località Brisighella (RA)

L'effetto dei prelievi stagionali e dei volumi di stoccaggio è quantificabile tramite la rappresentazione del regime idrologico di un generico corso d'acqua con la sua curva di durata delle portate (204), con l'apprezzabile vantaggio di considerare non solo la prospettiva dei singoli utenti di un generico tratto fluviale, ma gli effetti a cascata che i comportamenti di questi ultimi (i loro prelievi stagionali) hanno sugli utenti posti più a valle. Tale grafico, calcolato solitamente a partire da alcuni anni di portate medie giornaliere di un corso d'acqua, fotografa la frequenza (0 = mai, 1 = sempre) con cui i diversi valori di portata vengono mediamente raggiunti o superati, e viene dedotto separatamente per la stagione "estiva" o più genericamente "irrigua" (ad esempio il periodo maggio- ottobre) ed "invernale" (il resto dell'anno). L'esempio di figura 30 (a) tratta da (204) illustra la curva di durata naturale (in assenza di prelievi) di un tratto di fiume durante il periodo irriguo, il deflusso minimo vitale (definizione in parte superata che dà conto della portata minima fluviale al di sotto della quale ogni prelievo dovrebbe essere sospeso) ed il volume V_n assentito come prelievi nel tratto in esame. Per effetto di tali prelievi il tratto di fiume immediatamente successivo, di figura 30 (b), non potrà godere di tutta la portata naturale, ma solo di valori inferiori (curva depressa), prossimi al DMV per un maggior numero di giorni all'anno, rendendo quindi il prelievo per gli utenti di valle impossibile o quantomeno più difficoltoso (concentrato in un numero inferiore di giorni).

Gli stessi prelievi applicati al periodo non irriguo (*invernale*) avrebbero un effetto molto più limitato, al limite trascurabile per la grande abbondanza di deflussi comparata al periodo "irriguo". Il ruolo degli invasi ad uso irriguo è proprio quello di spostare i prelievi dal periodo estivo o irriguo a quello invernale, riducendo così la pressione antropica sul corso d'acqua ed aumentando allo stesso tempo la sicurezza dell'approvvigionamento idrico per la produzione agricola e la resilienza del sistema ai cambiamenti climatici.

Numerosi sono gli esempi di simili realizzazioni in contesti agricoli, per necessità a fronte di un sempre più evidente lo sbilanciamento tra domanda e disponibilità di risorsa, come nella vallata del Fiume Lamone -Torrente Marzeno, in Regione Emilia-Romagna, caratterizzata da colture decisamente idroesigenti a fronte di un regime torrentizio con scarse disponibilità idriche in periodo estivo, area dalla spiccata vocazione all'insediamento di invasi irrigui (205).

Figura 29 riporta, a chiusura di questa breve disamina, l'esempio della Azienda ortofruttivicola Tondini^{xiii} in località Brighella (RA), nella valle del Lamone, che si è da tempo dotata di un laghetto ad uso irriguo (da ben oltre 15 anni) in fregio al corso d'acqua, con volume utile di circa 30'000 mc su una superficie di circa 5000 mq. L'invaso, che viene riempito durante l'inverno, permette di coprire l'intero fabbisogno irriguo aziendale (per circa 3 ha di vigneto, 2 ha di frutteto e 5 ha di orticole) superando periodi di estrema siccità (come nell'anno 2003^{xiv}), pur conservando una riserva idrica di circa 1/3 del volume utile, potenzialmente in grado di supportare un ampliamento sostenibile della attività.



Curva di durata naturale, DMV e volumi prelevati V_n

Curva di durata nel tratto fluviale successivo

Figura 30 Rappresentazione schematica della curva di durata delle portate

4.3 Servizi climatici per agricoltura

All'interno del programma europeo quadro Horizon 2020 sono diverse le esperienze di servizi climatici dedicati all'agricoltura. Esempi di queste innovazioni si ritrovano nei progetti CLARA (Climate forecast enabled knowledge services, H2020, 2017-2020, www.clara-project.eu), MED-GOLD (MEDiterranean, Grape, OLive and Durum wheat, H2020) e VISCA (Vineyards Integrated Smart Climate Application, H2020).

Nell'ambito di CLARA, i servizi climatici sviluppati a supporto dell'agricoltura interessano il fabbisogno idrico reso esplicito a livello di coltura per un'area di interesse identificata tramite strumenti satellitari. WRI (Water Requirements for Irrigation) è, ad esempio, un servizio sviluppato dall'ente pubblico ARPAE e volto a massimizzare l'uso dell'acqua a livello di Consorzio di Bonifica, date le colture prodotte nell'area.

WRI usa tecnologie satellitari (accessibili continuamente e a costo zero) per fornire una mappatura esplicita delle colture che cresceranno nell'area di interesse. Il Consorzio di Bonifica è quindi in grado di conoscere la distribuzione spaziale degli interessi agro-economici dei consorziati in anticipo. Combinando previsioni climatiche settimanali e stagionali specifiche per la zona con il bilancio idrologiche per coltura nell'area, WRI fornisce un servizio di previsione di allocazione ottimale delle risorse acquifere in un clima che cambia.

Il servizio è costruito su esperienze pluriennali ed integra competenze nei settori dell'agronomia, del clima e delle scienze fisiche. La relazione a doppio filo con l'utente pilota (Consorzio della Burana) garantisce un

^{xiii} Azienda Agricola Tondini Luigi, Giancarlo e Scarpellini Pierina - Società Semplice, i dati di sintesi della azienda sono stati gentilmente forniti dalla proprietà per la stesura della presente monografia.

^{xiv} L'estate 2003 ha fatto registrare, per il fiume Po, una crisi idrica senza precedenti nella storia, come documentato da ANBI - <https://www.anbiemiliaromagna.it/?p=166>

processo di co-sviluppo che guarda alle esigenze rese esplicite del beneficiario e le rende operative. Il modello di business di lungo periodo garantisce sostenibilità e continuità con l'utente: il mandato pubblico di ARPAE fa sì che il servizio venga offerto gratuitamente per aumentare la resilienza della zona e che venga distribuito attraverso un sistema di licenze per supportare i costi di manutenzione. Richieste specifiche ed esplicite possono essere commercializzate separatamente

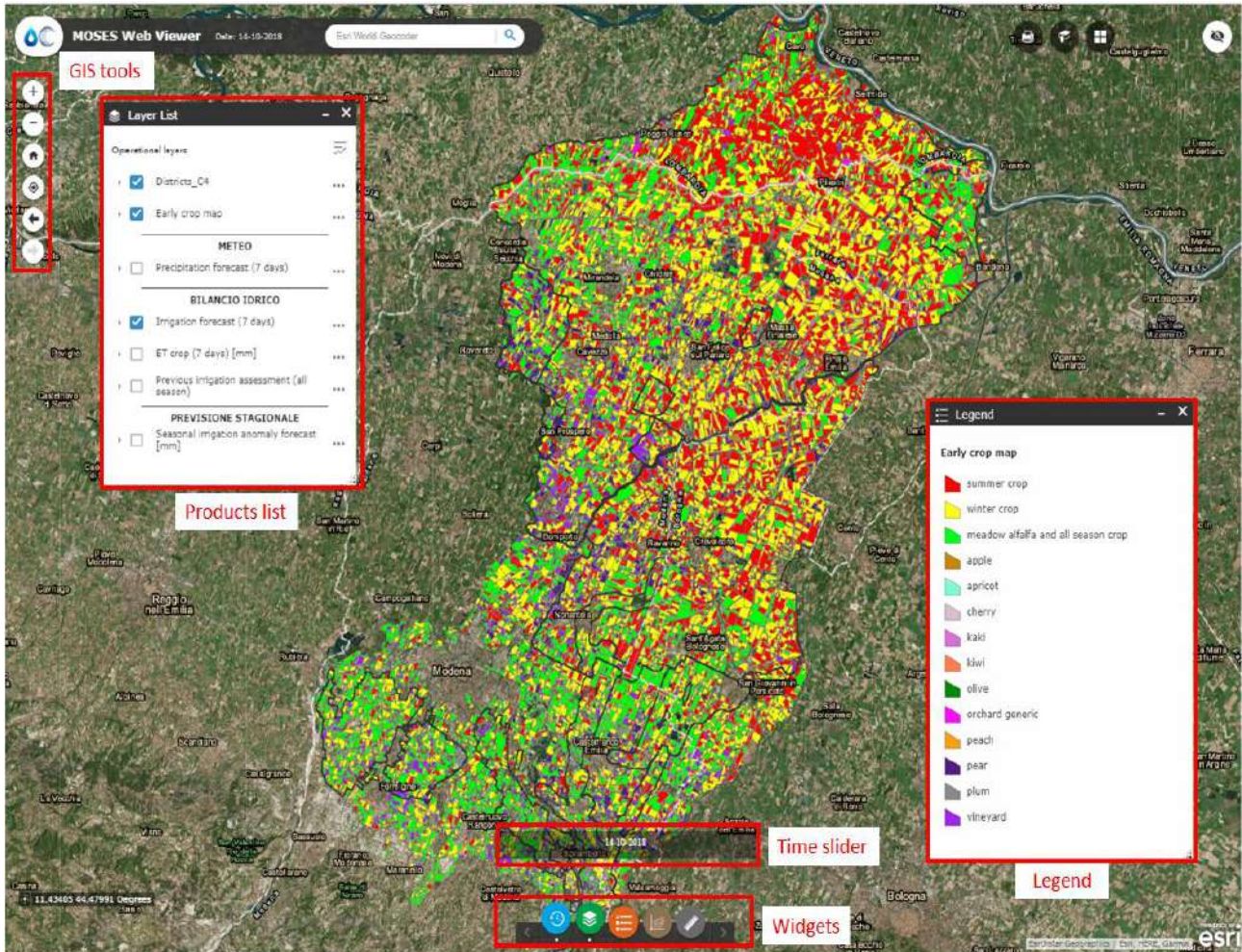


Figura 31 Esempio del servizio WRI, sviluppato da ARPAE nell'ambito del progetto CLARA (H2020)

L'innovazione apportata al settore agricolo in questo caso non è solo di contenuto (informazione), ma anche tecnica (strumenti di rilevazione remota applicati alle decisioni) e geografica (estensione dell'area di applicazione).

MED-GOLD (www.med-gold.eu), acronimo di "Turning climate-related information into added value for traditional MEDiterranean Grape, OLive and Durum wheat food systems" ovvero "Trasformare le informazioni legate al clima in valore aggiunto per i sistemi agro alimentari mediterranei tradizionali vite, olivo e grano duro", è un progetto europeo della durata di 4 anni che contribuisce a rendere l'agricoltura ed i sistemi agroalimentari Europei più resilienti, sostenibili ed efficienti per far fronte ai cambiamenti climatici, utilizzando i servizi climatici per minimizzare i rischi e i costi dovuti al clima e cogliere le opportunità per creare valore aggiunto

La produzione della vite e del vino è fortemente influenzata dalle condizioni meteo e dal clima, ed è dunque altamente vulnerabile ai cambiamenti climatici. In tale contesto, il progetto MED-GOLD propone servizi climatici sviluppando informazioni previsionali a medio (per i successivi 6 mesi) e a lungo termine (per i prossimi 30 anni). Al fine di garantire una conoscenza veramente fruibile, i servizi sono sviluppati insieme agli operatori nel settore.

Nello caso del vitivinicolo, il partner industriale nel progetto è la compagnia portoghese SOGRAPE Vinhos con la quale si sta sviluppando un servizio incentrato sulla valle del Douro, in Portogallo. Per la loro stessa natura, i servizi sono però replicabili ad aree agro climatiche diverse. Il servizio sviluppa infatti indici compositi di rischio per ridurre l'influenza di problematiche riscontrate anche in altre aree lungo tutta la filiera commerciale come, ad esempio, l'insorgenza di malattie della vite (e conseguenti trattamenti fito-sanitari).

Gli indici sono ottenuti identificando specifici fattori climatici di rischio (alte precipitazioni primaverili, basse temperature nella stagione colturale, etc...) sulla base dell'esperienza dei produttori. Il servizio si pone l'obiettivo di utilizzare le previsioni climatiche stagionali disponibili nell'ambito del programma europeo Copernicus per evidenziare con alcuni mesi di anticipo se la successiva stagione di crescita possa essere esposta ad una possibilità di insorgenza di malattie della vite più alta della norma.

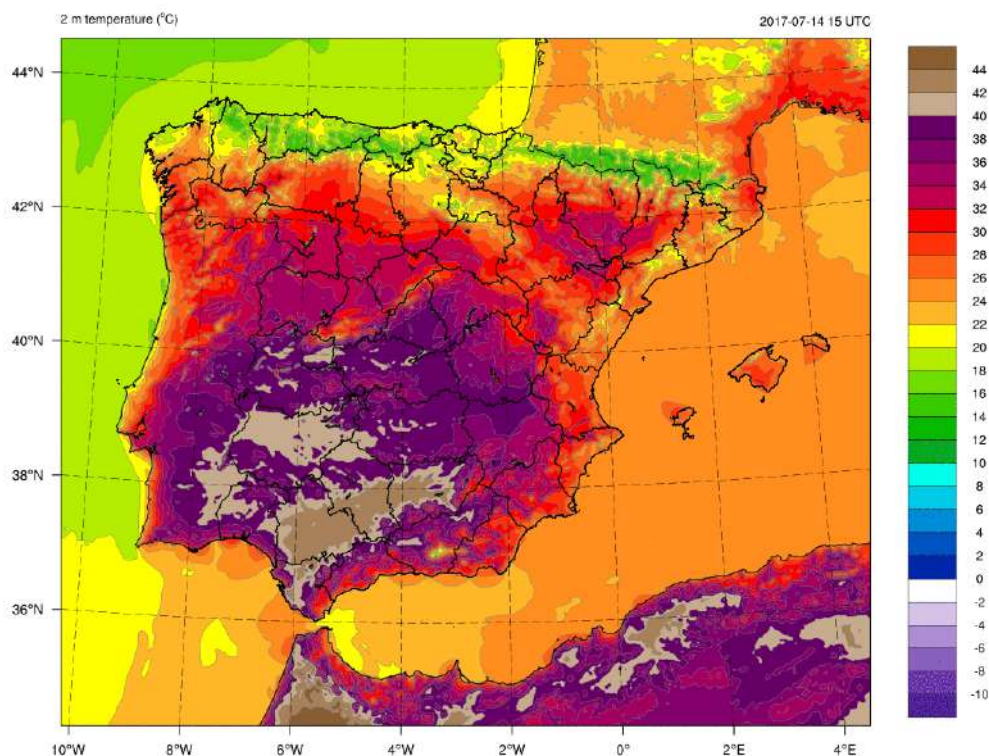


Figura 32 Esempio di un prodotto fornito dal progetto VISCA per la Spagna

Il progetto VISCA (Vineyards Integrated Smart Climate Application) è volto a trasformare l'industria del vino combinando variabili climatiche con aspetti agronomici e specificità richieste dall'utente finale per dare vita a strategie di adattamento ai cambiamenti climatici. Lo scopo è quello di fornire previsioni che aiutino le operazioni di gestione delle vigne proteggendo qualità e quantità dell'output. Il progetto prevede anche la valutazione del sistema di supporto alle decisioni in cooperazione con gli utenti finali (compagnie produttive nel Sud Europa). I servizi climatici guardano a tre scale temporali: eventi estremi (costruite sul meteo), previsioni stagionali e proiezioni climatiche.

I servizi sono applicati su tre aree di interesse: Spagna, Italia e Portogallo. Applicando dati e conoscenze prettamente scientifiche, VISCA fornisce informazioni operative. Il servizio è disponibile attraverso una piattaforma web e prevede anche l'utilizzo di un API al fine di lanciare il modello fenologico. In aggiunta, VISCA fornisce anche un'applicazione mobile per rendere la visualizzazione dei dati facile anche direttamente in campo dagli operatori.

A livello nazionale, è interessante l'esperienza di Hort@ Srl, nata come spinoff dell'Università Cattolica del Sacro Cuore. Hort@ fornisce servizi non solo climatici volti a creare le condizioni ottimali per un'agricoltura sostenibile. Fa parte dell'offerta anche granduro.net^{xv}, piattaforma web interattiva volta a supportare il processo decisionale dei managers e a fornire assistenza tecnica agli agricoltori stessi. Implementato a partire dal 2008, il servizio ha perfezionato le specifiche tecniche ed è entrato (a partire dalla stagione 2012-2013) all'interno della squadra dei servizi utilizzati da Barilla Spa. La piattaforma è accessibile 24 ore su 24 ed è regolata da una certificazione di partenariato pubblico-privato.

4.4 Risparmio idrico - incentivo prezzo

L'azione dell'UE sulla carenza idrica e la siccità ha invitato i responsabili politici a sviluppare strumenti che affrontino le restrizioni dell'irrigazione in modo conveniente ed equo, compresi i costi idrici e gli strumenti economici complementari (ad esempio l'assicurazione delle colture) (206). Tuttavia, l'effettiva scarsità d'acqua e la gestione della siccità a livello di bacino implicano una strategia reattiva e incrementale che si concentra in gran parte su nuove forniture e sul miglioramento dell'efficienza di quelle esistenti, anche in bacini chiusi con offerta anelastica (159). Quando inevitabilmente si verificano siccità, gli approcci di command-and-control e / o accordi volontari sono generalmente utilizzati per definire le restrizioni di irrigazione; ciò avviene nella maggioranza dei casi seguendo una regola proporzionale che limita una percentuale fissa dell'assegnazione di acqua dagli agricoltori - come accade in Italia. Per il caso della Regione Emilia-Romagna, Pérez-Blanco et al. (172) ha mostrato che questo sistema di riallocazione non è né costo-efficace (gli usi produttivi possono essere influenzati più negativamente rispetto ai meccanismi di riallocazione alternativi, tale come prezzi), né equo (impatti asimmetrici) per gli utenti dell'acqua. È importante sottolineare che le perdite di PIL a livello locale sono amplificate a livello macroeconomico attraverso feedback tra i settori economici della Regione Emilia-Romagna. Ciò è parzialmente, ma non completamente, compensato dalla crescita di PIL nel resto del territorio italiano.

Limitare i prelievi agli utenti con una maggiore produttività attraverso approcci di command-and-control e / o accordi volontari può avere un impatto negativo significativo sulla produzione agricola. D'altro canto, ridurre l'allocazione di acqua a quegli utenti con una minore produttività idrica ridurrebbe l'entità delle perdite economiche, e una frazione delle perdite di PIL evitate potrebbe essere utilizzata per compensare gli utenti con una minore produttività. Ciò potrebbe essere affrontato, ad esempio, attraverso la tariffazione dell'acqua e sovvenzioni incrociate. Un recente studio condotto nella Regione Emilia-Romagna mostra che i prezzi hanno prestazioni superiori in termini di rapporto costo-efficacia rispetto agli accordi volontari (207). Tuttavia, i costi politici e istituzionali della sua attuazione (definiti costi di transazione) sono probabilmente elevati (171).

Un caso ampiamente documentato, in cui l'uso di incentivi economici nell'agricoltura irrigua si è dimostrato efficace per ridurre la sovra-allocazione delle risorse idriche, è quello del Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale (208). La regione fa parte di un bacino fluviale con una disponibilità d'acqua molto bassa e quindi ricorre al prelievo di acqua da un grande canale proveniente dal fiume Po. Il modello di coltivazione è costituito da colture annuali come cereali, barbabietola da zucchero, sementi, ortaggi e frutta come pesche, nettarine, kiwi, albicocche, pere e uva da vino. Il prezzo dell'acqua si basa sull'unità volumetrica se l'acqua viene erogata in tubi, mentre viene addebitata per ettaro se viene consegnata in canali aperti. Laddove il prezzo è pagato in volume (m³), c'è una tariffa fissa (20,66 euro / ha) più una tariffa volumetrica - circa 0,17 euro / m³ - che è relativamente alta per l'Italia (171). La tariffazione volumetrica ha rilevanti effetti incentivanti: secondo le interviste condotte tra gli agricoltori, infatti, l'effetto prezzo scoraggia l'uso dell'acqua per l'irrigazione di colture

^{xv} <https://www.horta-srl.it/sito/portfolio-item/granoduro-net/>

annuali – che necessitano un’irrigazione intensiva, (come barbabietola da zucchero e sorgo) tradizionalmente effettuata quando l’acqua veniva prelevata da canali aperti con un prezzo fisso – ma non influisce negativamente sulla superficie delle colture redditizie, in particolare alberi da frutta e verdura (208).

4.5 Acque reflue in campo agricolo

Le acque reflue (o di scarico) appartengono alla categoria di acque le cui qualità, a seguito di una trasformazione naturale dell’ambiente causata dall’uomo, definita azione antropica, sono considerate non utilizzabili, in quanto contengono sostanze nocive per l’ambiente e per il genere umano. La loro remissione diretta in ambienti naturali come fiumi, mari, laghi, oceani, provoca grave danno alla salute dell’ecosistema. Le acque reflue sono classificate in base alla loro origine: domestica, industriale e urbana. Inoltre, le acque reflue sono categorizzate in base al loro utilizzo: *irriguo*, destinate al consumo umano o animale, alle colture per la produzione di energia elettrica, irrigazione di spazi verdi; *civile ed industriale* (209).

In Italia, la crescita della popolazione, lo sviluppo urbano, e l’incremento del turismo, sono fattori che hanno contribuito alla scarsità idrica e alla siccità, in particolare nella regione Mediterranea. Per prevenire le tecniche di utilizzo e di riuso delle acque reflue, una nuova direttiva è stata approvata dalla Commissione Europea. L’obiettivo principale è la promozione di un uso più sostenibile delle acque reflue nel contesto agricolo, rappresentando il settore a soffrire maggiormente della scarsità idrica. Gli eurodeputati affermano che incrementare il riutilizzo delle acque nell’agricoltura potrebbe ridurre lo stress idrico del 5% l’anno. Per garantire la sicurezza delle coltivazioni, nuove norme sono state introdotte a livello europeo delineando requisiti minimi per la qualità dell’acqua, l’adozione di monitoraggi frequenti e l’utilizzo di impianti di trattamento delle acque reflue per ridurre al meglio i rischi.

Secondo la direttiva europea, nuove norme per il recupero e riutilizzo delle acque reflue sono necessarie per attuare un processo sostenibile di tali risorse. La proposta prevede prescrizioni rigide sulla qualità delle acque depurate e sul relativo monitoraggio, al fine di garantire la protezione della salute umana, della salute animale e dell’ambiente. A livello ambientale i risultati prevederebbero significative riduzioni su vari fronti: riduzione degli attingimenti delle falde, riduzione degli scarichi e la riduzione delle quantità di fertilizzanti minerali distribuiti dalle colture. A livello agricolo, l’impiego irriguo delle acque reflue prevede che tali risorse siano assicurate anche in periodi di crisi idriche, prevede il possibile riutilizzo di nutrienti contenuti nel refluo e l’utilizzo più controllato della loro qualità.

La normativa italiana in tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle risorse idriche è delineata all’interno del Codice Ambiente nella parte terza del D.lgs. 152/2006. In particolare, la normativa agisce su diversi settori al fine di regolare l’uso dell’acqua e la sua salvaguardia, in ambito di difesa del suolo, del rischio idrogeologico e dell’inquinamento idrico. In aggiunta, alcune modifiche sono state attuate per facilitare la comunicazione tra istituzioni nazionali ed istituzioni europee. Ad esempio, l’art. 3 del D.lgs. 59/2008 (210), il quale ha prodotto l’art. 77 del Codice Ambiente, è volto a gestire ed a classificare in modo efficace gli obiettivi di qualità ambientale dei corpi idrici, attuati dall’ Art. 4 della direttiva quadro sulle acque. Il fine è di riformulare la norma in modo più chiaro e dettagliato possibile, in conformità alle discipline europee. Altre norme sono state presentate in materia di autorità di bacino, con lo scopo di migliorare la gestione dei bacini idrografici. Altre norme prevedono sanzioni penali in caso di mancato rispetto delle linee guida sullo scarico delle acque reflue. Nel complesso, queste norme risultano di scarsa efficacia, a causa della interconnessione e sovrapposizione delle competenze di alcune di esse; dell’integrazione tra normativa nazionale, regionale ed europea e dell’applicazione di atti e procedure derivanti da norme abrogate.

Il primo provvedimento legislativo in materia di acque volto alla gestione, al controllo e all’uso delle risorse idriche, è regolato da un quadro normativo L. n.36 del 5/1/94 (“Disposizioni in materia di risorse idriche”), noto

anche come “legge Galli” (211). La legge Galli ha radicalmente innovato la normativa delle risorse idriche, migliorando alcuni aspetti sul riordino e il riuso delle acque reflue; contribuendo ad una resa chiara e trasparente delle norme e delle regolamentazioni per tutti gli operatori. Oggi la Legge Galli è stata sostituita dalle disposizioni del Titolo II (dall’art. 147 all’art. 158) contenute nella Terza Parte del D.lgs.152/2006 – Testo Unico Ambientale (212); in cui tali disposizioni hanno riprodotto la disciplina che era contenuta nella Legge del 1994. In sostanza, la normativa italiana appare ancora debole nella gestione delle acque; ad esempio, la normativa non fa alcuna distinzione tra riuso delle acque a livello agricolo e civile. La terza parte del Testo Unico Ambientale delinea le norme in materia di difesa del suolo e tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione di risorse idriche (Artt. 53-176). La normativa è stata suddivisa in quattro sezioni: la sezione I, fa riferimento alle norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione (artt. da 53 a 72); la sezione II, riguarda la tutela delle acque dall’inquinamento (artt. da 73 a 140); la sezione III, si occupa della gestione delle risorse idriche (artt. da 141 a 169); infine la sezione IV tratta le disposizioni transitorie e finali (artt. da 170 a 176). Riassumendo, la tutela delle acque si basa sul mantenimento di obiettivi di qualità per i corpi idrici, i quali si riferiscono alle caratteristiche qualitative dei corpi, che devono mantenere i processi naturali di autodepurazione e devono supportare le comunità animali e vegetali. La normativa rappresenta quindi uno strumento essenziale per l’adeguata disciplina degli scarichi e pone l’obbligo dell’applicazione di valori limite di emissione definiti in relazione alle caratteristiche dei corpi idrici e degli obiettivi di qualità.

La normativa della Regione dell’Emilia-Romagna prevede in materia delle acque idriche, un approccio gestionale più organico ed innovativo a livello regionale, che si adegui alla normativa nazionale e comunitaria. L’Art. 75 definisce i requisiti di qualità e di limitazioni d’uso per le acque reflue destinate ad uso agricolo. Nel caso di colture agricole destinate al consumo alimentare la normativa regionale sottolinea l’utilizzo di metodi irrigui che riducano al minimo il contatto con l’acqua reflua depurata con le parti eduli. Inoltre, la normativa definisce che l’utilizzo irriguo delle acque reflue recuperate per colture agricole è subordinato al rispetto del codice di Buona Pratica Agricola. Gli apporti di azoto forniti dalle acque reflue recuperate non devono superare i carichi massimi previsti dalla legislazione regionale, e devono rispettare il rapporto di equilibrio tra il fabbisogno di azoto delle colture e l’apporto di azoto del terreno.

L’impianto di depurazione di acque reflue di Mancasale (Reggio Emilia) è un progetto finanziato dall’Unione Europea attraverso i programmi Life Plus Ambiente e ReQpro. L’impianto di depurazione di Mancasale è il primo impianto in Emilia-Romagna che prevede il trattamento terziario avanzato delle acque reflue destinate al riuso per il settore agricolo. Mancasale rappresenta un polo strategico per il territorio, sia per il miglioramento della qualità delle acque superficiali, sia per il recupero e il riutilizzo delle acque reflue a beneficio dell’ambiente e delle aziende agricole limitrofe.

L’obiettivo principale di ReQpro è di proteggere le risorse idriche irrigue tramite un efficiente recupero e riutilizzo delle acque reflue. Per raggiungere tale obiettivo si prevede lo sviluppo di uno specifico modello di recupero e riuso per irrigare colture agrarie di pregio. Gli obiettivi specifici sono:

- Raggiungere gli standard qualitativi definiti dal regolamento del riuso in agricoltura (DM 185/2003) (213) misurandone i costi e l’efficienza;
- Migliorare la quantità dell’acqua da distribuire di ciascun appezzamento e di bacino su colture di qualità tramite l’utilizzo di nuove pratiche di gestione dell’irrigazione
- Adozione di buone pratiche per il riuso delle acque reflue, per supportare l’implementazione del primo piano di gestione del Bacino del fiume Po e la predisposizione del secondo, in accordo con l’Art. 13 della Direttiva Quadro delle Acque 2000/60/CE (214);

- Determinare gli **effetti** ambientali **ed economici** dell'applicazione delle pratiche di riuso a livello del Bacino del Po;
- Presentare nuove tecniche agli agricoltori per l'utilizzo delle acque reflue.
- I risultati del progetto hanno dimostrato la fattibilità tecnico-economica e l'efficacia del modello proposto, costituito dall'impianto di trattamento terziario delle acque reflue, dalla rete di distribuzione delle acque e dalle aziende agricole coinvolte. In sintesi, i principali risultati del progetto sono stati:
- recupero e riuso di 3,5 milioni di m3 di acqua reflua su 5.500.000 m3 trattati con una riduzione dell'utilizzo delle acque di superficie e di falda;
- risparmio dell'energia utilizzata per il sollevamento dell'acqua irrigua dal fiume Po al bacino irriguo;
- riduzione dei rilasci di azoto (N) e fosforo (P) nelle acque di superficie, di circa 40 ton/anno di N e 5 ton/anno di P, limitando il rischio di inquinamento;
- miglioramento dell'efficienza della risorsa, recupero e riuso dei nutrienti e dell'acqua, in linea con i principi dell'economia circolare;
- il modello di riuso può essere replicato in diversi impianti nella Regione Emilia-Romagna.

I risultati del progetto ReQpro sono in conformità con le linee guida europee "Guidelines on Integrating Water Reuse into Water Planning and Management in the context of the WFD", il quale ha ottenuto risposte sorprendenti. IL successo del progetto consente di replicare l'esperienza in contesti simili permettendo l'adozione futuro di tale processo a livello europeo.

4.6 Pagamenti per servizi ecosistemici nel Consorzio di Bonifica Renana

Il Consorzio di Bonifica della Renana – costituito nel 1909 nel territorio del bacino idrografico di scolo del fiume Reno – è un ente pubblico che riunisce i proprietari di terreni e fabbricati, sia pubblici che privati, all'interno del suddetto comprensorio. Tale Consorzio assicura la gestione e regimentazione delle acque piovane e mantiene il presidio idrogeologico in zona montana, mentre si occupa dell'esercizio e della manutenzione della rete idraulica di sua proprietà in pianura

Data questa suddivisione di compiti il Consorzio di Bonifica Renana è suddiviso in due distretti:

- il distretto dei bacini di pianura (pari al 41% del comprensorio),
- il distretto dei bacini collinari e montani (pari al 59% del comprensorio)

il Consorzio ha commissionato gli studi all'Università di Bologna e al Nomisma/Airis, al fine di quantificare e monetizzare i servizi ecosistemici erogati dalla sua attività. Obiettivo fondamentale di questi studi è riformare il sistema tariffario per incorporare i servizi ecosistemici in modo da supportare strategie di sostenibilità e perequazione territoriale.

Il risultato di questi studi è stata la realizzazione di un quadro per identificare i servizi erogabili da un territorio agri-eco-food, come quello del Consorzio nel bacino di pianura, sulla base delle attività di distribuzione e regolazione svolte dall'ente. Per avere un consenso il più ampio possibile, l'elenco dei servizi ecosistemici individuati è stato esaminato da un Focus Group, gruppo degli stakeholders interessati e rappresentati da diversi soggetti: Città Metropolitana di Bologna, ARPAE, Regione Emilia-Romagna, Università di Bologna – DICAM, MIBACT - Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio Bologna, Bologna Welcome, FAI, Assoproprietari. In seguito a tale revisione il Focus Group ha identificato i seguenti servizi ecosistemici seguendo lo standard imposto da TEEB Agri-food: benessere e cultura (benessere psico-fisico, senso di appartenenza al luogo, valore estetico-culturale e turismo), supporto agli habitat (mantenimento della biodiversità genetica e conservazione di

specie animali e vegetali) e regolazione (fitodepurazione, regolazione del clima, prevenzione della subsidenza del terreno).

Oltre alla individuazione di tali servizi, è stato calcolato il valore economico degli stessi attraverso la tecnica del Benefit Transfer, basata su stime economiche ottenute da oltre 200 studi di rilevanza scientifica e successivamente trasferite nel territorio del Consorzio di Bonifica Renana. Con il *precautionary principle* (principio di cautela), è stato attribuito, con un buon grado di affidabilità, il valore di 2,7 milioni di euro all'anno ai servizi ecosistemici legati alla distribuzione di acqua del Consorzio.

Tale valore è stato utilizzato per ipotizzare un regime di PES nell'area di competenza dell'ente; attraverso un'attenta revisione della letteratura è emerso quanto i PES, in sistemi agri-eco-food, avvengano quasi esclusivamente attraverso il pagamento di un contributo economico da parte dell'ente istituzionale preposto al soggetto erogante il servizio. Questa soluzione, per quanto comunemente adottata, prevede un contributo indistinto da parte di tutti i contribuenti attraverso la fiscalità generale, invece di una richiesta diretta dell'ente erogatore ai soli beneficiari del servizio ecosistemico. Questo è dovuto principalmente a due fattori: il primo riguarda una mancanza dal punto di vista legislativo (non sono ancora stati integrati nelle normative questi casi), il secondo è invece dovuto ad una mancanza di studi e risorse supplementari necessarie per l'applicazione di un sistema più avanzato e dettagliato di contribuzione. Date queste motivazioni si ipotizza che un futuro sviluppo di questo PES dovrà coinvolgere necessariamente la Regione oltre al Consorzio di Bonifica Renana.

5 Conclusioni e prospettive

Il cambiamento climatico rappresenta un pericolo imminente per la vita e la salute umana e lo sviluppo sostenibile, in tutte le sue articolazioni ambientali, sociali ed economiche. Il quinto rapporto di valutazione del Gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico (IPCC) ha confermato che il riscaldamento globale è inequivocabile e in gran parte provocato da attività di origine antropica. L'agricoltura e il settore agro-alimentare contribuiscono in modo diretto e indiretto alle emissioni di gas ad effetto serra e sono tra i settori più vulnerabili agli impatti provocati dall'alterazione del clima e dagli eventi estremi.

Il Nordest è leader nella produzione agricola e agro-alimentare. Per mantenere la sua competitività e preservare l'innovazione, il Nordest deve stimolare le aziende agricole e agroalimentari a ridurre la propria impronta ecologica e ad adattarsi ai possibili impatti dei cambiamenti climatici. A tal fine, la ricerca descritta in questo rapporto ha individuato le seguenti azioni prioritarie:

Organizzazione di un forum dedicato all'agricoltura sostenibile, resilienza climatica e sicurezza alimentare. Tale forum, organizzato con cadenza annuale o bi-annuale e ospitato dalle regioni del Nordest, potrebbe rafforzare la comunità e garantire il confronto e l'impegno tra tutte le parti interessate che comprendono i produttori, le associazioni del settore, l'industria, le ONG, le amministrazioni pubbliche e gli enti di ricerca. Gli obiettivi del forum potrebbero includere:

- la revisione periodica del quadro conoscitivo dei rischi climatici e dei loro impatti al livello nazionale e regionale;
- lo scambio delle conoscenze, esperienze e buone pratiche tra i soggetti coinvolti e una maggiore sensibilizzazione ai problemi collegati alla sicurezza idrica, energetica e agroalimentare;
- l'identificazione di priorità comuni nella lotta ai cambiamenti climatici e l'organizzazione di gruppi di lavoro ritenuti strategicamente importanti per lo sviluppo del settore agro-alimentare nel Nordest.
- **Costituzione di un partenariato sul rischio climatico** che si avvalga dello straordinario patrimonio di ricerca applicata e di innovazione nel Nordest. Operando su base volontaria e coinvolgendo sia la ricerca accademica che industriale, tale partenariato dovrebbe elaborare e attuare le strategie dedicate a:
- massima diffusione dei dati climatici (osservazioni, rianalisi, previsioni e proiezioni), dei loro elaborati e dei servizi climatici;
- sviluppo delle metodologie e linee guida per la valutazione dei rischi e degli impatti dei cambiamenti climatici sulle imprese, sulla base delle raccomandazioni della 'Task Force on Climate-related Financial Disclosures'^{xvi};
- aggiornamento delle valutazioni dei rischi climatici, partendo dagli elaborati del Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici nonché dalle mappature di pericolosità e rischio prodotte dalle autorità competenti regionali e nazionali;
- sviluppo e diffusione dei servizi climatici dedicati al comparto agricolo e agroalimentare, nonché la custodia di un osservatorio dei servizi esistenti/operanti nel territorio.

Sviluppo di una piattaforma che consenta di accedere ai dati meteorologici e climatici in formato *open access*. Questa azione consiste nello sviluppo di un portale conoscitivo capace di stimolare la condivisione e l'uso dei dati, in conformità alla Direttiva sul riutilizzo delle informazioni del settore pubblico, ai fini di favorire le analisi dei costi e benefici delle misure di adattamento. Integrata nei geoportali regionali già esistenti, la

^{xvi} <https://investiresponsabilmente.it/glossario/task-force-climate-related-financial-disclosures/>

piattaforma dovrebbe facilitare l'accesso ai dati sovraregionali e servire da deposito ai dati anche di natura sperimentale e di ricerca, utili e riutilizzabili per la pianificazione territoriale e/o di adattamento.

Dare seguito alle disposizioni nazionali ed europee sul clima, sullo sviluppo sostenibile e sulla riduzione dei rischi provocati dai disastri. Spetta alle autorità e alle amministrazioni pubbliche (locali e regionali) attuare le normative nazionali e regolamentare, secondo la propria competenza, le disposizioni in materia di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici, sviluppo sostenibile ed economico. Nel rispetto della governance multi-livello, gli enti pubblici possono intervenire ai fini di:

- posizionare l'adattamento del comparto agricolo al centro dello sviluppo rurale e delle strategie di sviluppo delle aree interne/svantaggiate, riconoscendo il ruolo che l'agricoltura conservativa svolge nella conservazione della biodiversità e nella riduzione dei rischi idrogeologici;
- creare un contesto di supporto all'innovazione e alla competitività imprenditoriale del Nordest, incentivando gli investimenti che mirano a creare metodi innovativi di utilizzo efficace delle risorse naturali (come acqua, suolo e servizi ecosistemici);
- introdurre e facilitare i partenariati pubblico-privati, nonché le modalità di governo compatibili alla crescita intelligente, sostenibile e inclusiva;
- sottoporre le politiche e gli investimenti pubblici ad una valutazione di vulnerabilità e resilienza al cambiamento climatico che comprenda le dimensioni ambientali, sociali ed economiche e si inserisca all'interno di strategie più ampie di gestione del rischio.

Gli strumenti di gestione del rischio climatico possono contribuire efficacemente al raggiungimento degli obiettivi associati a molteplici politiche ambientali e socioeconomiche. L'uso ponderato di sinergie a livello micro-, meso- e macroeconomico sono un prerequisito per sviluppare un mix di politiche che sfrutti appieno le opportunità di miglioramento del benessere. Tali opportunità includono, ad esempio, l'utilizzo di nuove tecnologie di conservazione dell'acqua che possono aiutare a stabilizzare (se non aumentare) la produzione agricola. Queste tecnologie potrebbero contribuire non solo ad aumentare la produzione locale di biomassa e il reddito agricolo ma anche favorire la disponibilità idrica per altri usi.

Realizzare misure ecosistemiche in grado di preservare quantità e qualità delle risorse idriche essenziali per il settore agricolo. La letteratura scientifica conferma che i fenomeni climatici estremi (siccità, alluvioni, piogge intense), possono peggiorare gli effetti dell'inquinamento diffuso sulla qualità della risorsa idrica andando ad alterare i tassi di deflusso e ritenzione e quindi il dilavamento di sostanza organica, fertilizzanti e pesticidi utilizzati in agricoltura. È quindi fondamentale che le misure di adattamento siano pianificate in intima sinergia con la gestione delle pratiche agronomiche e con le politiche per contrastare l'inquinamento derivato dalle attività agricole e zootecniche. Misure ecosistemiche in grado di coniugare effetti benefici sulla quantità e qualità della risorsa idrica (es. foreste d'infiltrazione, infrastrutture verdi) andrebbero quindi valorizzate.

Istituire un sistema di indicatori per la valutazione dell'efficacia delle misure e delle politiche di adattamento al cambiamento climatico. Le politiche di adattamento definite a livello europeo e nazionale richiedono l'utilizzo di indicatori in grado di identificare gli impatti del cambiamento climatico sui settori vulnerabili, incluso il settore agricolo. Tali indicatori permetterebbero di comunicare adeguatamente ai decisori, in modo trasparente e affidabile, le informazioni sui rischi attesi negli scenari futuri e i rischi residuali derivanti dall'implementazione di strategie e misure di adattamento. Il monitoraggio degli indicatori di adattamento al cambiamento climatico dovrebbe quindi includere una valutazione dell'efficacia delle misure di adattamento (già in essere o pianificate) per mitigare i rischi, e riguardare una varietà di scale (dalle singole aziende agricole ai governi locali e nazionali) al fine di consentire l'attuazione delle migliori decisioni possibili.

6 Riferimenti bibliografici

1. Zebisch M, Vaccaro R, Niedrist G, Schneiderbauer S, Streifeneder T, Weiß M, et al. Rapporto sul Clima: Alto Adige 2018. Bolzano, Italia; 2018.
2. Gabriele Antolini, Pavan V, Tomozeiu R, Marletto V. Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna. Bologna, Italia; 2017.
3. ARPAFVG. Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in Friuli Venezia Giulia [Internet]. Palmanova, Italia; 2018. Available from: <http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهنگ>
4. IPCC WGI AR5. Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers. Clim Chang 2013 Phys Sci Basis Contrib Work Gr I to Fifth Assess Rep Intergov Panel Clim Chang. 2013;
5. Porter JR, Uk D, Uk JJ. Ch 07: Agriculture. 2014;485–533.
6. IPCC. Impacts of 1.5°C of {Global} {Warming} on {Natural} and {Human} {Systems}. In: Global warming of 15°C {An} {IPCC} special {Report} on the impacts of global warming of 15°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change [Internet]. IPCC. Geneva (Switzerland): Intergovernmental Panel on Climate Change; 2018 [cited 2014 Apr 7]. Available from: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/11/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf
7. IPCC. Special Report on Climate Change and Land [Internet]. Geneva (Switzerland); 2019 [cited 2019 Oct 2]. Available from: <https://www.ipcc.ch/srccl-report-download-page/>
8. EEA. Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. 2019;(04/2019):112. Available from: [file:///C:/Users/remi/AppData/Local/Mendeley Ltd./Mendeley Desktop/Downloaded/European Environment Agency - 2019 - Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe.pdf](file:///C:/Users/remi/AppData/Local/Mendeley%20Ltd./Mendeley%20Desktop/Downloaded/European%20Environment%20Agency%20-%202019%20-%20Climate%20change%20adaptation%20in%20the%20agriculture%20sector%20in%20Europe.pdf)
9. EEA. European Union emission inventory report 1990-2016 — European Environment Agency [Internet]. 2016. Available from: <https://www.eea.europa.eu/publications/european-union-emission-inventory-report-1>
10. Nemitz D. Overview of past work on agriculture. First Workshop of the Korovnia Joint Work on Agriculture, COP24, Katowice, Poland, 3 December 2018; 2018.
11. EC. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions An EU Strategy on Adaptation to climate COM(2013) 216 final change. 2013.
12. Dumitru M. The CAP towards 2020: Implementation of rural development policy. State of play of RDPs. presentation given at: 5th Meeting of the European Rural Networks' Assembly, Brussels, 11 December 2018; p. 2018.
13. CREA. Italian Agriculture in Figures [Internet]. 2017. Available from: [http://antares.crea.gov.it:8080/documents/10179/240330/Itaconta 2017_ ING_DEF_WEB2.pdf](http://antares.crea.gov.it:8080/documents/10179/240330/Itaconta%202017_ING_DEF_WEB2.pdf)
14. European Environment Agency. Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. 2019;(04/2019):112.
15. Supit I, van Diepen CA, de Wit AJW, Kabat P, Baruth B, Ludwig F. Recent changes in the climatic yield potential of various crops in Europe. Agric Syst. 2010;103(9):683–94.
16. IPCC. IPCC Special Report 1.5 - Summary for Policymakers. In: Global warming of 15°C An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 15°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change,. 2018.

17. Kovats RS, Valentini R, Bouwer LM, Georgopoulou E, Jacob D, Martin E, et al. 2014: Europe. *Clim Chang 2014 Impacts, Adapt Vulnerability Part B Reg Asp Contrib Work Gr II to Fifth Assess Rep Intergov Panel Clim Chang*. 2014;1267–326.
18. Kersebaum KC, Nain AS, Nendel C, Gandorfer M, Wegehenkel M. Simulated effect of climate change on wheat production and nitrogen management at different sites in Germany. *J Agrometeorol* [Internet]. 2008;(SPECIAL ISSUE 2):266–73. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-78049458327&partnerID=40&md5=13fa8c7f44d63480652dbc24013c03d3>
19. André G, Engel B, Berentsen PBM, Vellinga TV, Oude Lansink AGJM. Quantifying the effect of heat stress on daily milk yield and monitoring dynamic changes using an adaptive dynamic model. *J Dairy Sci*. 2011 Sep;94(9):4502–13.
20. Renaudeau D, Gourdine JL, St-Pierre NR. Meta-analysis of the effects of high ambient temperature on growth performance of growing-finishing pigs. *J Anim Sci*. 2011;89(7):2220–30.
21. Mills JN, Gage KL, Khan AS. Potential influence of climate change on vector-borne and zoonotic diseases: A review and proposed research plan. *Environ Health Perspect*. 2010 Nov;118(11):1507–14.
22. Tabachnick WJ. Challenges in predicting climate and environmental effects on vector-borne disease epistystems in a changing world. *J Exp Biol*. 2010 Mar;213(6):946–54.
23. De S, Rocque L, Rioux JA, Slingenbergh J. Climate change: effects on animal disease systems and implications for surveillance and control. Vol. 27, *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz*. 2008.
24. Teixeira EI, Fischer G, Van Velthuisen H, Walter C, Ewert F. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. *Agric For Meteorol*. 2013;170:206–15.
25. St.Clair SB, Lynch JP. The opening of Pandora's Box: climate change impacts on soil fertility and crop nutrition in developing countries. *Plant Soil*. 2010 Oct;335(1):101–15.
26. Ericksen P, Thornton P, Notenbaert A. Mapping hotspots of climate change and food insecurity in the global tropics: Appendix 1 SOFI Country Group Composition. *Change*. 2011;(June).
27. Berg A, De Noblet-Ducoudré N, Sultan B, Lengaigne M, Guimberteau M. Projections of climate change impacts on potential C4 crop productivity over tropical regions. *Agric For Meteorol*. 2013;170:89–102.
28. Kiselev S, Romashkin R, Nelson GC, Mason-D'Croz D, Palazzo A. *Russia's food security and climate change: Looking into the future*. Kiel: Kiel Institute for the World Economy (IfW); 2013.
29. IPCC. *Special Report on Climate Change and Land*. Ippc. 2019;
30. Tanasijevic L, Todorovic M, Pereira LS, Pizzigalli C, Lionello P. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agric Water Manag*. 2014;144:54–68.
31. Spinoni J, Naumann G, Vogt J V. Pan-European seasonal trends and recent changes of drought frequency and severity. *Glob Planet Change* [Internet]. 2017;148:113–30. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921818116301801>
32. Spinoni J, Vogt J V., Naumann G, Barbosa P, Dosio A. Will drought events become more frequent and severe in Europe? *Int J Climatol*. 2018;38(4):1718–36.
33. Bisselink B, Bernhard J, Gelati E, Adamovic M, Guenther S, Mentaschi L, et al. Impact of a changing climate, land use, and water usage on Europe's water resources. A model simulation study [Internet]. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2018. Available from: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC110927>
34. Gaume E, Ducrocq V. Chapter 3 Hydro-meteorological extremes. In: *The Mediterranean Region under Climate Change A scientific update*. IRD Editions; 2016. p. 133–44.
35. Olesen JE, Trnka M, Kersebaum KC, Skjelvåg AO, Seguin B, Peltonen-Sainio P, et al. Impacts and

- adaptation of European crop production systems to climate change. *Eur J Agron.* 2011;34(2):96–112.
36. Mohr S, Kunz M, Geyer B. Hail potential in Europe based on a regional climate model hindcast. *Geophys Res Lett* [Internet]. 2015;42(24):10904–12. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84955212822&doi=10.1002%2F2015GL067118&partnerID=40&md5=da00ffb5eef94c4fbcff18e2be84e9a1>
 37. Svobodová E, Trnka M, Dubrovský M, Semerádová D, Eitzinger J, Štěpánek P, et al. Determination of areas with the most significant shift in persistence of pests in Europe under climate change. *Pest Manag Sci.* 2014;70(5):708–15.
 38. Marchi S, Guidotti D, Ricciolini M, Petacchi R. Towards understanding temporal and spatial dynamics of *Bactrocera oleae* (Rossi) infestations using decade-long agrometeorological time series. *Int J Biometeorol* [Internet]. 2016;60(11):1681–94. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84962184506&doi=10.1007%2Fs00484-016-1159-2&partnerID=40&md5=93ca95778788a9633acebb2548770e6a>
 39. Ciscar; JC, Ibarreta; D, Soria; A, Dosio; A, A T, Ceglár; A, et al. Climate impacts in Europe: Final report of the JRC PESETA III project. 2018.
 40. Shrestha S, Hennessy T, Abdalla M, Forristal D, Jones MB. Determining short term responses of Irish dairy farms under climate change. *Ger J Agric Econ.* 2014;6(3):143–55.
 41. Van Passel S, Massetti E, Mendelsohn R. A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on European Agriculture. *Environ Resour Econ.* 2017 Aug;67(4):725–60.
 42. OECD-FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2015 [Internet]. Paris (France); 2015. Available from: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en
 43. Adaptation CC. Fao- Adapt Climate Change Adaptation. 2011;
 44. EC. Risk management schemes in EU agriculture. *EU Agric Mark Briefs* [Internet]. 2017;(12):16. Available from: https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/markets-and-prices/market-briefs/pdf/12_en.pdf
 45. Hudson P, de Ruiter M, de Ruig L, Persson M, Kuik O, Benoist A, et al. Insurance of weather and climate related disaster risk: Inventory and analysis of mechanisms to support damage prevention in the EU. 2017.
 46. Masseroni D, Ricart S, de Cartagena FR, Monserrat J, Gonçalves JM, de Lima I, et al. Prospects for improving gravity-fed surface irrigation systems in mediterranean european contexts. *Water (Switzerland).* 2017;9(1).
 47. European Commission. Regulation (EU) No 2018/841 of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU. *Off J Eur Union.* 2018;2018(October 2003):1–25.
 48. European Commission. A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European and Social Committee and the Committee. 2018;25.
 49. ISTAT. *Statistiche Istat.* 2019.
 50. IGC. *IGC.* 2019.
 51. Abate FS, Del Bravo F, Raeli M, Cafiero R. *I CEREALI BIOLOGICI QUADERNO TEMATICO 1.* 2019.
 52. ASSOMELA. *Al Prognosfruit le previsioni di produzione per il 2019.* 2019.
 53. Del Bravo F, Raeli M. *Bio in cifre 2019 (anticipazioni).* 2019.

54. ISMEA. Settore vitivinicolo. Scheda di Settore. 2019.
55. ISTAT. dati.istat.it. 2018.
56. Regione Veneto. www.regione.veneto.it. 2018.
57. Mediobanca. INDAGINE SUL SETTORE VINICOLO. 2019.
58. Hundecha Y, Arheimer B, Donnelly C, Pechlivanidis I. A regional parameter estimation scheme for a pan-European multi-basin model. *J Hydrol Reg Stud* [Internet]. 2016 Jun;6:90–111. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581816300155>
59. MATTM. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC [Internet]. Roma,,: Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; 2017. Available from: <http://www.pdc.minambiente.it/news-ed-eventi/piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici-consultazione-pubblica>
60. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington DC: Island Press; 2005.
61. Marsh GP. *Man and Nature: Or, Physical Geography as Modified by Human Action*. C. Scribner; 1864.
62. Gómez-Baggethun E, de Groot R, Lomas PL, Montes C. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecol Econ* [Internet]. 2010;69(6):1209–18. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77950325641&doi=10.1016%2Fj.ecolecon.2009.11.007&partnerID=40&md5=7ea2e1c35d95a4ec84fd63ee6e318469>
63. TEEB. TEEB for Agriculture & Food Interim Report [Internet]. Geneva, Switzerland; 2015. Available from: http://img.teebweb.org/wp-content/uploads/2015/12/TEEBAgFood_Interim_Report_2015_web.pdf
64. Dupras J, Laurent-Lucchetti J, Revéret J-P, DaSilva L. Using contingent valuation and choice experiment to value the impacts of agri-environmental practices on landscapes aesthetics. *Landsc Res* [Internet]. 2018;43(5):679–95. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85020217740&doi=10.1080%2F01426397.2017.1332172&partnerID=40&md5=0a5f49daf9e8ce74852c0521edc7ca69>
65. Dachary-Bernard J, Rambonilaza T. Choice experiment, multiple programmes contingent valuation and landscape preferences: How can we support the land use decision making process? *Land use policy* [Internet]. 2012;29(4):846–54. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84857802149&doi=10.1016%2Fj.landusepol.2012.01.002&partnerID=40&md5=62b0f6504c0a2a674a3aadd320fbbb93>
66. Sangkapitux C, Suebpongsang P, Punyawadee V, Pimpaoud N, Konsurin J, Neef A. Eliciting citizen preferences for multifunctional agriculture in the watershed areas of northern Thailand through choice experiment and latent class models. *Land use policy* [Internet]. 2017;67:38–47. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85019764283&doi=10.1016%2Fj.landusepol.2017.05.016&partnerID=40&md5=572d685437cb4e0a569d624e217bb7b7>
67. Wilson SJ. *Natural Capital in BC's Lower Mainland: Valuing the Benefits from Nature* [Internet]. The David Suzuki Foundation; 2010 Oct. Available from: <http://www.evri.ca/en/study/natural-capital-bcs-lower-mainland-valuing-benefits-nature-22>
68. Troy A, Bagstad K. *Estimating Ecosystem Services in Southern Ontario* [Internet]. Province of Ontario. Ministry of Natural Resources; 2009 Oct. Available from: <http://www.evri.ca/en/study/estimating-ecosystem-services-southern-ontario>
69. Dias V, Belcher K. Value and provision of ecosystem services from prairie wetlands: A choice experiment approach. *Ecosyst Serv* [Internet]. 2015;15:35–44. Available from:

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84938322350&doi=10.1016%2Fj.ecoser.2015.07.004&partnerID=40&md5=fe059c952d5e97e8454df79eb5f05741>

70. Chaikaew P, Hodges AW, Grunwald S. Estimating the value of ecosystem services in a mixed-use watershed: {A} choice experiment approach. *Ecosyst Serv* [Internet]. 2017 [cited 2018 Dec 29];23:228–37. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041616301164>
71. Baskaran R, Cullen R, Takatsuka Y. Estimating the value of agricultural ecosystem services: a case study of New Zealand pastoral farming. *Australas J Environ Manag* [Internet]. 2009 [cited 2018 Dec 29];16(2):103–12. Available from: <https://doi.org/10.1080/14486563.2009.9725224>
72. Southgate D, Haab T, Lundine J, Rodriguez F. Payments for environmental services and rural livelihood strategies in Ecuador and Guatemala. *Environ Dev Econ* [Internet]. 2010;15(1):21–37. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77951097443&doi=10.1017%2FS1355770X09005361&partnerID=40&md5=6f0a69cd569be63a76a8f4bd40ce56aa>
73. Wilson SJ. Natural Capital in British Columbia's Lower Mainland: Valuing the Benefits from Nature [Internet]. The David Suzuki Foundation; 2010 Oct. Available from: <http://www.evri.ca/en/study/natural-capital-bcs-lower-mainland-valuing-benefits-nature-22>
74. Baskaran R, Colombo S, Cullen R. Public preferences in irrigation and conservation development projects: Does simultaneous consideration of substitutes in choice sets matter? *Land use policy* [Internet]. 2013;33:214–26. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84873549721&doi=10.1016%2Fj.landusepol.2013.01.004&partnerID=40&md5=fdaf36f8a20420ed3dc3467fd0e5009c>
75. Galioto F, Marconi V, Raggi M, Viaggi D. An {Assessment} of {Disproportionate} {Costs} in {WFD}: {The} {Experience} of {Emilia}-{Romagna}. *Water* [Internet]. 2013 [cited 2016 Mar 21];5(4):1967–95. Available from: <http://www.mdpi.com/2073-4441/5/4/1967>
76. Alberini A, Rosato P, Longo A, Zanatta V. Information and willingness to pay in a contingent valuation study: The value of S. Erasmo in the Lagoon of Venice. *J Environ Plan Manag* [Internet]. 2005;48(2):155–75. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-16444380326&doi=10.1080%2F0964056042000338136&partnerID=40&md5=8f4876cb55040fb5022c03865775707a>
77. Chen M. Evaluation of Environmental Services of Agriculture in Taiwan [Internet]. Department of Agricultural Economics, National Taiwan University; 2005. Available from: <http://www.evri.ca/en/study/evaluation-environmental-services-agriculture-taiwan>
78. Aizaki H, Sato K, Osari H. Contingent valuation approach in measuring the multifunctionality of agriculture and rural areas in Japan. *Paddy Water Environ* [Internet]. 2006 Oct 21;4(4):217–22. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10333-006-0052-8>
79. Travisi CM, Nijkamp P. Willingness to Pay for Agricultural Environmental Safety: Evidence From a Survey of Milan, Italy, Residents [Internet]. Milano (Italy): Department of Management Economics and Industrial Engineering, Polytechnic of Milan; 2004 Oct. Available from: <http://www.evri.ca/en/study/willingness-pay-agricultural-environmental-safety-evidence-survey-milan-italy-residents>
80. B.C. Ministry of Agriculture and Lands C. Public Amenity Benefits and Ecological Services Provided by Farmland to Local Communities in the Fraser Valley: A Case Study in Abbotsford, B.C. [Internet]. B.C. Ministry of Agriculture and Lands, Canada; 2007 Oct. Available from: <http://www.evri.ca/en/study/public-amenity-benefits-and-ecological-services-provided-farmland-local-communities-fraser-0>
81. Voora V, Venema HD. An Ecosystem Services Assessment of the Lake Winnipeg Watershed Phase 1 Report – Southern Manitoba Analysis [Internet]. International Institute for Sustainable Development;

2008 Oct. Available from: <http://www.evri.ca/en/study/ecosystem-services-assessment-lake-winnipeg-watershed-phase-1-report-southern-manitoba>

82. Castellari S, Venturini S, Giordano F, Ballarin Denti A, Bigano A, Bindi M, et al. Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici [Internet]. Rome, Italy; 2014. Available from: http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/clima/snacc_2014_elementi.pdf
83. EC. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe’s Natural Capital. COM(2013) 249 final. 2013.
84. EC. Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities - Horizon 2020 - European Commission [Internet]. 2015 [cited 2017 Jul 24]. Available from: [/programmes/horizon2020/en/news/towards-eu-research-and-innovation-policy-agenda-nature-based-solutions-re-naturing-cities](http://programmes/horizon2020/en/news/towards-eu-research-and-innovation-policy-agenda-nature-based-solutions-re-naturing-cities)
85. Liqueste C, Kleeschulte S, Dige G, Maes J, Grizzetti B, Olah B, et al. Mapping green infrastructure based on ecosystem services and ecological networks: A Pan-European case study. *Environ Sci Policy* [Internet]. 2015;54:268–80. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901115300356>
86. Faivre N, Fritz M, Freitas T, de Boissezon B, Vandewoestijne S. Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environ Res*. 2017;159(Supplement C):509–18.
87. EC. Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020 (COM(2011) 244 final). 2011.
88. EC. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions ‘Roadmap to a resource efficient Europe’ COM(2011) 571 final. 2011.
89. MATTM. Le infrastrutture verdi e i servizi ecosistemici in Italia come strumento per le politiche ambientali e la green economy: potenzialità, criticità e proposte. Rome, Italy; 2013.
90. MATTM. Italian National Biodiversity Strategy [Internet]. Rome, Italy: Ministry for the Environment Land and Sea; 2010. p. 1–116. Available from: www.minambiente.it/5Cn1
91. MATTM. Strategia Nazionale per i Cambiamenti Climatici. 2015.
92. Mitchell MGE, Bennett EM, Gonzalez A. Linking Landscape Connectivity and Ecosystem Service Provision: Current Knowledge and Research Gaps. *Ecosystems*. 2013;16(5):894–908.
93. Vogt P, Ferrari JR, Lookingbill TR, Gardner RH, Riitters KH, Ostapowicz K. Mapping functional connectivity. *Ecol Indic* [Internet]. 2009 Jan;9(1):64–71. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X08000113>
94. Pascual-Hortal L, Saura S. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landsc Ecol*. 2006 Oct;21(7):959–67.
95. Saura S, Pascual-Hortal L. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landsc Urban Plan*. 2007 Nov;83(2–3):91–103.
96. Mezzalana G, Gusmaroli G, Niceforo U. Aree forestali di infiltrazione (AFI): principi, esperienze, prospettive. *Acque Sotter J Groundw*. 2014 Sep;(3/137):055–60.
97. Agostinetto L, Dalla Venezia F, Gusmaroli G. Managed Aquifer Recharge (MAR) demonstrative techniques for the quantitative restoration of the groundwater balance in the Vicenza Upper Plain. 2013.

98. Consorzio di Bonifica Brenta. Iniziativa sperimentale di ricarica della falda a Schiavon. 2008.
99. Dal Prà A, Mezzalana G, Niceforo U. Esperienze di ricarica della falda con aree forestali di infiltrazione. *Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater*. 2010;
100. Mastrocicco M, Colombani N, Salemi E, Boz B, Gumiero B. Managed aquifer recharge via infiltration ditches in short rotation afforested areas. *Ecohydrology*. 2016;9(1):167–78.
101. Ostrom V, Ostrom E. *Public {Goods} and {Public} {Choices}*. Indiana University, Workshop in Political Theory and Policy Analysis; 1977.
102. Giordano M, Villholth KG. The agricultural groundwater revolution: opportunities and threats to development [Internet]. CABI; 2007 [cited 2019 Oct 12]. Available from: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/36474>
103. Street R, Jacob D, Parry M, Runge T, Scott J, EC. A European research and innovation Roadmap for Climate Services. *Eur Comm*. 2015;
104. Hicks JR. The {Foundations} of {Welfare} {Economics}. *Econ J* [Internet]. 1939 [cited 2016 Oct 25];49(196):696–712. Available from: <http://www.jstor.org/stable/2225023>
105. Kaldor N. Welfare {Propositions} of {Economics} and {Interpersonal} {Comparisons} of {Utility}. *Econ J* [Internet]. 1939 [cited 2016 Oct 25];49(195):549–52. Available from: <http://www.jstor.org/stable/2224835>
106. Pigou A. *The {Economics} of {Welfare}* [Internet]. 4th ed. Palgrave Macmillan; 1932 [cited 2016 Oct 25]. Available from: <http://www.palgrave.com/la/book/9780230249318>
107. Jensen ME. Beyond irrigation efficiency. *Irrig Sci* [Internet]. 2007 [cited 2013 Oct 4];25(3):233–45. Available from: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00271-007-0060-5>
108. McCann L. Transaction costs and environmental policy design. *Ecol Econ*. 2013;88(C):253–62.
109. Perry C, Steduto P. Does improved irrigation technology save water? {A} review of the evidence. Cairo; 2017.
110. van der Kooij S, Zwarteveen M, Boesveld H, Kuper M. The efficiency of drip irrigation unpacked. *Agric Water Manag* [Internet]. 2013;123(Supplement C):103–10. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377413000759>
111. Lankford B. Fictions, fractions, factorials and fractures; on the framing of irrigation efficiency. *Agric Water Manag* [Internet]. 2012;108:27–38. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377411002174>
112. Kumar MD, Turrall H, Sharma BR, Amarasinghe UA, Singh OP. Water saving and yield enhancing micro-irrigation technologies in {India}: when and where can they become best bet technologies? In: *Managing water in the face of growing scarcity, inequity and declining returns: exploring fresh approaches* [Internet]. Patancheru, Hyderabad, India: International Water Management Institute (IWMI), South Asia Sub Regional Office; 2008 [cited 2017 Sep 11]. p. 1–36. Available from: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=QL2012001963>
113. Pérez-Blanco CD. Efficiency-oriented water management - {From} panaceas to actual solutions. In: *Conference {Proceedings}* [Internet]. Venice (Italy); 2017 [cited 2017 Oct 30]. Available from: <http://www.cmcc.it/it/events/cmcc-workshop-efficiency-oriented-water-management-from-panaceas-to-actual-solutions>
114. Hanak E, Lund J, Dinar A, Gray B, Howitt R, Mount J, et al. *California {Water} {Myths}*. 2009.
115. Meinzen-Dick R. Beyond panaceas in water institutions. *Proc Natl Acad Sci* [Internet]. 2007 Sep 25;104(39):15200–5. Available from: <http://www.pnas.org/content/104/39/15200.abstract>
116. Ostrom E. A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proc Natl Acad Sci* [Internet]. 2007 [cited 2016 Oct 25];104(39):15181–7. Available from: <http://www.pnas.org/content/104/39/15181>

117. Connor JD, Kaczan D. Principles for {Economically} {Efficient} and {Environmentally} {Sustainable} {Water} {Markets}: {The} {Australian} {Experience}. In: Schwabe K, Albiac J, Connor JD, Hassan RM, González LM, editors. Drought in {Arid} and {Semi}-{Arid} {Regions} [Internet]. Springer Netherlands; 2013 [cited 2017 Feb 27]. p. 357–74. Available from: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-6636-5_20
118. Tanveer M, Anjum SA, Hussain S, Cerdà A, Ashraf U. Relay cropping as a sustainable approach: problems and opportunities for sustainable crop production. *Environ Sci Pollut Res*. 2017;
119. Wilhelm WW, Wortmann CS. Tillage and rotation interactions for corn and soybean grain yield as affected by precipitation and air temperature. *Agron J*. 2004;
120. Sonwa DJ, Weise SF, Nkongmeneck BA, Tchatat M, Janssens MJJ. Structure and composition of cocoa agroforests in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Agrofor Syst*. 2017;
121. Chia EL, Fobissie K, Kanninen M. Exploring opportunities for promoting synergies between climate change adaptation and mitigation in forest carbon initiatives. *Forests*. 2016;
122. Blume H-P, Brümmer GW, Horn R, Kandeler E, Kögel-Knabner I, Kretzschmar R, et al. Scheffer/Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. Springer; 2010.
123. Plaza-Bonilla D, Arrúe JL, Cantero-Martínez C, Fanlo R, Iglesias A, Álvaro-Fuentes J. Carbon management in dryland agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2015.
124. Lal R. The soil–peace nexus: our common future. *Soil Sci Plant Nutr*. 2015;
125. Sombrero A, de Benito A. Carbon accumulation in soil. Ten-year study of conservation tillage and crop rotation in a semi-arid area of Castile-Leon, Spain. *Soil Tillage Res*. 2010;
126. OIV. 2019 Statistical Report on World Vitiviniculture. 2019.
127. Meloni G, Swinnen J. The Political Economy of European Wine Regulations. *J Wine Econ*. 2013 Dec;8(3):244–84.
128. Lamastra L, Suciú NA, Novelli E, Trevisan M. A new approach to assessing the water footprint of wine: an Italian case study. *Sci Total Environ*. 2014 Aug;490:748–56.
129. DOCG C di T. RAPPORTO ECONOMICO ANNUALE 2018 DISTRETTO DEL CONEGLIANO VALDOBBIADENE ATTRAVERSO LA STORIA DELLA DENOMINAZIONE: VALORE INESTIMABILE PER IL FUTURO DELLA COMUNITÀ. 2018.
130. DOCG C di TCVP. CONEGLIANO VALDOBBIADENE DOSSIER. 2019.
131. Pivato A, Barausse A, Zecchinato F, Palmeri L, Raga R, Lavagnolo MC, et al. An integrated model-based approach to the risk assessment of pesticide drift from vineyards. *Atmos Environ*. 2015 Jun;111:136–50.
132. Taglietti F, Duso C, Mori N, Tirello P, Causin R, Zanzotto A, et al. PROGETTO VITINNOVA INNOVAZIONI NELLA DIFESA DELLA VITE PER LA RIDUZIONE DEI TRATTAMENTI CON PRODOTTI FITOSANITARI. 2015.
133. Taglietti F, Nascimbene J, Ivan D, Zottini M, Barizza E, Petrin S, et al. PROGETTO ENDOFLORVIT. 2016.
134. Raio A, Feliciani A, Bisol D, D'Andrea GWDF, Trevisan M, Arman M, et al. PROGETTO RESIDUO 0 ELIMINAZIONE DEI TRATTAMENTI CHIMICI COMPORTANTI RESIDUI IN CAMPO ED IN CANTINA. 2016.
135. Zanin PG, Duso PC, Masin D ss. R, Loddo DD, Mori DN, Candida DC, et al. Progetto D.E.R.I.V.A. 2015.
136. Bloomfield JP, Williams RJ, Goody DC, Cape JN, Guha P. Impacts of climate change on the fate and behaviour of pesticides in surface and groundwater—a UK perspective. *Sci Total Environ*. 2006 Oct;369(1–3):163–77.

137. EFSA. Scientific risk assessment of pesticides in the European Union (EU): EFSA contribution to on-going reflections by the EC. Vol. 15, EFSA Supporting Publications. Wiley; 2018 Jan.
138. Ballabio C, Panagos P, Lugato E, Huang JH, Orgiazzi A, Jones A, et al. Copper distribution in European topsoils: An assessment based on LUCAS soil survey. *Sci Total Environ*. 2018 Sep;636:282–98.
139. Pappalardo SE, Gislimberti L, Ferrarese F, De Marchi M, Mozzi P. Estimation of potential soil erosion in the Prosecco DOCG area (NE Italy), toward a soil footprint of bottled sparkling wine production in different land-management scenarios. *PLoS One*. 2019 May;14(5).
140. Verheijen FGA, Jones RJA, Rickson RJ, Smith CJ. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. Vol. 94, *Earth-Science Reviews*. 2009. p. 23–38.
141. Compasso IG. Caso Prosecco - erosione del suolo: la lettera inviataci dal Consorzio e la nostra risposta. 2019.
142. Visentin F, Vallerani F. A countryside to sip: Venice inland and the Prosecco's uneasy relationship with wine tourism and rural exploitation. *Sustain*. 2018 Jun;10(7).
143. Smith P, Bustamante M, Ahammad H, Clark H, Dong H, Elsiddig EA, et al. Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). *Clim Chang 2014 Mitig Clim Chang Contrib Work Gr III to Fifth Assess Rep Intergov Panel Clim Chang*. 2014;811–922.
144. Hou Y, Velthof GL, Oenema O. Mitigation of ammonia, nitrous oxide and methane emissions from manure management chains: A meta-analysis and integrated assessment. *Glob Chang Biol [Internet]*. 2015;21(3):1293–312. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84923072002&doi=10.1111%2Fgcb.12767&partnerID=40&md5=d118690187dd656ac1361ac3fbdfa9df>
145. Randall A. Property Entitlements and Pricing Policies for a Maturing Water Economy. *Aust J Agric Resour Econ*. 1981;25(3):195–220.
146. UN. {UN}-{Water} {Status} {Report} on the {Application} of {Integrated} {Approaches} to {Water} {Resources} {Management} for {Rio}+20 [Internet]. 2012. Available from: <http://www.unwater.org/publications/status-report-on-integrated-water-resources-management/en/>
147. Gómez CM, Pérez-Blanco CD, Adamson D, Loch A. Managing Water Scarcity at a River Basin Scale with Economic Instruments. *Water Econ Policy [Internet]*. 2017 [cited 2018 May 10];04(01):1750004. Available from: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S2382624X17500047>
148. Wunder S. Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecol Econ [Internet]*. 2015;117:234–43. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800914002961>
149. Brauman KA, Daily GC, Duarte TK, Mooney HA. The {Nature} and {Value} of {Ecosystem} {Services}: {An} {Overview} {Highlighting} {Hydrologic} {Services}. *Annu Rev Environ Resour [Internet]*. 2007 [cited 2019 Oct 12];32(1):67–98. Available from: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.031306.102758>
150. Reynaud A, Lanzasova D. A Global Meta-Analysis of the Value of Ecosystem Services Provided by Lakes. *Ecol Econ [Internet]*. 2017;137:184–94. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85015715282&doi=10.1016%2Fj.ecolecon.2017.03.001&partnerID=40&md5=5039718b316a06be872b393320b2407e>
151. Porras I, Aylward B, Dengel J. Monitoring payments for watershed services schemes in developing countries [Internet]. 2013 [cited 2019 Oct 12]. Available from: <https://www.jstor.org/stable/resrep18087>
152. Gomez-Baggethun E, De Groot R. Natural capital and ecosystem services: The ecological foundation of human society. Hester R.E. HRM, editor. *Issues Environ Sci Technol [Internet]*. 2010;30:105–21. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84872073164&partnerID=40&md5=060fec3690b10b038b20bb53c1d39d98>

153. Pettenella D, Vidale E, Gatto P, Secco L. Paying for water-related forest services: A survey on Italian payment mechanisms. *iForest - Biogeosciences For.* 2012;5(4):210–5.
154. Ferraro PJ, Simpson RD. The {Cost}-{Effectiveness} of {Conservation} {Payments}. *Land Econ* [Internet]. 2002 [cited 2019 Oct 12];78(3):339–53. Available from: <http://le.uwpress.org/content/78/3/339>
155. Muradian R, Arsel M, Pellegrini L, Adaman F, Aguilar B, Agarwal B, et al. Payments for ecosystem services and the fatal attraction of win-win solutions. *Conserv Lett* [Internet]. 2013 [cited 2019 Oct 12];6(4):274–9. Available from: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1755-263X.2012.00309.x>
156. OECD. Paying for {Biodiversity} - {Enhancing} the {Cost}-{Effectiveness} of {Payments} for {Ecosystem} {Services} - en - {OECD} [Internet]. Paris (France); 2010 [cited 2019 Oct 12]. Available from: <https://www.oecd.org/env/paying-for-biodiversity-9789264090279-en.htm>
157. Engel S, Pagiola S, Wunder S. Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecol Econ.* 2008;65(4):663–74.
158. EEA & OECD. European {Environment} {Agency}-{Organization} for {Economic} {Co}-operation and {Development} {Database} on economic instruments [Internet]. European Environment Agency-Organization for Economic Co-operation and Development. 2013 [cited 2013 Sep 30]. Available from: <http://www2.oecd.org/ecoinst/queries/>
159. Rey D, Pérez-Blanco CD, Escrivá-Bou A, Girard C, Veldkamp TIE. Role of economic instruments in water allocation reform: lessons from Europe. *Int J Water Resour Dev* [Internet]. 2018;1–34. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85040992427&doi=10.1080%2F07900627.2017.1422702&partnerID=40&md5=f642405004ad275915770f171b790931>
160. OJ. Regulation ((EU)) {No} 1308/2013 of the {European} {Parliament} and of the {Council} of 17 {December} 2013 establishing a common organisation of the markets in agricultural products and repealing {Council} {Regulations} ((EEC)) {No} 922/72, ((EEC)) {No} 2 [Internet]. 2013. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32013R1308>
161. Perry C. Accounting for water use: {Terminology} and implications for saving water and increasing production. *Agric Water Manag* [Internet]. 2011 [cited 2013 Oct 4];98(12):1840–6. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377410003197>
162. Feldman AM. Welfare economics. In: Durlauf SN, Blume LE, editors. *The {New} {Palgrave} {Dictionary} of {Economics}* [Internet]. 2nd ed. Basingstoke: Nature Publishing Group; 2008 [cited 2016 Oct 25]. p. 721–31. Available from: http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde2008_W000050
163. Rogers P, de Silva R, Bhatia R. Water as an economic good : how to use prices to promote equity, efficiency and sustainability. *Water Policy.* 2002;4(1–17).
164. Mendelsohn RO. Adaptation, {Climate} {Change}, {Agriculture}, and {Water}. *Choices* [Internet]. 2016 [cited 2016 Oct 25];Quarter 3. Available from: <http://www.choicesmagazine.org/choices-magazine/theme-articles/theme-overview-water-scarcity-food-production-and-environmental-sustainabilitycan-policy-make-sense/adaptation-climate-change-agriculture-and-water>
165. Adamson D, Loch A. Achieving environmental flows where buyback is constrained. *Aust J Agric Resour Econ* [Internet]. 2017;n/a--n/a. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1467-8489.12231/abstract>
166. Briscoe J. Water as an economic good: the idea and what it means in practice. In Cairo (Egypt); 1996.
167. GU. Abrogazione parziale, a seguito di referendum popolare, del comma 1 dell'articolo 154 del decreto legislativo n. 152 del 2006, in materia di determinazione della tariffa del servizio idrico integrato in base all'adeguata remunerazione del capitale investi. 2011.

168. Pineschi G, Colaizzi. La definizione dei costi ambientali e della risorsa. Bologna; 2014.
169. AAEGSI. Individuazione ed {Esplicitazione} dei {Costi} {Ambientali} e della {Risorsa} nel {Metodo} {Tariffario} {Idrico} ({MTI}). 2014.
170. Loch A, Gregg D. Salinity management in the Murray-Darling Basin: a transaction cost study. *Water Resour Res*.
171. Santato S, Mysiak J, Pérez-Blanco CD. The Water Abstraction License regime in Italy: A case for reform? *Water (Switzerland)* [Internet]. 2016; Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84964319820&partnerID=MN8TOARS>
172. Pérez-Blanco CD, Koks EE, Calliari E, Mysiak J. Economic impacts of irrigation-constrained agriculture in the lower Po basin. *Water Econ policy*. 2017;
173. Lago M, Mysiak J, Lago M, Gómez CM, Delacámara G, Maziotis A. Use of economic instruments in water policy: Insights from international experience [Internet]. *Use of Economic Instruments in Water Policy: Insights from International Experience*. 2015. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84955724288&partnerID=MN8TOARS>
174. Lindhout PE, Broek V den, Berthy. The {Polluter} {Pays} {Principle}: {Guidelines} for {Cost} {Recovery} and {Burden} {Sharing} in the {Case} {Law} of the {European} {Court} of {Justice} [Internet]. Rochester, NY; 2014 [cited 2016 Feb 26]. Available from: <http://papers.ssrn.com/abstract=2436984>
175. PRBA. Crisi idrica estate 2015 - {Cabina} di {Regia} [Internet]. 2015 [cited 2015 Jul 30]. Available from: <http://www.adbpo.it/on-multi/ADBPO/Home/articolo1559.html>
176. Mysiak J, Carrera L, Puma F, Pecora S, Farinosi F, Amadio A, et al. Distretto Idrografico Padano. In: Castellari S, editor. *Strategia Nazionale per l'adattamento ai cambiamenti climatici*. 2013.
177. Coppola E, Verdecchia M, Giorgi F, Colaiuda V, Tomassetti B, Lombardi A. Changing hydrological conditions in the Po basin under global warming. *Sci Total Environ*. 2014 Sep;493:1183–96.
178. Vezzoli R, Mercogliano P, Pecora S, Zollo AL, Cacciamani C. Hydrological simulation of Po River (North Italy) discharge under climate change scenarios using the RCM COSMO-CLM. *Sci Total Environ* [Internet]. 2015 Jul 15;521–522(0):346–58. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971500371X>
179. PRBA. Protocollo di {Intesa}. Parma (Italy); 2003.
180. PRBA. Attività unitaria conoscitiva e di controllo del bilancio idrico volta alla prevenzione degli eventi di magra eccezionale nel bacino idrografico del fiume {Po} [Internet]. Parma (Italy); 2005. Available from: <http://www.adbpo.it/on-multi/ADBPO/Home/Pianificazione/Attivita dipianificazione/Perilbilancioidrico/Attivita dicostruzione del Piano/docCatProtocollo dintesa-Attivita unitaria conoscitiva e di controllo del bilancio idrico volta alla prevenzione degli eventi di magra eccezio>
181. AdBPo. Istituzione dell' {Osservatorio} {Permanente} sugli utilizzi idrici nel {Distretto} {Idrografico} del {Fiume} {Po} [Internet]. Rome (Italy); 2016. Available from: https://pianobilancioidrico.adbpo.it/wp-content/uploads/2017/06/Protocollo_Osservatorio_definitivo.pdf
182. Mendelsohn RO, Dinar A. *Climate {Change} and {Agriculture}: {An} {Economic} {Analysis} of {Global} {Impacts}, {Adaptation} and {Distributional} {Effects}*. Edward Elgar Publishing; 2009.
183. IPCC. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability Part A: Global and Sectoral Aspects Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2014. p. 1–32.
184. OECD. *Water Resources Allocation: Sharing Risks and Opportunities* [Internet]. OECD Studi. Paris:

- OECD Publishing; 2015. Available from: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229631-en>
185. UNISDR. Number of climate-related disasters around the world (1980–2011). United Nations International Strategy for Disaster Reduction. 2012.
 186. Sugarman SD. Roles of Government in Compensating Disaster Victims. Berkeley Electron Press. 2006;
 187. Falco S Di, Adinolfi F, Bozzola M, Capitanio F. Crop {Insurance} as a {Strategy} for {Adapting} to {Climate} {Change}. *J Agric Econ* [Internet]. 2014 [cited 2015 Jul 13];65(2):485–504. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1477-9552.12053/abstract>
 188. Paudel Y, Botzen WJW, Aerts JCJH. A Comparative Study of Public—Private Catastrophe Insurance Systems: Lessons from Current Practices. *Geneva Pap.* 2012;37:257–285.
 189. Meuwissen MPM, Huirne RBM, Skees JR. Income Insurance in European Agriculture. *EuroChoices.* 2003;2(1):12–17.
 190. Bielza M, Conte C, Gallego F, Stroblmair J, Catenaro R, Dittman C. Risk Management and Agricultural Insurance Schemes in Europe. Ispra (Italy): Joint Research Centre; 2009. Report No.: EUR 23943 EN.
 191. NRAC. Feasibility of agricultural insurance products in {Australia} for weather-related production risks [Internet]. 2012 [cited 2014 Apr 14]. Available from: http://www.daff.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/2207967/nrac-agricultural-insurance-report.pdf
 192. Gómez CM, Pérez-Blanco CD. Do drought management plans reduce drought risk? A risk assessment model for a Mediterranean river basin. *Ecol Econ.* 2012 Apr;76:42–8.
 193. Peter G, Dahlen S, Saxena SC, Von Peter G, Von Dahlen S, Saxena SC. Unmitigated Disasters?: New Evidence on the Macroeconomic Cost of Natural Catastrophes. Vol. 394, BIS Working Paper. 2012. 1–28 p.
 194. GU. Istituzione del Fondo di solidarietà nazionale. Law 1970.
 195. ISMEA. A Fair Value actuarial model for natural disaster risk in agriculture. Istituto di servizi per il mercato agricolo alimentare; 2011. Report No.: 1.
 196. GU. Decreto {Legislativo} 102/2004. 2004.
 197. ISMEA. Rete di {Rilevazione} {Prezzi} {ISMEA} [Internet]. Prezzi mensili - ISMEA. 2016. Available from: <http://www.ismea.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/27>
 198. Meuwissen MPM, Van Asseldonk MAPM, Pietola K, Hardaker JB, Huirne RBM. Income insurance as a risk management tool after 2013 {CAP} reforms? [Internet]. 2011 [cited 2015 Oct 28]. Available from: <http://econpapers.repec.org/paper/agseaae11/114649.htm>
 199. OJ. Council {Regulation} ({EU}) {No} 733/2013 of 22 {July} 2013 amending {Regulation} ({EC}) {No} 994/98 on the application of {Articles} 92 and 93 of the {Treaty} establishing the {European} {Community} to certain categories of horizontal {State} aid [Internet]. 2013. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:204:0011:0014:EN:PDF>
 200. OJ. Commission {Regulation} ({EU}) {No} 1407/2013 on the application of {Articles} 107 and 108 of the {Treaty} on the {Functioning} of the {European} {Union} to de minimis aid [Internet]. 2013. Available from: http://ec.europa.eu/competition/state_aid/legislation/de_minimis_regulation_en.pdf
 201. GU. Decreto 7 {Febbraio} 2003. {Piano} riassicurativo agricolo 2003. 2003.
 202. GU. Legge {Finanziaria} 388/2000. 2000.
 203. Pontrandolfi A, Nizza G. I fondi mutualistici per la gestione del rischio in agricoltura: quali potenzialità di sviluppo in {Italia}? 2011.
 204. Cassani G, Franchini M, Galeati G, Mazzoli P. Il bilancio idrico: una metodologia per la valutazione della compatibilità tra risorsa idrica e idroesigenze ambientali e antropiche. *L'Acqua.* 2009;2:45–57.

205. Cassani G. La gestione idrica nella valle del Lamone. ARPA Riv [Internet]. 2009;(maggio-giugno 2009). Available from: www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/arparivista/arparivista2009n3/cassanar3_09.pdf
206. EC. Blueprint to safeguard Europe's water resources. COM(2012) 673 final COMMUNICATION. 2012.
207. Pérez-Blanco CD, Standardi G, Mysiak J, Parrado R, Gutiérrez-Martín C. Incremental water charging in agriculture. A case study of the Regione Emilia Romagna in Italy. *Environ Model Softw* [Internet]. 2016 Apr;78:202–15. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815215301304>
208. Raggi M, Viaggi D. Valutazione degli effetti di politiche di tariffazione e di scenari di mercato nel Consorzio di Bonifica della Romagna Occidentale. In: *Acqua e agricoltura in Italia Valutazioni di scenari e strumenti di supporto alle decisioni* [Internet]. Milano (Italy): FrancoAngeli; 2009. Available from: <https://books.google.es/books?id=VBCI2VCLgikC>
209. Masotti, L., & Verlicchi P. Il riuso delle acque reflue. 2008;2–3.
210. Parlamento Italiano. DL 059/2008. Disposizioni urgenti per l'attuazione di obblighi comunitari e l'esecuzione di sentenze della Corte di giustizia delle Comunità europee. 2008.
211. Parlamento Italiano. Legge 5 gennaio 1994, n. 36 Disposizioni in materia di risorse idriche Capo I - Principi generali 1. 1994;1–13.
212. Codice Ambiente. d.lgs. n. 152/2006 (T.U. ambiente). Norme in materia ambientale. 2006.
213. Territorio IM dell' A e della T del. D.M. 12 giugno 2003, n. 185. 2003.
214. Consiglio PE e. Azione comunitaria in materia di acque. 2000.

