DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

LA GESTIONE DELLA RISORSA IDRICA IN AGRICOLTURA:
Il caso studio del Consorzio di Bonifica delle Marche

WATER RESOURCE MANAGEMENT IN AGRICULTURE:
The Case Study of the Marche Region Consorzio di Bonifica

TIPO TESI: sperimentale

Studente:
TOMMASO FLAMINI

Relatore:
PROF.SSA ADELE FINCO

Correlatore:
DOTT.SSA GIULIA CHIARALUCE

ANNO ACCADEMICO 2025/2026

Alla mia passione, coltivata fin da piccolo, che oggi ho coronato.
Alla dedizione, alla costanza e alla determinazione che metto nell'affrontare ogni cosa.
Al me futuro, affinché di fronte alle sfide più difficili possa trarre la forza e la motivazione da questi traguardi per superarle.

SOMMARIO

SOMMARIO 3

ELENCO DELLE TABELLE 5

ELENCO DELLE FIGURE 6

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI 8

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI 11

CAPITOLO 1 LA RISORSA ACQUA E LA SUA GESTIONE IN AGRICOLTURA 13

1.1 Lo stato della risorsa idrica e metodi di gestione 13

1.2 Siccità e stress idrico a confronto 15

1.3 Ruolo produttivo dell'irrigazione nell'agricoltura 16

1.3.1 Modelli per l'uso sostenibile dell'acqua 19

1.4 Metodi di irrigazione 21

1.4.1 Irrigazione per scorrimento 22

1.4.2 Irrigazione per aspersione 24

1.4.3 Irrigazione localizzata 26

1.4.4 Irrigazione di precisione 28

1.4.5 Irrigazione speciale 30

1.4.6 Analisi comparativa dei i vari metodi di irrigazione 30

CAPITOLO 2 AGRICOLTURA ED ACQUA: CONTESTO EUROPEO E ITALIANO 33

2.1 Contesto europeo 33

2.1.1 Politica agricola in Europa 39

2.2 Contesto italiano 40

2.2.1 Politica agricola in Italia 47

2.3 Analisi statistica della gestione dell'irrigazione e dei consumi irrigui: Italia e Europa a confronto 49

2.3.1 Modelli di gestione delle acque irrigue 49

2.3.2 Prelievi per colture 51

2.3.3 SAU irrigabile ed effettivamente irrigata 52

2.3.4 Aumento della SAU irrigabile 53
2.3.5 Incidenza della zootecnia sui prelievi idrici 54
2.3.6 Consumi idrici del settore agricolo 55

CAPITOLO 3 VALUTAZIONE DELL'IRRIGAZIONE NELLE MARCHE: LA GESTIONE DEL CONSORZIO DI BONIFICA DELLE MARCHE 57
3.1 Gestione collettiva della risorsa irrigua in Italia 57
3.1.1 Il SIGRIA 59
3.2 Quadro generale della regione Marche 60
3.2.1 Differenze tra il vecchio e il nuovo modello gestionale 61
3.2.2 Confronto dati ante e post istituzione del Consorzio di Bonifica Marche 62

CAPITOLO 4 SOSTENIBILITÀ E PROSPETTIVE FUTURE DELLA GESTIONE DELLA RISORSA IRRIGUA 67
4.1 Efficienza irrigua e la sua sostenibilità ambientale 67
4.2 Il limite dell'efficienza: effetto rimbalzo e paradosso idrologico 68
4.3 Innovazione tecnologica e irrigazione di precisione 69
4.4 La gestione collettiva come strumento di sostenibilità 71
4.5 La sostenibilità economica della gestione irrigua 72
4.6 Politiche europee e sostegno agli investimenti irrigui 73

CONCLUSIONI 75

BIBLIOGRAFIA 78

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1.1 - Efficienza dei sistemi irrigui (Fonte: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, e documentazione tecnica CREA, 2026) 31

Tabella 1.2 - Costi d'impianto e di manutenzione (Fonte: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, CREA e manuali tecnici dei Consorzi di Bonifica italiani, 2026) 32

Tabella 1.3 - Volumi di acqua richiesti per i vari metodi (Fonte: documentazione tecnica FAO, linee guida United States Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service, manuali tecnici CREA, 2026) 32

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1.1 - Livello di stress idrico dovuto al settore agricolo per bacino (Fonte FAO e United Nations Water, 2021) 15
Figura 1.2 - Pratiche e investimenti per l'uso sostenibile dell'acqua (Fonte: Corte dei conti europea, 2021 20
Figura 1.3 - Irrigazione per sommersione (Fonte: Biblioteca idraulica italiana, 2026) 23
Figura 1.4 - Irrigazione per scorrimento a solchi (Fonte: Alamy, 2026) 24
Figura 1.5 - Irrigazione con irrigatori fissi (Fonte: Saba Agriservice, 2026)..... 25
Figura 1.6 - Rotolone auto avvolgente per irrigazione (Fonte: Irrigazione veneta, 2026) 26
Figura 1.7 - Irrigazione a goccia (Fonte: Noi siamo agricoltura, 2026)..... 27
Figura 1.8 - Subirrigazione (Fonte: Alimentando.info, 2026) 28
Figura 1.9 - Irrigazione di precisione (Fonte: generazione tramite Intelligenza Artificiale, 2026) 29
Figura 2.1 - Intensità di estrazione di acqua per irrigazione - 2016; metri cubi per ettaro (Fonte: EEA, n.12-2021)..... 34
Figura 2.2 - Superficie irrigata in UE - 2020; in % sul tot. della superficie agricola utilizzata (Fonte: Eurostat, 2026) 35
Figura 2.3 - Principali metodi di irrigazione in Europa (Fonte: elaborazione dati FAO, 2026) 36
Figura 2.4 - Principali fonti di approvvigionamento idrico agricolo in Europa (Fonte: elaborazione dati FAO, 2026)..... 37
Figura 2.5 - Superficie agricola utilizzata nei principali Paesi europei - milioni di ettari (Fonte: nostra elaborazione su dati Eurostat, 2026)..... 41
Figura 2.6 - Valore aggiunto per superficie agricola utilizzata - migliaia di euro per ettaro; 2023 (Fonte: nostra elaborazione su dati Eurostat, 2026)..... 41
Figura 2.7 - Superfici irrigate per regione - 2020 (Fonte: elaborazione Intesa Sanpaolo su dati Istat, 2026) 43
Figura 2.8 - Superfici irrigabili per regione - 2020 (Fonte: elaborazione Intesa Sanpaolo su dati Istat, 2026) 43

Figura 2.9 - Suddivisone prelievi idrici per coltura (Fonte: nostra elaborazione dati ISTAT, 2026) 44
Figura 2.10 - Volumi irrigui utilizzati per distretti idrografico - metri cubi per ettaro di superficie irrigata (Fonte: nostra elaborazione dati ISTAT,2026) 46
Figura 2.11 - Metodi di irrigazione in Italia (Fonte: nostra elaborazione dati ISTAT, 2026) 46
Figura 2.12 - schema degli investimenti irrigui (Fonte: Elaborazione dell'autore su dati MASAF - Piano Strategico della PAC 2023-2027 e Corte dei conti europea - Relazione speciale n. 20/2021) 48
Figura 2.13 - Gestione dell'irrigazione in Europa: confronto tra modelli di gestione (Fonti: nostra elaborazione su dati ISTAT, Eurostat Water Statistics, FAO AQUASTAT e ANBI – Associazione Nazionale Bonifiche e Irrigazioni, 2026)..... 50
Figura 2.14 - Confronto europeo delle principali colture irrigue (Fonti: nostra elaborazione su dati CREA-SIGRIAN ISTAT 7° Censimento Agricoltura, 2026) 51
Figura 2.15 - Confronto tra SAU irrigabile e SAU effettivamente irrigata (Fonti: nostra elaborazione su dati Eurostat Water Statistics, EEA – European Environment Agency e CREA-SIGRIAN, 2026) 52
Figura 2.16 - Aumento della SAU irrigabile (Fonti: nostra elaborazione su dati CREA-SIGRIAN, Pianeta PSR, Eurostat ed European Environment Agency, 2026)..... 53
Figura 2.17 - Incidenza della zootecnia sui prelievi idrici (Fonti: nostra elaborazione su dati FAO AQUASTAT, Eurostat Water Statistics e European Environment Agency, 2026) 54
Figura 2.18 - Prelievi idrici agricoli effettivi in Europa (Fonte: nostra elaborazione su dati ufficiali CREA-SIGRIAN, Eurostat e European Environment Agency, 2026) 55
Figura 2.19 - confronto dei consumi idrici agricoli effettivi in Europa (fonte: Nostra elaborazione su dati FAO AQUASTAT, Eurostat e ISPRA, 2026)..... 56
Figura 3.1 - Distretti idrografici post L. 221/2015 (fonte: ISPRA, 2026) 59

ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

ACA Agro-Climatico-Ambientali

ANBI Associazione Nazionale Consorzi Gestione e Tutela del Territorio e Acque Irrigue

BCAA Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali

CE Commissione Europea

CREA Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria

CSR Complemento regionale per lo Sviluppo Rurale

CWSI Crop Water Stress Index – Indice di Stress Idrico delle Colture

DSS Decision Support System – Sistema di Supporto alle Decisioni

EEA Agenzia Europea dell'Ambiente *(European Environment Agency)*

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations

FDR Frequency Domain Reflectometry – Riflettometria nel Dominio della Frequenza

FEASR Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale

GNSS Global Navigation Satellite System – Sistema Satellitare Globale di Navigazione

GPS Global Positioning System – Sistema di Posizionamento Globale

IA Intelligenza Artificiale

INEA Istituto Nazionale di Economia Agraria

IoT Internet of Things – Internet delle Cose

ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

ISTAT Istituto nazionale di statistica

LCA Life Cycle Assessment *(Valutazione del Ciclo di Vita)*

LR Legge Regionale

MASAF Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste

MASE Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

NDVI Normalized Difference Vegetation Index – Indice di Vegetazione a Differenza Normalizzata

NWRM Natural Water Retention Measures

PAC Politica Agricola Comune

PAI Piani di Assetto Idrogeologico

PGBI Piani di Gestione dei Bacini Idrografici

PNRR Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza

PSP Piano Strategico della PAC

PSR Piani di Sviluppo Rurale

RD Regio Decreto

SAU Superficie Agricola Utilizzata

SDG Sustainable Development Goals

SIGRIA Sistema Informativo Nazionale per la Gestione delle Risorse Idriche in Agricoltura

SRD Investimenti per lo Sviluppo Rurale

TDR Time Domain Reflectometry – Riflettometria nel Dominio del Tempo

UAV Unmanned Aerial Vehicle – Aeromobile a Pilotaggio Remoto / Drone

UE Unione Europea

UNW United Nations Water

USDA-NRCS United States Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service

VRA Variable Rate Application – Applicazione a Tasso Variabile

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

L'acqua rappresenta una risorsa naturale essenziale per lo sviluppo delle attività agricole e, più in generale, per l'equilibrio ambientale, economico e sociale dei territori. In agricoltura, la disponibilità di acqua assume un'importanza particolare poiché costituisce uno dei principali fattori produttivi e condiziona direttamente la possibilità di mantenere livelli adeguati di produzione e qualità delle colture. Il rapporto tra agricoltura e risorsa idrica è tuttavia caratterizzato da una crescente complessità, determinata dalla variabilità delle precipitazioni, dall'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi siccitosi, dai cambiamenti climatici e dalla competizione tra i diversi utilizzi della risorsa. In questo contesto, la gestione dell'acqua destinata all'agricoltura non può essere ricondotta esclusivamente alla scelta della tecnica irrigua più efficiente. La disponibilità della risorsa, infatti, dipende da condizioni climatiche e territoriali, dalla capacità di accumulo e distribuzione, dalle caratteristiche delle infrastrutture, dalle modalità di programmazione della domanda e dai sistemi di governance adottati. Ne deriva la necessità di considerare la gestione irrigua come un processo che coinvolge diversi livelli, da quello aziendale a quello territoriale, e nel quale gli aspetti tecnici devono essere integrati con quelli organizzativi, economici e ambientali. In questo quadro, l'Italia presenta un sistema nel quale la gestione collettiva riveste un ruolo importante, attraverso una struttura articolata che coinvolge istituzioni nazionali e regionali, autorità di bacino e Consorzi di Bonifica. La Regione Marche costituisce poi un caso di particolare interesse per l'analisi di queste dinamiche. Il territorio regionale è caratterizzato da una relativamente contenuta diffusione dell'irrigazione rispetto ad altre aree italiane, ma presenta sistemi irrigui collettivi di rilevanza territoriale e una gestione della risorsa che nel corso degli anni è stata interessata da un importante processo di riorganizzazione. Il passaggio da una gestione articolata tra diversi enti a un unico soggetto regionale, il Consorzio di Bonifica delle Marche, ha rappresentato un cambiamento significativo nell'organizzazione della gestione irrigua, pur mantenendo la suddivisione territoriale in comprensori caratterizzati da specifiche caratteristiche idrografiche e infrastrutturali. Il caso marchigiano consente pertanto di osservare come la riorganizzazione della gestione collettiva possa incidere sulle modalità di programmazione, distribuzione e controllo della risorsa irrigua.

Alla luce di queste considerazioni, lo scopo della presente tesi è analizzare la gestione della risorsa idrica in agricoltura, evidenziando il ruolo dell'acqua come fattore produttivo e approfondendo le modalità attraverso cui la risorsa viene utilizzata, distribuita e governata a differenti scale territoriali. L'analisi mira, in particolare, a esaminare i principali sistemi e tecniche di irrigazione, a inquadrare il ruolo dell'agricoltura nella gestione della risorsa idrica a livello europeo e italiano e ad approfondire il caso della Regione Marche, con specifico riferimento all'evoluzione della gestione irrigua e al ruolo del Consorzio di Bonifica. Un ulteriore obiettivo è quello di discutere i principali elementi che possono contribuire a una gestione più sostenibile della risorsa, considerando congiuntamente efficienza tecnica, organizzazione della gestione collettiva, innovazione tecnologica, sostenibilità ambientale ed economica.

La tesi si articola secondo questa struttura: il primo capitolo introduce il tema della risorsa idrica in agricoltura, descrivendone le principali caratteristiche e le problematiche connesse alla crescente pressione sulla disponibilità di acqua. Nel secondo, dopo aver delineato le principali caratteristiche della gestione della risorsa idrica in agricoltura in Europa, l'analisi si concentra sulla situazione italiana, esaminando i dati relativi ai prelievi e ai consumi irrigui, alle superfici irrigabili e irrigate e alle diverse modalità di gestione. L'analisi statistica permette inoltre di confrontare la situazione italiana con quella europea e di evidenziare le differenze territoriali che caratterizzano il settore irriguo. Il terzo capitolo è dedicato al caso della Regione Marche e alla gestione collettiva della risorsa irrigua. Dopo un inquadramento del modello organizzativo italiano e degli strumenti di monitoraggio e gestione della risorsa, con particolare riferimento al sistema SIGRIAN, viene analizzata l'evoluzione del sistema irriguo marchigiano. Particolare attenzione è dedicata al processo di riorganizzazione che ha portato alla costituzione del Consorzio di Bonifica delle Marche e al confronto tra il precedente modello gestionale e quello attuale, mettendo in evidenza le principali caratteristiche delle infrastrutture e della gestione della risorsa nei diversi comprensori irrigui regionali.

Il quarto capitolo affronta infine il tema della sostenibilità e delle prospettive future della gestione irrigua. Vengono discussi i rapporti tra efficienza irrigua e sostenibilità ambientale, evidenziando anche i limiti di una valutazione basata esclusivamente sulla riduzione dei consumi attraverso l'approfondimento dell'effetto rimbalzo e del paradosso idrologico.

Capitolo 1
LA RISORSA ACQUA E LA SUA GESTIONE IN AGRICOLTURA

L'acqua rappresenta una risorsa naturale limitata e un presupposto fondamentale per la salute pubblica, la sostenibilità e la sicurezza alimentare globale. Nel contesto dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, l'obiettivo 6 ("Acqua pulita e servizi igienico-sanitari") definisce le linee guida per garantire la disponibilità e la gestione sostenibile della risorsa idrica. Tuttavia, la crescente pressione antropica, i cambiamenti climatici e l'inefficienza d'uso minacciano l'equilibrio delle fonti idriche globali. In questo scenario, l'agricoltura, settore vulnerabile e fortemente dipendente dalla sua disponibilità, assume un ruolo cruciale nella transizione verso modelli di consumo efficienti e sostenibili, basandosi anche sull'adozione di modelli di irrigazione che fanno della loro efficienza il loro punto forte, come l'irrigazione localizzata, a differenza dei metodi più tradizionali, quali per aspersione o scorrimento. A questo proposito, in questo capitolo, verranno approfonditi i temi legati alla gestione e utilizzo della risorsa idrica in agricoltura, sottolineandone le problematiche e definendo i sistemi di irrigazione attualmente impiegati.

1.1 **Lo stato della risorsa idrica e metodi di gestione**

L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile si propone di orientare il Pianeta verso un percorso di sostenibilità tramite un approccio che integra dimensione economica, sociale e ecologica dello sviluppo. Tale Piano è stato sottoscritto nel 2015 da 193 Paesi membri delle Nazioni Unite, tra cui l'Italia. Per raggiungere tale traguardo, l'Agenda fissa 17 Obiettivi di Sviluppo sostenibile, noti anche come SDGs (Sustainable Development Goals) da conseguire entro il 2030.

Le risorse idriche, in questo contesto svolgono un ruolo centrale, considerate come diritto umano fondamentale e il presupposto primario per la tutela della salute pubblica. In questo contesto è stato definito il SDG 6 intitolato "Acqua pulita e servizi igienico-sanitari", che ha come fine quello di garantire a livello globale la disponibilità di acqua e una sua gestione

sostenibile oltre che le strutture igienico-sanitarie. Questo Obiettivo prevede anche la salvaguardia della qualità e della sostenibilità delle fonti idriche su scala mondiale.

Nonostante le elevate di quantità di acqua nel nostro pianeta la quota di quella dolce si attesta solo al 3%, di cui più della metà è immagazzinata nei ghiacciai allo stato solido. Il restante 1% presumibilmente disponibile è però interessato da gravi processi di inquinamento dovuto dalle attività antropiche, che vanno a ridurre ulteriormente la quota effettivamente disponibile.

Tale scenario genera profonde disuguaglianze nell'accesso alla risorsa idrica, infatti secondo i dati delle Nazioni Unite, oltre un terzo della popolazione mondiale risiede in aree con scarsità d'acqua. Si stima, inoltre, che circa 2 miliardi di persone non possono usufruire di acqua potabile sicura e che circa 4 miliardi di persone siano prive di servizi igienici essenziali.

Questa situazione, fa scaturire il fenomeno dello stress idrico, ovvero una condizione in cui la domanda della risorsa è maggiore rispetto alla naturale disponibilità in un determinato arco di tempo. Alla base di questo fenomeno influiscono fattori antropici e climatici quali, la costante crescita demografica mondiale che causa la crescita di domanda del bene, l'inquinamento che interessa le falde e l'alta percentuale di spreco da parte dei Paesi avanzati. A tutto ciò si sta aggiungendo negli ultimi anni anche l'impatto dei cambiamenti climatici, come siccità prolungate, ondate di calore, o inondazioni che possono contaminare le sorgenti potabili, accelerando il processo di desertificazione.

Secondo il report, FAO 2021, circa il 10% dei ghiacciai montani sia destinato a scomparire antro il 2050, determinando una perdita di circa 13.000 km cubi di acqua. Tale processo, considerando che i ghiacciai svolgono il ruolo di riserve naturali di acqua, comporterà una sostanziale riduzione dei flussi estivi della risorsa con ripercussioni dirette sulla sua disponibilità sia per uso civili e urbano sia nel comparto agricolo andando a compromettere anche le rese agricole.

Per valutare la gravità della scarsità idrica a livello globale l'agenda 2030 ha introdotto un parametro ovvero, l'indicatore SDG 6.4.2 che misura la pressione sulle risorse idriche rinnovabili tramite i prelievi. Nel 2018 il valore medio di questo indicatore era del 18% con elevata, però, eterogeneità tra le varie aree del Pianeta. In Europa il valore si attestava al 8%, ben al di sotto della media, mentre in Asia si attestava tra il 45% e il 70% con picchi fino al 100% in Paesi dell'Africa settentrionale, come mostra la Figura 1.1.

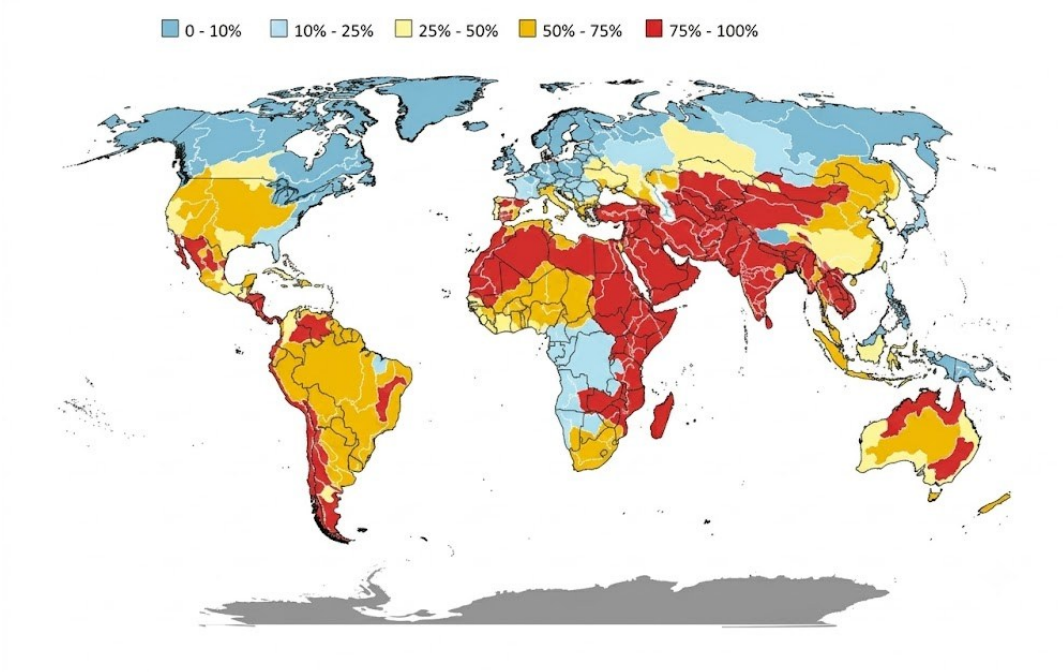


Figura 1.1 - Livello di stress idrico dovuto al settore agricolo per bacino (Fonte FAO e United Nations Water, 2021)

1.2 **Siccità e stress idrico a confronto**

In ambito agricolo spesso di parla di siccità e stress idrico senza fare una distinzione tra i due termini ma in realtà a livello agronomico sono due fenomeni diversi, anche se interconnessi tra loro.

La siccità è un evento meteorologico e atmosferico, definito come un periodo con assenza o grave deficit di precipitazioni dovute a fattori climatici. I suoi effetti negativi si accumulano nel tempo aggravati da alte temperature, aria secca e venti. In ambito agricolo si parla di siccità edafica, ovvero del suolo, e si verifica quando periodi di siccità determinano la mancanza di acqua nei livelli di terreno esplorati dalle radici. Quando il terreno si prosciuga, l'intero ecosistema agricolo entra in sofferenza, provocando danni sia sulla produzione vegetale sia, indirettamente, su quella zootecnica.

Lo stress idrico invece, è lo stato di sofferenza fisiologico interna della pianta, che si verifica quando l'evaporazione e la traspirazione della pianta superano la quantità di acqua che le radici riescono ad assorbire dal terreno. In altre parole, può essere definito come la risposta fisiologica della pianta allo stato di siccità del terreno.

A differenza della siccità, che impiega settimane o mesi per svilupparsi, la velocità di sviluppo dello stress idrico è notevolmente superiore, in alcuni casi può bastare una singola

giornata. A risposta di questa situazione la pianta mette in atto dei meccanismi d'emergenza per la sopravvivenza come la chiusura degli stomi interrompendo la fotosintesi e la crescita della stessa. (Elicit Plant, 2026)

L'impatto che ha sulle rese agricole, lo stress idrico, varia a seconda dello stadio fenologico nel quale si presenta e le caratteristiche del terreno, ovvero durante lo sviluppo le fasi più critiche sono la fioritura e lo sviluppo dei frutti mentre per i terreni quelli a tessitura sabbiosa hanno una bassa capacità di ritenzione idrica e sono molto più soggetti a deficit idrici.

1.3 **Ruolo produttivo dell'irrigazione nell'agricoltura**

"L'irrigazione offre molteplici vantaggi agli agricoltori, quali il miglioramento della redditività, della resa e della qualità delle colture."

(Corte dei Conti Europea, 2021 – report CAP and Water)

Tale affermazione riassume in maniera efficacie il ruolo produttivo della risorsa idrica nell'agricoltura, in particolare negli ultimi decenni in cui gli agricoltori sono dovuti ricorrere all'utilizzo dell'irrigazione in maniera più massiccia, ed anche per colture che di norma erano coltivate in asciutto. In aggiunta, tra il 2010 e il 2020, le superficie agricole in Italia sono aumentate del 7%, raggiungendo circa 2,5 milioni di ettari, secondo quanto riportato dal Settimo Censimento dell'Agricoltura 2020 (ISTAT, 2020).

Nel 2024, secondo i dati ISTAT, il settore primario italiano ha registrato una crescita sia della produzione, del +1%, sia del valore aggiunto, del +2%. Tale crescita è stata trainata soprattutto da colture fortemente dipendenti dall'irrigazione, tra cui:

- frutta (+11%);
- vite da vino (+4%);
- ortaggi (+2%);
- patate (+10%).

Questi dati stanno a dimostrare come l'irrigazione sia sempre di più un fattore produttivo imprescindibile dell'agricoltura italiana. Allo stesso tempo aumenta sempre di più l'importanza dell'efficienza irrigua, in quanto incide direttamente poi sui risultati economici e produttivi delle aziende. Per efficienza irrigua si intende il rapporto tra acqua effettivamente utilizzata dalla coltura e l'acqua complessivamente distribuita, secondo la formula (1):

$$Efficienza\ irrigua = \frac{acqua\ utile\ alla\ coltura}{acqua\ distribuita} \quad (1)$$

Stando ai dati del Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria (CREA), l'efficienza irrigua incide principalmente su rese produttive, redditività e consumi idrici.

Con un elevata efficienza, si può raggiungere una riduzione dei consumi anche del 60%, cosa particolarmente importante dato la progressiva diminuzione di disponibilità idrica. In Italia, si stima che negli ultimi 100 anni la acqua disponibile si sia ridotta del 20% a fronte invece di un costante aumento della sua domanda. In questo senso, determinanti sono le scelte aziendali da parte degli imprenditori sugli impianti e metodi di irrigazione da adottare anche in base alla coltura che si ha in campo. I sistemi più efficienti ad oggi risultano essere i sistemi a goccia e di subirrigazione, in quanto consentono di minimizzare le perdite per evaporazione e dispersione data la distribuzione mirata dell'acqua a livello radicale. A livello nazionale l'efficienza irrigua del Paese dipende principalmente dall'entità delle perdite nelle reti di distribuzione, dalla presenza di sistemi irrigui collettivi in grado di ridurre il ricorso ai pozzi privati e quindi la pressione sulle falde e dalla diffusione di tecnologie innovative, quali misuratori di portata, sistemi di telecontrollo, sensori e reti automatizzate.

Un altro importante parametro, per quanto riguarda l'utilizzo della risorsa e migliorarne l'efficienza del suo utilizzo, è quello dell'impronta idrica che misura l'acqua utilizzata direttamente e indirettamente per realizzare un prodotto o servizio lungo tutto il suo ciclo. Esso si compone di tre categorie:

- acqua blu, la quota prelevata dai fiumi, dalle falde per l'irrigazione artificiale;
- acqua grigia, utilizzata per diluire inquinanti utilizzati durante il processo produttivo, come pesticidi e reflui zootecnici;
- acqua verde, l'acqua piovana assorbita dal suolo e dalla vegetazione.

L'impronta idrica viene calcolata su metodologia LCA (Life Cycle Assestement) e standardizzata dalla norma ISO 14046, consente alle aziende di individuare gli sprechi lungo la filiera e migliorare l'efficienza produttiva. In agricoltura in particolare permette di ottimizzare i sistemi irrigui, ridurre l'uso di prodotti chimici di sintesi e valorizzare i prodotti sostenibili tramite etichettatura.

I dati Aquastat ovvero il sistema informativo globale della FAO sulle risorse idriche e sulla gestione delle risorse idriche agricole mostrano un miglioramento dell'efficienza nell'utilizzo

dell'acqua in agricoltura, tradotto con un aumento significativo del valore economico della produzione agricola per metro cubo di acqua utilizzata. L'Italia si colloca tra le prime posizioni in Europa, subito dopo Francia e Germania, che hanno registrato incrementi di 27 dollari per metro cubo, con un aumento di 15,4 dollari per metro cubo, a testimonianza del fatto che si sta cercando di adottare metodologie sempre più efficienti e rispettose della fonte irrigua ma che al contempo permettano di mantenere ottimi livelli di produttività (Intesa Sanpaolo, 2025). Le differenze rispetto ai Paesi leader europei, negli incrementi del valore economico della produzione agricola per metro cubo di acqua utilizzato, da parte dell'Italia, sono dovute principalmente a:

- diffusione ancora elevata di reti irrigue a canali aperti o non pressurizzati, soggetti a maggiori perdite;
- presenza di colture particolarmente idro-esigenti, come riso;
- minore diffusione di sistemi irrigui ad alta efficienza;
- ridotta dimensione media delle aziende agricole, che rallenta l'adozione di tecnologie innovative.ec

Per valutare l'efficienza irrigua di un Paese da un punto di vista economico, il database della FAO AQUASTAT utilizza un indicatore aggregato dato dal rapporto tra valore aggiunto agricolo e volume di acqua utilizzata, e viene così espresso (2):

$$Efficienza\ economica\ dell'acqua = \frac{valore\ aggiunto\ agricolo}{volume\ d'acqua\ utilizzato} \qquad (2)$$

Il valore ricavato da questo rapporto deve essere poi interpretato secondo diverse variabili tra i vari Paesi, che comprendono condizioni climatiche, tipologie colturali, caratteristiche territoriali ed andamento delle annate agrarie.

Stando al report di Intesa Sanpaolo 2025, emergono le seguenti informazioni. Nel 2019 l'agricoltura occupava a livello globale 4.752 milioni di ettari di superficie agricola destinata a colture e alla zootecnica. Questo valore è rimasto sostanzialmente invariato dagli anni 2000, ma si è registrato un significativo aumento della superficie irrigata. Inoltre, con il cambiamento del contesto climatico le aziende sono costrette a adattarsi a nuovi regimi termici che vanno a incidere anche sui cicli di crescita delle varie colture alterando anche gli equilibri ecologici del suolo con ripercussioni anche sulla diffusione di fitopatie e parassiti. Inoltre, la variazione dei

regimi delle precipitazioni e con la concentrazione di piogge in brevi periodi dell'anno associati a lunghi periodi di siccità, stanno profondamente cambiando l'attività agricola.

Particolarmente critica risulta la situazione delle falde acquifere, che nel 2018 ha registrato un incremento del 19% dei prelievi destinanti all'agricoltura rispetto al 2010, passando da 688 km^3 annui a 820 km^3. Ad oggi le acque sotterranee sono la fonte principale di approvvigionamento a livello agricolo, rappresentando il 30% dei prelievi totali con tendenza di crescita costante del circa 2% annuo. L'intenso sfruttamento delle falde acquifere sta determinando un abbassamento dei livelli piezometrici e una riduzione della capacità di ricarica naturale degli acquiferi, andando a compromettere la stabilità delle produzioni agricole. La vulnerabilità idrica interessa in particolare aziende agricole dei Paesi a basso e medio reddito, dato anche dal fatto che una quota rilevante di esse si trovi in aree soggette a scarsità idrica come Asia e Medio Oriente. Le previsioni climatiche per il futuro mostrano inoltre un continuo aumento delle temperature medie andando ad aggravare ulteriormente i rischi produttivi e accelerare i processi di degrado ambientale. Inoltre, la crescente competizione per l'accesso all'acqua e al terreno è sempre più intensa, soprattutto nelle regioni povere, dove la sicurezza ambientale dipende dalla disponibilità delle risorsi naturali. Secondo le stime della FAO, entro il 2050, il settore agricolo globale dovrà produrre quasi il 50% in più di alimenti rispetto al 2012 per far fronte alla crescente domanda dovuta all'aumento demografico costante. I Paesi particolarmente colpiti sono Asia meridionale e Africa che dovranno più che raddoppiare le loro produzioni mentre il resto del mondo, tra cui l'Europa, dovrà aumentarle di circa il 30%. Sempre entro il 2050, anche le superficie irrigate registreranno un aumento di circa 91 milioni di ettari, con un'incidenza sul valore totale della produzione agricola che passerà dal 42% del 2012 al 46%. Questo scenario mette in evidenzia come l'irrigazione continuerà a svolgere un ruolo sempre più centrale e strategico nella sicurezza alimentare mondiale, considerando allo stesso tempo la necessità di preservare e salvaguardare la risorsa idrica adottando modelli di gestione più sostenibili.

1.3.1 *Modelli per l'uso sostenibile dell'acqua*

Le pratiche per l'uso sostenibile dell'acqua, che abbiamo accennato sopra, sono state indicate dalla Corte dei conti europea in una relazione del 2021, e sono riassunte nella Figura 1.2.

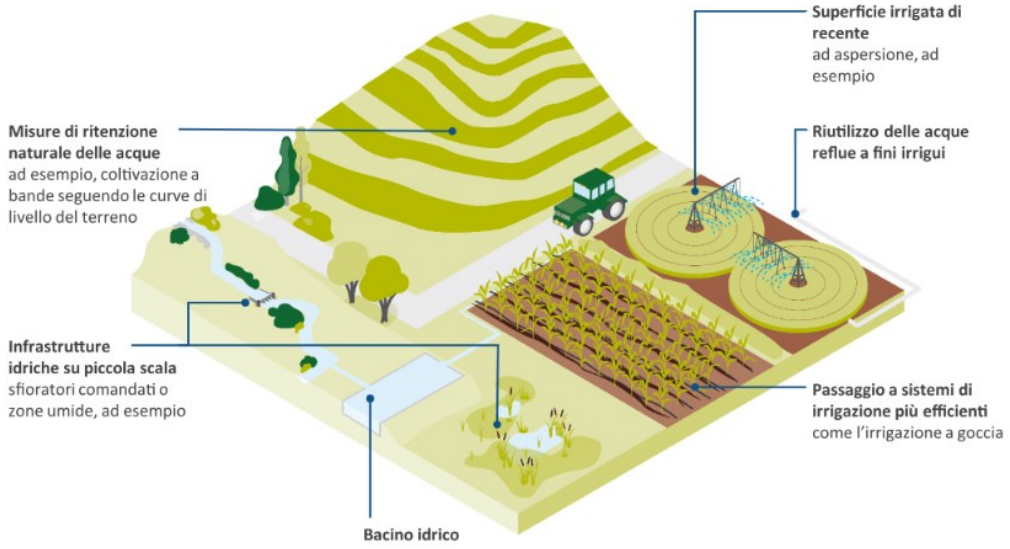


Figura 1.2 - Pratiche e investimenti per l'uso sostenibile dell'acqua (Fonte: Corte dei conti europea, 2021

Le misure di ritenzione naturale delle acque dette anche NWRM (Natural Water Retention Measures) mirano alla tutela e al ripristino della capacità di stoccaggio naturale dei corpi idrici, e gli interventi previsti sono divisi principalmente in 2 ambiti:

- Gli interventi sui suoli agricoli, che prevedono:

-Sottosemina e gestione dei residui colturali, ovvero il mantenimento dei residui colturali sulla superficie del suolo che rallenta il deflusso superficiale e contrasta i fenomeni di erosione idrica.

- Fasce tampone e siepi divisorie, l'inserimento di coperture vegetali permanenti lungo i margini dei campi o in prossimità dei corpi idrici ottimizza i tassi di infiltrazione nel profilo del suolo e riduce la velocità di scorrimento superficiale dell'acqua.

- Gli interventi a livello di corpi idrici, che consistono nel:

- Ripristino delle zone umide, le aree umide immagazzinano i picchi di piena per poi rilasciare la risorsa gradualmente nei periodi di secca.

-Rinaturalizzazione e stabilizzazione delle sponde fluviali, con interventi mirati ad aumentare la capacità di ritenzione del suolo nelle aree maggiormente soggette a dinamiche di infiltrazione ed esondazione.

L'adozione di queste misure promuove molteplici aspetti positivi a livello ecologico, tra cui la ricarica dei corpi idrici, l'attuazione degli effetti della siccità e la mitigazione del rischio idrogeologico. Per sostenere queste pratiche, e incentivare gli agricoltori ad attuarle, gli Stati

Membri possono disporre dei finanziamenti per indennizzare gli agricoltori dei costi aggiuntivi e dei mancati guadagni derivanti dai vincoli gestionali previsti dai Piani di Gestione dei Bacini Idrografici.

Parallelamente alle tecniche appena descritte si stanno sviluppano, con lo sviluppo di nuove tecnologie, metodi di approvvigionamento dell'acqua favorendo approcci circolari, che promuovono il riutilizzo e il riciclo della risorsa disincentivando il suo spreco. Tra queste nuove soluzioni troviamo:

- Desalinizzazione – l'utilizzo di acqua marina che tramite processi di osmosi inversa viene resa potabile e compatibile all'irrigazione delle colture
- Riutilizzo e riciclo in sistemi chiusi - soluzioni ingegneristiche consentono di massimizzare l'efficienza d'uso dell'acqua minimizzando il prelievo di nuova risorsa. In questo ambito si colloca il Vertical Farming, modello di coltivazione totalmente fuori suolo (sistemi idroponici o aeroponici) che, grazie al riciclo a circuito chiuso dei flussi idrici e dei nutrienti in ambienti controllati, consente una riduzione del fabbisogno idrico fino al 95% rispetto all'agricoltura convenzionale.
- Raccolta comprensoriale delle acque meteoriche – consiste nella realizzazione di una rete di invasi artificiali collegati tra loro permettendo di stoccare il surplus di acqua nelle stagioni invernali e di riutilizzarla durante i periodi estivi.
- Ricarica gestita della falda – prevede l'infiltrazione guidata tramite dei canali, di acqua di piene o reflue depurate, in acquiferi sotterranei minimizzando il fenomeno dell'evaporazione.
- Raccolta dell'umidità atmosferica – soluzione che prevede, in contesti con climi caratterizzati da elevata umidità relativa, l'impiego di reti o materiali con proprietà idrofile e idrofobe alternate che permette di catturare le microgocce di nebbia e condensare la rugiada convogliandola in sistemi di accumulo.
- Depurazione delle acque reflue – prevede il riutilizzo di acqua reflue in agricoltura per l'irrigazione previa depurazione per eliminare le sostanze tossiche o non tollerate dalle colture.

1.4 **Metodi di irrigazione**

Per irrigare le proprie colture, l'agricoltore può avvalersi di vari metodi di irrigazione, e la sua scelta sarà in funzione delle colture della tipologia di terreno e della disponibilità della risorsa idrica. Ad oggi, le principali tipologie di irrigazione sono quella per scorrimento, quella

localizzata, quella per aspersione e l'irrigazione speciale, ognuna delle quali ha differenti gradi di efficienza irrigua in base anche alle modalità con le quali viene somministrata l'acqua. Sulla base dei dati FAO ed Eurostat riguardanti i sistemi irrigui emergono i seguenti dati trattati nel sottocapitolo.

1.4.1 *Irrigazione per scorrimento*

Nel sistema di irrigazione per scorrimento l'acqua viene distribuita sfruttando la gravità e viene fatta scorrere sulla superficie del terreno. è una tecnica con costi ridotti e caratterizzata da elevate perdite di acqua per infiltrazione profonda ed evaporazione, risultando perciò tra i metodi meno efficienti. Comprende sistemi come la sommersione, lo scorrimento superficiale e l'irrigazione a solchi. A livello europeo, l'irrigazione per scorrimento interessa circa il 20-30% delle superfici irrigate, pari a circa 2-3 milioni di ettari, ed è diffusa soprattutto nelle risaie italiane e spagnole e nelle colture estensive dell'Europa meridionale.

In questa macro-tipologia rientra: l'irrigazione per scorrimento superficiale, a solchi e per sommersione.

Quest'ultima tipologia di irrigazione prevede la sommersione totale della superficie agraria (Figura 1.3), una pratica irrigua applicata quasi esclusivamente all'ambito della risicoltura. Sotto il profilo economico e gestionale, si distingue per i bassi costi di impianto e per una notevole semplicità operativa. Di contro, la tecnica presenta significative esternalità negative, tra cui l'elevato consumo idrico, il rischio di anossia radicale dovuto a ristagni prolungati e una spiccata disomogeneità nella distribuzione della risorsa. L'efficienza globale del sistema risulta particolarmente contratta, attestandosi generalmente su valori compresi tra il 30% e il 50%. Il restante volume idrico viene disperso attraverso molteplici dinamiche: infiltrazione profonda, evapotraspirazione e deflusso laterale. In ambito europeo, l'adozione di questo modello irriguo si concentra prevalentemente nei comparti risicoli di Italia e Spagna, interessando una superficie agricola utilizzata (SAU) stimata tra i 400.000 e i 500.000 ettari. In termini quantitativi, la quantità di acqua media richiesta da questo regime, ovvero la sua idro-esigenza, varia stabilmente tra gli 80 e i 150 $m^3/ha/h$.



Figura 1.3 - Irrigazione per sommersione (Fonte: Biblioteca idraulica italiana, 2026)

L'irrigazione per scorrimento superficiale consiste nel far scorrere l'acqua lungo gli appezzamenti, che devono essere ben livellati per garantire una distribuzione omogena, ed è principalmente utilizzato per colture come il mais, cereali e foraggiere. Presenta un'efficienza complessiva compresa tra il 35 e il 55% e le perdite sono dovute principalmente ad infiltrazione profonda, evaporazione, ruscellamento superficiale e scarsa uniformità distributiva, soprattutto nei terreni poco regolari. In Europa è utilizzato in alcune aree cerealicole mediterranee e interessa circa 1-1,5 milioni di ettari, con una portata idrica richiesta che varia generalmente tra 40 e 80 m^3/ha/h.

L'irrigazione a solchi prevede lo scorrimento della risorsa idrica lungo dei canali interfilari, realizzati mediante specifiche lavorazioni meccaniche (Figura 1.4). La sua principale applicazione avviene nelle orticole, nel mais e nei frutteti. Sebbene la tecnica presenti costi di realizzazione e gestione relativamente contenuti, la sua efficienza globale risulta limitata. L'efficienza complessiva dell'impianto oscilla mediamente tra il 40% e il 60%. Il volume idrico non convertito in consumo dalla coltura viene disperso attraverso evaporazione, percolazione profonda, ruscellamento al termine dei solchi e per eterogeneità della bagnatura. In Europa, questo sistema viene applicato su una superficie stimata tra gli 800.000 e il 1.000.000 di ettari, localizzati prevalentemente nell'Europa meridionale, ed il suo fabbisogno idrico per il corretto funzionamento si attesta in un range compreso tra 25 e 60 m^3/ha/h.



Figura 1.4 - Irrigazione per scorrimento a solchi (Fonte: Alamy, 2026)

1.4.2 *Irrigazione per aspersione*

Con questo sistema l'acqua viene distribuita sotto forma di pioggia mediante irrigatori fissi o mobili, pivot centrali o rotoloni. Questo metodo garantisce una distribuzione più uniforme dei metodi per scorrimento ma richiede più energia per mantenere la pressione dell'impianto e garantire un corretto funzionamento. Le perdite sono causate principalmente da evapotraspirazione e deriva del getto dovuta al vento. L'irrigazione per aspersione è attualmente il sistema più diffuso in Europa per le colture erbacee e interessa circa il 35-40% delle superfici irrigate europee, pari a circa 3,5-4 milioni di ettari.

La distribuzione di acqua mediante irrigatori fissi consiste in impianti permanenti con tubazioni e irrigatori installati stabilmente nel terreno (Figura 1.5). Sono utilizzati soprattutto in serre, colture intensive, vivai e aree ornamentali. L'efficienza complessiva varia dal 60 al 75%. Le perdite principali sono dovute a evaporazione durante il lancio dell'acqua, deriva causata dal vento e infiltrazione profonda nei terreni molto permeabili. In Europa gli irrigatori fissi sono molto diffusi intensive e interessano circa 700.000-900.000 ettari. Il fabbisogno idrico medio varia tra 15 e 40 m^3/ha/h.



Figura 1.5 - Irrigazione con irrigatori fissi (Fonte: Saba Agriservice, 2026)

L'irrigazione con irrigatori mobili ha un funzionamento analogo a quella con dispositivi fissi ma con la possibilità di poter spostare l'impianto in base alle esigenze. Anche l'efficienza complessiva risulta essere molto simile, tra il 55 e il 70%, con ulteriori riduzioni di efficienza dovute agli spostamenti dell'impianto e alle variazioni di pressione. A livello europeo rappresentano una delle tipologie più diffuse nelle aziende di medio-piccole dimensioni e interessano circa 1-1,3 milioni di ettari con un fabbisogno medio che varia tra 20 e 50 m^3/ha/h.

L'irrigazione con pivot centrale è un sistema automatico rotante costituito da una lunga struttura metallica che ruota attorno a un perno centrale irrigando superfici circolari. È molto diffuso nelle grandi aziende agricole statunitensi. I vantaggi principali sono l'elevata automazione, l'ottima uniformità distributiva e la riduzione del lavoro manuale. Lo svantaggio principale è l'elevato costo di installazione. L'efficienza complessiva varia dal 75 all'85%. Le perdite principali sono dovute a evaporazione, deriva del getto causata dal vento, infiltrazione profonda e minore uniformità alle estremità del sistema. In Europa il pivot centrale è meno diffuso rispetto agli Stati Uniti, ma è in crescita nelle grandi aziende cerealicole di Spagna, Francia ed Europa orientale. Interessa ad oggi circa 500.000-700.000 ettari, con un consumo idrico medio variabile tra 10 e 30 m^3/ha/h.

Il metodo con rotolone irrigatore auto avvolgente è costituito da un tubo auto avvolgente collegato a un cannone irrigatore semovente (Figura 1.6). Registra, però, una distribuzione meno uniforme rispetto ai sistemi pivot. L'efficienza di tale metodo varia generalmente dal 50 al 65%, con perdite dovute principalmente a evaporazione, deriva da vento, variazioni di pressione. A livello europeo il rotolone è particolarmente diffuso in Italia, Francia e Germania,

su culture come mais, prati e ortive, e interessa circa 1-1,5 milioni di ettari. Il suo fabbisogno idrico è compreso generalmente tra 30 e 80 m^3/ha/h.



Figura 1.6 - Rotolone auto avvolgente per irrigazione (Fonte: Irrigazione veneta, 2026)

1.4.3 *Irrigazione localizzata*

L'irrigazione localizzata comprende quella a goccia, la subirrigazione e la microirrigazione, che sono metodi che permettono di fornire acqua direttamente o in prossimità dell'apparato radicale della pianta. Richiede impianti pressurizzati con costi iniziali più elevati, ma allo stesso tempo rappresenta uno dei sistemi più efficienti dal punto di vista idrico. È particolarmente diffusa in colture come vite, frutteti, olivi e colture orticole grazie alla possibilità di automazione dell'impianto e alla compatibilità con la fertirrigazione, che permette di somministrare fertilizzanti assieme all'acqua di irrigazione, aumentandone così, ancor di più la sua efficienza. In Europa l'irrigazione localizzata interessa circa il 25-30% delle superfici irrigate, pari a circa 2,5-3 milioni di ettari, con forte e costante crescita nei paesi mediterranei negli ultimi anni.

Nell'irrigazione a goccia l'acqua viene distribuita lentamente tramite tubi gocciolanti posti vicino alle piante (Figura 1.7). I principali vantaggi sono l'elevata efficienza irrigua, quindi il risparmio d'acqua, il minore sviluppo di infestanti e la possibilità di effettuare fertirrigazione. Gli svantaggi principali riguardano la necessità di manutenzione frequente, il rischio di occlusione dei gocciolatoi e il maggiore costo iniziale dell'impianto che deve essere anche equamente pressurizzato. L'efficienza complessiva va dall'85 al 95% e le eventuali perdite

sono dovute principalmente all'occlusione dei gocciolatoi e alla percolazione profonda causata da una gestione non corretta dei tempi irrigui. A livello europeo l'irrigazione a goccia rappresenta il sistema localizzato più diffuso e interessa circa 2-2,5 milioni di ettari. Il fabbisogno idrico medio varia generalmente tra 2 e 10 m^3/ha/h.



Figura 1.7 - Irrigazione a goccia (Fonte: Noi siamo agricoltura, 2026)

La microirrigazione rappresenta una variante dell'irrigazione a goccia a bassa portata, effettuata mediante mini-diffusori. È utilizzata soprattutto in serre e vivai. L'efficienza complessiva varia dal 75 al 90%. Le principali perdite derivano da evaporazione, deriva dovuta alle correnti d'aria e bagnatura di superfici non direttamente utili alla coltura. In Europa interessa circa 300.000-500.000 ettari, prevalentemente in serre orticole e vivai professionali. Il consumo idrico medio varia tra 3 e 12 m^3/ha/h.

La subirrigazione è un metodo di irrigazione localizzata che consiste nel fornire l'acqua alle colture direttamente a livello delle radici tramite dei tubi gocciolanti interrati alla profondità di sviluppo degli apparati radicali (Figura 1.8). Questo sistema riduce quasi completamente le perdite per evaporazione, oltre a consentire anche la fertirrigazione, mentre gli svantaggi principali sono gli elevati costi di installazione e la difficile manutenzione. L'efficienza di questo metodo varia dal 90 al 98%, con le eventuali perdite che possono essere dovute da eccessiva risalita capillare, perdite nelle tubazioni o gestione non corretta del livello idrico. In Europa la subirrigazione è ancora poco diffusa e interessa meno di 100.000 ettari, soprattutto in colture specializzate e serre ad alta tecnologia. Il fabbisogno idrico medio è uno dei più bassi tra le varie tecniche irrigue ed è compreso generalmente tra 2 e 8 m^3/ha/h.

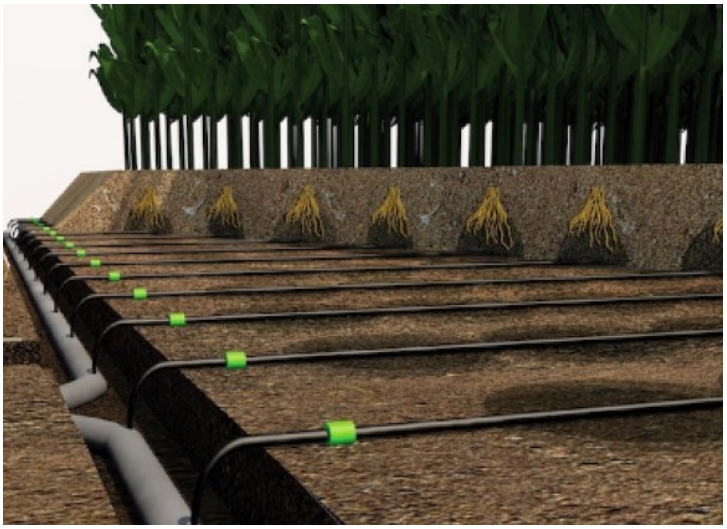


Figura 1.8 - Subirrigazione (Fonte: Alimentando.info, 2026)

1.4.4 *Irrigazione di precisione*

L'irrigazione di precisione è il risultato dello sviluppo tecnologico dei sistemi d'irrigazione. Sfruttando una serie di sensori per l'umidità del suolo, centraline automatiche, dati meteo, droni e software dedicati, riesce a dare alle piante solo l'acqua di cui hanno strettamente bisogno (Figura 1.9). L'irrigazione di precisione permette di introdurre un modello flessibile guidato dai dati ottenuti tramite la sensoristica che viene installata in campo, "data-driven farming". L'obiettivo principale è quello di ridurre al minimo le perdite di acqua somministrandola direttamente al livello dell'apparato radicale così come nella subirrigazione. A livello strutturale questo metodo di irrigazione poggia su 4 categorie di soluzioni tecnologiche che cooperano contemporaneamente, e sono:

- Sensori IoT (internet of things) – per il monitoraggio in tempo reale dei parametri bio-fisici del sistema suolo-pianta. Includono sonde capacitive per la bagnatura radicale (sensori TDR/FDR), per la misurazione dell'umidità volumetrica del suolo, tensiometri digitali, sensori di conducibilità elettrica e strumenti per il rilevamento del potenziale idrico fogliare, i quali quantificano lo stato di stress idrico effettivo della coltura.
- Droni (UAV) e telerilevamento satellitare – sistemi di rilevamento multispettrale che catturano radiazione elettromagnetiche, la cui elaborazione delle immagini, sia da droni che da satellite, permette di calcolare gli indici NDVI (normalized difference vegetation index) e CWSI (crop

water stress index), individuando precocemente anomalie della vegetazione e deficit idrici non visibili a occhio nudo.

- Sistemi di georeferenziazione satellitare (GNSS/GPS) - consentono la mappatura delle eterogeneità spaziali e pedologiche del terreno coltivato. La georeferenziazione è il prerequisito fondamentale per l'applicazione delle mappe di prescrizione tramite la tecnologia VRA (*Variable Rate Application*), capace di regolare l'erogazione idrica delle ali gocciolanti o dei sistemi semoventi metro per metro.
- Software di analisi dei big data e DSS – sistemi in grado di processare un flusso continuo di dati eterogenei, in Italia il modello di riferimento è Irriframe, il servizio di assistenza irrigua sviluppato da ANBI (Associazione Nazionale Consorzi Gestione e Tutela del Territorio e Acque Irrigue). Attraverso algoritmi matematici, il DSS incrocia i dati fisici raccolti per calcolare il bilancio idrico predittivo, restituendo all'agricoltore indicazioni precise sul momento e sul volume di adacquamento richiesto.

Questo approccio permette non solo di tagliare gli sprechi idrici e rendere l'azienda agricola molto più sostenibile, ma dà anche una spinta alla produttività delle colture. In termini di resa siamo su livelli altissimi: l'efficienza complessiva oscilla infatti tra il 90 e il 98%. Le pochissime perdite che si registrano non dipendono quasi mai dal sistema in sé, ma piuttosto da fattori umani o tecnici, come guasti alla sensoristica, errori nella programmazione dei software o una cattiva calibrazione degli strumenti. Oggi in Europa l'irrigazione di precisione copre circa il 5-10% delle superfici irrigate, trovando maggiore spazio in paesi come Spagna, Italia, Francia, Germania e Paesi Bassi. Grazie alla gestione automatizzata e intelligente dei turni di irrigazione, i consumi d'acqua si riducono del 20-40% rispetto ai metodi tradizionali.



Figura 1.9 - Irrigazione di precisione (Fonte: generazione tramite Intelligenza Artificiale, 2026)

1.4.5 *Irrigazione speciale*

Esistono altre metodologie di irrigazione chiamate speciali in quanto vengono effettuate non con lo scopo finale di apportare acqua alla coltura, ma piuttosto per salvaguardare le colture dalle avversità. Tra queste annoveriamo l'irrigazione climatizzante e l'irrigazione antibrina.

L'irrigazione climatizzante viene utilizzata soprattutto durante periodi di caldo intenso, con un obiettivo ben preciso: rinfrescare l'aria circostante e dare sollievo alle piante sotto stress termico. Il sistema consiste nel somministrare l'acqua sotto forma di goccioline piccolissime grazie a nebulizzatori o micro-irrigatori, diffuse nell'aria o direttamente sopra la chioma della vegetazione. Evaporando, l'acqua assorbe il calore circostante e abbassa naturalmente la temperatura, creando così un microclima perfetto per la crescita delle piante. È una tecnica molto diffusa all'interno di serre e vivai, ma anche nei frutteti e nei campi di ortaggi che soffrono particolarmente l'afa. I vantaggi includono meno stress da calore per le colture, un livello di umidità ideale e, di conseguenza, un aumento della produttività, anche in condizioni non ottimali. Un uso eccessivo, però, rischia di creare un ambiente ideale allo sviluppo di funghi e malattie.

L'irrigazione antibrina è una tecnica di prevenzione per salvaguardare le colture e le produzioni da possibili gelate durante il loro sviluppo. Il principio di funzionamento si fonda sul passaggio di stato dell'acqua dallo stato liquido a quello solido, in quanto comporta la liberazione di calore. L'apporto di questa energia termica consente di stabilizzare la temperatura dei tessuti vegetali in prossimità dello zero termico impedendo il raggiungimento di temperature critiche, responsabili della necrosi cellulare e di danni irreparabili alle piante. L'irrigazione antibrina è molto utilizzata nei frutteti e nei vigneti, specialmente per colture come melo, pero, kiwi, vite, pesco e albicocco, che risultano particolarmente sensibili alle basse temperature primaverili. Il vantaggio principale di questo sistema è quello di proteggere i raccolti e ridurre le perdite produttive causate dal gelo. Tuttavia, presenta anche alcuni limiti: richiede grandi quantità d'acqua, comporta elevati costi energetici e necessita di impianti efficienti e ben controllati. Inoltre, in caso di forte formazione di ghiaccio, si possono verificare danni ai rami per il peso accumulato.

1.4.6 *Analisi comparativa dei i vari metodi di irrigazione*

Di seguito, nelle Tabelle 1.1,1.2 e 1.3, è stata fatta un'analisi comparativa riassuntiva tra i veri metodi di irrigazione in particolare riguardante i costi di manutenzione degli impianti, l'efficienza dei sistemi irrigui e i volumi di acqua richiesti espressi in portata idrica tipica con

unità di misura m^3/h/ha. Permettono in maniera riassuntiva, inoltre, di comparare punti di forza e debolezza dei vari sistemi irrigui.

Tabella 1.1 - Efficienza dei sistemi irrigui (Fonte: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, e documentazione tecnica CREA, 2026)

Metodo	Efficienza Applicazione (%)	Efficienza Distribuzione (%)	Efficienza immagazzinamento (%)	Efficienza complessiva (%)
Sommersione	60-70	60-80	50-60	30-50
Scorrimento superficiale	60-75	60-80	50-60	35-55
Irrigazione a solchi	70-80	70-85	60-70	40-60
Irrigatori fissi	75-85	80-90	70-80	60-75
Irrigatori mobili	70-80	75-85	65-75	55-70
Pivot centrale	80-90	85-95	70-80	75-85
Rotolone irrigatore	65-85	70-85	60-70	50-65
Irrigazione a goccia	90-95	90-95	80-90	85-95
Microirrigazioe	85-90	85-95	70-80	75-90
Subirrigazione	90-95	90-95	90-95	90-98

Nota: I valori riportati rappresentano intervalli medi di efficienza ricavati dalla letteratura tecnica; l'efficienza complessiva corrisponde alla quota di acqua effettivamente utilizzata dalla coltura e può variare in funzione di clima, tipologia di suolo, manutenzione dell'impianto, gestione irrigua e uniformità di distribuzione.

Nella tabella precedente, Tabella 1.1, per efficienza di applicazione si intende l'acqua che raggiunge effettivamente il suolo al netto delle perdite per deriva, evaporazione e distribuzione fuori bersaglio. L' efficienza di distribuzione invece, si riferisce all' uniformità di distribuzione dell'acqua sulla superficie irrigata, e quindi un valore elevato indica che tutte le piante ricevono quantità uguali di fonte irrigua. Inoltre, l'efficienza di immagazzinamento rappresenta ala quota di acqua che rimane disponibile nell'orizzonte di suolo esplorato dalle radici al netto delle perdite per percolazione profonda. Infine, il valore dell'efficienza complessiva evidenzia la percentuale di acqua realmente usata dalle colture rispetto al volume prelevato.

Tabella 1.2 - Costi d'impianto e di manutenzione (Fonte: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, CREA e manuali tecnici dei Consorzi di Bonifica italiani, 2026)

Metodo	Costo impianto €/ha	Manutenzione €/ha/anno
Sommersione	600	40
Scorrimento superficiale	800	60
Irrigazione a solchi	1.000	80
Irrigatori fissi	1.800	120
Irrigatori mobili	1.500	110
Pivot centrale	1.400	90
Rotolone irrigatore	1.200	130
Irrigazione a goccia	2.500	180
Microirrigazioe	2.200	170
Subirrigazione	4.000	250

Nota: I valori riportati rappresentano costi medi per ettaro elaborati da documentazione tecnica europea e internazionale relativa ai sistemi irrigui. I costi effettivi possono variare in funzione della dimensione dell'impianto, delle caratteristiche aziendali, dal livello di automazione e dei prezzi locali di materiali e manodopera.

Tabella 1.3 - Volumi di acqua richiesti per i vari metodi (Fonte: documentazione tecnica FAO, linee guida United States Department of Agriculture – Natural Resources Conservation Service, manuali tecnici CREA, 2026)

Metodo	Portata tipica richiesta m^3/h/ha
Sommersione	40-80
Scorrimento superficiale	20-60
Irrigazione a solchi	15-50
Irrigatori fissi	10-40
Irrigatori mobili	15-50
Pivot centrale	20-80
Rotolone irrigatore	30-70
Irrigazione a goccia	1-8
Microirrigazioe	2-15
Subirrigazione	1-5

Note: I valori sono espressi in metri cubi d'acqua distribuiti per ora e per ettaro (m^3/h/ha) e possono variare in funzione della coltura, della tessitura del terreno, della pressione di esercizio, delle condizioni climatiche, del turno irriguo e del livello di automazione dell'impianto. Nei sistemi localizzati (goccia, subirrigazione e irrigazione di precisione) le portate risultano significativamente inferiori rispetto ai sistemi per aspersione o scorrimento grazie alla distribuzione mirata dell'acqua nella zona radicale.

Capitolo 2
AGRICOLTURA ED ACQUA: CONTESTO EUROPEO E ITALIANO

La gestione e l'utilizzo della risorsa idrica da parte dell'agricoltura rappresentano i due fattori più critici per la sostenibilità del settore in Europa, il quale deve confrontarsi anche con una crescente pressione climatica e un aumento dei periodi di siccità. Con questo capitolo si intende analizzare il quadro dei consumi, prelievi e delle superfici irrigue in Europa e in Italia, evidenziando l'eterogeneità tra le varie zone geografiche del Continente, tramite un'analisi statistica che compara i principali dati riguardanti la risorsa idrica.

2.1 **Contesto europeo**

Secondo una recente relazione dell'Agenzia europea dell'ambiente (EEA, 2024), il 24% delle estrazioni idriche in Unione europea (UE) sono attribuite al settore primario. Viene inoltre evidenziato come negli ultimi trent'anni però, si sia registrata una riduzione delle pressioni sulle risorse idriche dovute al comparto agricolo, grazie a un miglioramento nell'efficienza del loro utilizzo. A livello europeo, il consumo di acqua dovuto all'agricoltura è diminuito del 28% rispetto al 1990; nonostante ciò, in molti Paesi europei che si affacciano nel Mediterraneo, durante i mesi estivi, l'irrigazione rappresenta fino al 70% dei prelievi totali di risorsa idrica. Nel continente europeo, i consumi e le superfici agricole irrigabili sono concentrati in pochi Paesi, ovvero Spagna, Italia, Grecia, Francia e Portogallo; questi Paesi rappresentano il 96% dell'acqua estratta per uso agricolo e il 60% della SAU irrigabile europea, ovvero circa 15 milioni di ettari, secondo i dati Eurostat. Tale concentrazione delle pratiche irrigue sono determinate da condizioni climatiche e tipologie di colture praticate in questi Paesi. Difatti, la produzione agricola in questi Stati si basa su culture con alto fabbisogno di acqua, come orticole, viti da vino e olivo, con quest'ultime due colture che tradizionalmente non erano irrigate ma che con il cambiamento climatico e periodi di siccità sempre più lunghi e frequenti stanno diventando a forte vocazione irrigua. A livello climatico, invece, queste Nazioni hanno delle estati tipicamente calde durante le quali le colture principalmente coltivate sono nelle fasi dei cicli produttivi molto delicate e quindi necessitano di irrigazione costante; questo perché se non viene soddisfatto il loro fabbisogno idrico si può andar a compromettere

l'intera resa. Proprio per queste motivazioni che questi quattro Paesi europei rappresentano circa il 96% dell'acqua estratta a uso agricolo, come riportato nella Figura 2.1 che mette a confronto le intensità di estrazione dei vari paesi europei.

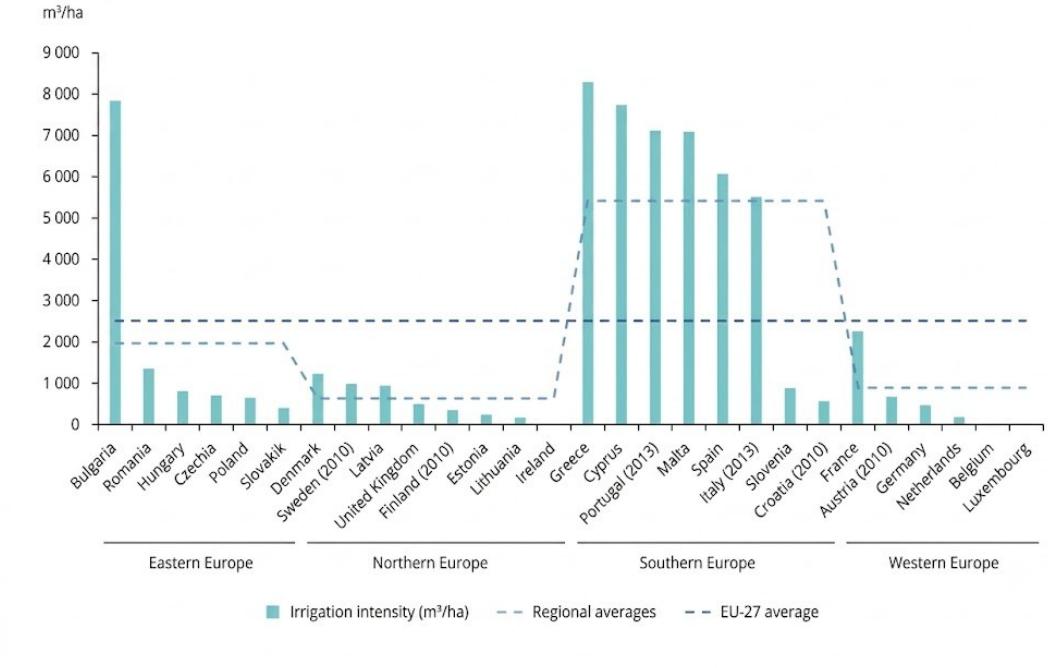


Figura 2.1 - Intensità di estrazione di acqua per irrigazione - 2016; metri cubi per ettaro (Fonte: EEA, n.12-2021)

Per quanto riguarda l'incidenza della superficie irrigata sulla SAU nazionale, come evidenziato anche dall'osservatorio sul settore idrico di Intesa Sanpaolo del 2025, e illustrata nella Figura 2.2 sottostante, l'Italia si colloca tra i primi posti in Europa con il 20%, dietro soltanto a Malta, Cipro, e Grecia, mentre la Spagna ha un'incidenza nettamente inferiore e pari a 13,2%. Nei Paesi dell'Europa settentrionale, la pratica irrigua ha un valore più marginale grazie alle condizioni climatiche favorevoli e abbondanti quantità di piogge durante l'anno; infatti, l'incidenza della superficie irrigata è in media in questi Paesi del 2%. Anche la Germania, pur disponendo di ampie superfici irrigabili, ha una propensione relativamente contenuta all'irrigazione: circa il 3% della SAU risulta infatti irrigato. È importante notare come i dati medi nazionali tendano a nascondere le profonde differenze territoriali che caratterizzano i vari Stati Membri, ovvero l'irrigazione solitamente è concentrata maggiormente nelle regioni maggiormente vocate all'attività agricola in cui si concentra gran parte ella produzione nazionale, ad esempio in Italia, la Pianura Padana rappresenta una delle aree caratterizzate dalla maggiore concentrazione di superfici irrigate nel Paese, e da un

utilizzo particolarmente intensivo delle risorse idriche a fini agricoli rispetto al resto della penisola.

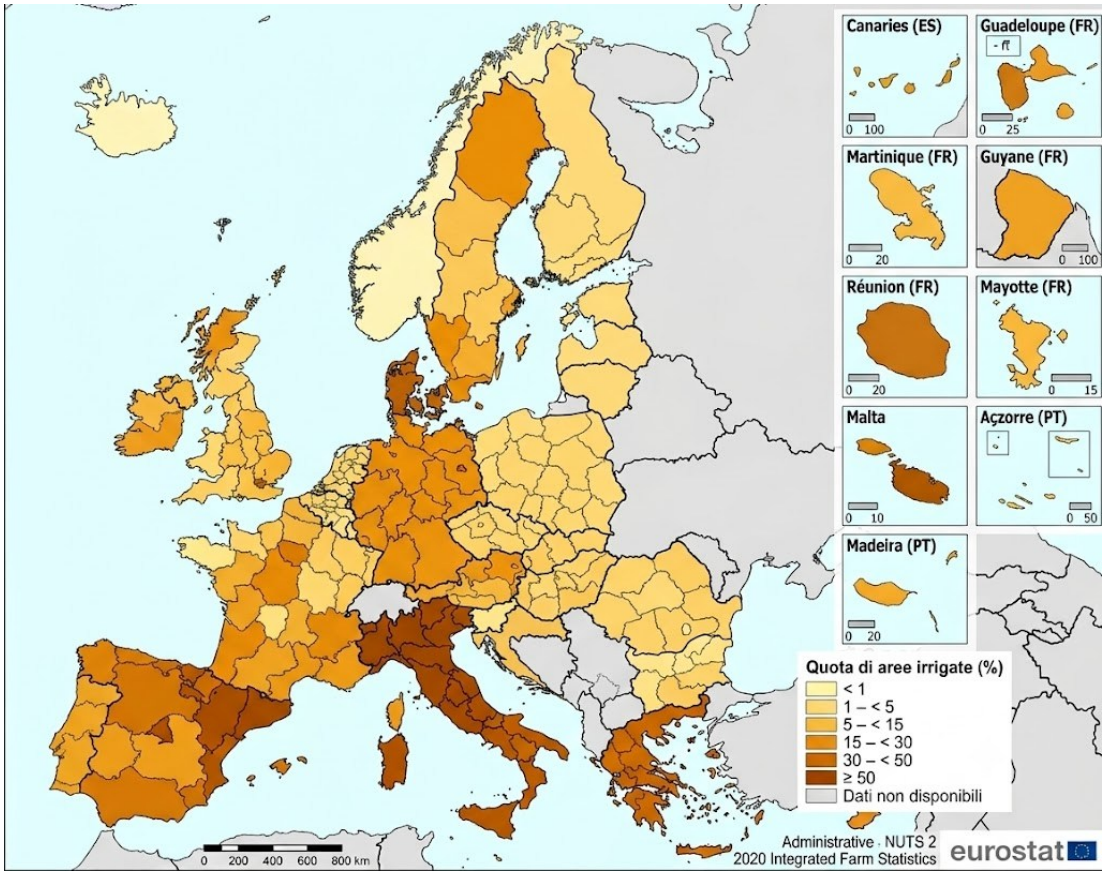


Figura 2.2 - Superficie irrigata in UE - 2020; in % sul tot. della superficie agricola utilizzata (Fonte: Eurostat, 2026)

Le differenze tra i diversi Paesi emergono anche nell'intensità dei prelievi idrici rapportati alla superficie agricola. In generale, i Paesi dell'Europa mediterranea mostrano livelli di utilizzo dell'acqua significativamente superiori rispetto alla media europea, mentre i Paesi del Nord Europa, dell'Europa orientale e dell'Europa occidentale presentano valori decisamente più contenuti, fatta eccezione per Francia e Bulgaria.

Quando si parla di superficie di terreno nel contesto dell'irrigazione, è bene effettuare la distinzione tra superficie effettivamente irrigata, ovvero la superficie agricola in cui è stato effettuato almeno un intervento irriguo nel corso dell'annata agraria, e quella potenzialmente irrigabile, che invece rappresenta la quota di superficie dotata di infrastrutture e impianti irrigui funzionanti. Solitamente il valore della SAU effettivamente irrigata risulta essere inferiore rispetto a quella irrigabile con una differenza che può essere più o meno elevata in funzione

dell'andamento climatico e delle colture praticate nell'annata considerata. Nel 2016, la superficie effettivamente irrigata nell'eurozona era pari a 10,2 milioni di ettari, rispetto ai 14,9 milioni di ettari potenzialmente irrigabili, con la Spagna al primo posto con 3 milioni di ettari seguita poi dall'Italia.

L'azienda agricola per irrigare le proprie colture può avvalersi di varie metodologie di irrigazione come abbiamo visto e i principali sistemi di irrigazione utilizzati in Europa sono: irrigazione per superficie o scorrimento, irrigazione per aspersione e irrigazione localizzata, prevalentemente a goccia, ripartiti come mostrato in Figura 2.3.

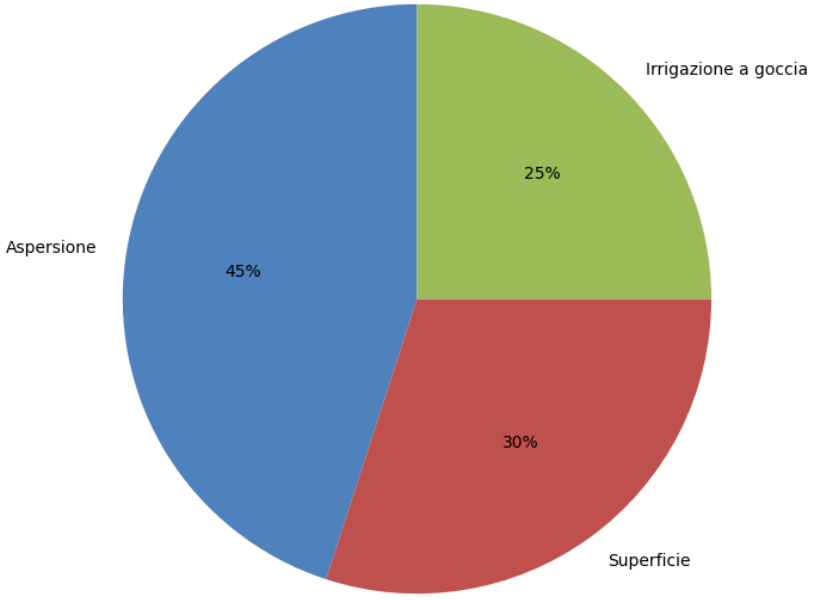


Figura 2.3 - Principali metodi di irrigazione in Europa (Fonte: elaborazione dati FAO, 2026)

L'irrigazione per superficie o per scorrimento rappresenta il metodo più tradizionale ed è ancora diffusa soprattutto nelle aree cerealicole e nelle colture estensive dell'Europa orientale e di alcune regioni mediterranee. Questo sistema presenta però delle criticità a livello di efficienza, con valori bassi dovuti al fatto che una quota significativa dell'acqua distribuita viene persa per evaporazione o infiltrazione. L'irrigazione per aspersione risulta invece particolarmente diffusa nei Paesi dell'Europa centrale e settentrionale, come Francia, Germania e Paesi Bassi. Sebbene garantisca una distribuzione relativamente uniforme dell'acqua, richiede un maggiore consumo energetico e può risultare meno efficiente in presenza di elevate temperature o forti venti, a causa delle perdite per evaporazione e deriva.

Negli ultimi anni si è fortemente diffuso il metodo di irrigazione localizzata a goccia, soprattutto nei Paesi mediterranei, grazie alla sua elevata efficienza e al fatto che può essere associato a pratiche di fertirrigazione. Secondo studi effettuati della FAO, la diffusione dell'irrigazione a goccia è destinata a crescere ulteriormente come strategia di adattamento ai cambiamenti climatici.

Per quanto riguarda le fonti di approvvigionamento idrico in agricoltura, le principali risorse utilizzate in Europa, come riportato nella Figura 2.4 sono: le acque superficiali, le acque sotterranee, il riutilizzo delle acque reflue trattate e, in misura ancora limitata, la desalinizzazione delle acque marine.

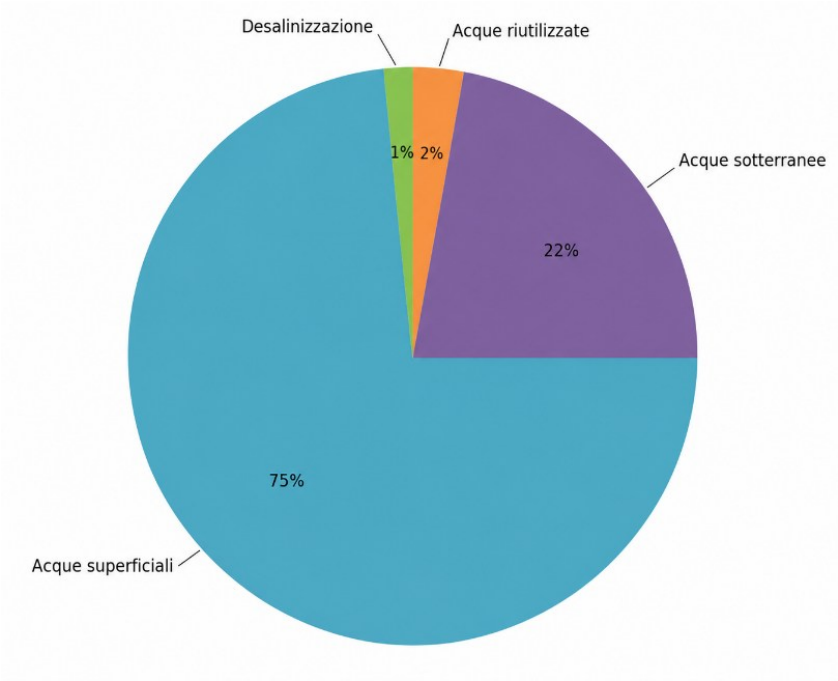


Figura 2.4 - Principali fonti di approvvigionamento idrico agricolo in Europa (Fonte: elaborazione dati FAO, 2026)

Le acque superficiali, provenienti da fiumi, laghi, invasi artificiali e bacini di accumulo, costituiscono ancora la principale fonte di approvvigionamento per il settore agricolo europeo. Secondo i dati EEA, circa il 75% dei prelievi idrici europei deriva da risorse superficiali. La crescente variabilità climatica, però, sta progressivamente riducendo l'affidabilità di tali risorse, soprattutto nelle regioni mediterranee. Per questo motivo, l'utilizzo delle falde acquifere è notevolmente aumentato negli ultimi anni, rappresentando una fonte di approvvigionamento fondamentale durante lungi periodi siccitosi. Tuttavia, lo sfruttamento ai quali gli acquiferi sono sottoposti ultimamente sta compromettendo la loro stabilità e la loro

capacità di ricarica naturale. A tal proposito, sta assumendo un'importanza sempre maggiore il riutilizzo delle acque reflue depurate, pratica diffusa in modo particolare in Paesi con scarsità idrica e promossa dall'UE come strumento strategico per la resilienza del settore agricolo e per ridurre la pressione sulle risorse naturali. Il riutilizzo delle acque reflue depurate consiste nel processo di trattamento avanzato (affinamento) delle acque di scarico urbane o industriali per destinarle a usi civili, industriali e agricoli in sicurezza. Nelle aree costiere, si sta diffondendo anche la desalinizzazione delle acque marine, soprattutto a Malta e in alcune regioni della Spagna. La diffusione in larga scala di questa tecnologia, però, è ancore fortemente limitata dagli elevati costi energetici che richiede.

Nel complesso, l'agricoltura europea, in particolare quella mediterranea, sta entrando in una fase di crescente tensione idrica strutturale. Non si tratta più soltanto di affrontare episodi occasionali di siccità, ma di gestire una trasformazione profonda del sistema idrico europeo, dovuta dall'interazione tra cambiamento climatico e crescente domanda agricola di acqua. In questo contesto, l'Italia risulta essere uno dei Paesi maggiormente esposti ai rischi derivanti dalla scarsità idrica.

Per affrontare tali criticità, l'Europa ha introdotto una serie di norme la cui colonna portante è la Direttiva Quadro sulle Acque che mira al mantenimento del buono stato dei corpi idrici. Nella Direttiva sono statui fissati alcuni principi chiave, tra cui l'obbligo degli Stati membri a elaborare Piani di Gestione dei Bacini Idrografici, nei quali vengono definiti il monitoraggio delle risorse idriche, obiettivi di qualità e le misure da adottare negli anni successivi. In particolare, si parla del mantenimento del "buono stato" e del "non deterioramento" delle risorse idriche. Il raggiungimento e il mantenimento del "buono stato" delle acque superficiali implica la combinazione di due fattori, i quali devono essere entrambi conformi ovvero:

- Lo stato ecologico, focalizzato sulla qualità e sulla sostenibilità della vita acquatica
- Lo stato chimico, che rileva la presenza di microinquinanti e sostanze tossiche e persistenti normate a livello europeo.

Mentre il raggiungimento di tale condizione nelle acque sotterranee si fonda sullo stato quantitativo, inteso come la condizione per la quale il livello di estrazione antropica dalla falda non superi il suo livello di ricarica naturale, e lo stato chimico come per le acque superficiali. Per il vincolo del non deterioramento, si intende invece, che se un fiume è già in stato "eccellente" o "buono", gli Stati membri hanno l'obbligo di fare in modo che la sua qualità non scenda mai di una classe, proteggendolo attivamente.

Inoltre, viene definito che, per effettuare prelievi o accumuli di acqua è necessario ottenere preventivamene un'autorizzazione, senza la quale si viene sottoposti a sanzione secondo la legge vigente dei vari Stati membri. A ciò, sotto il punto di vista normativo si aggiungono le iniziative del Green Deal europeo,2020, come la Strategia per l'adattamento al cambiamento climatici e il Regolamento sul riutilizzo della risorsa, la Strategia Farm to Fork, che incentiva la depurazione delle acque reflue per l'irrigazione riducendo i prelievi dalle falde.

2.1.1 *Politica agricola in Europa*

Per la gestione ed efficienza della risorsa irrigua nel comparto agricolo, assume un ruolo fondamentale la Politica Agricola Comune (PAC), ovvero il programma dell'UE volto a sostenere il settore primario e lo sviluppo dei territori rurali, finanziato tramite il Fondo Europeo Agricolo di Garanzia e il Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale. Nata per garantire la sicurezza alimentare e prezzi equi ai consumatori europei, la PAC ha progressivamente integrato una forte dimensione economica, ambientale e sociale. I suoi obiettivi prioritari mirano a tutelare il reddito degli agricoltori e la redditività delle imprese di fronte alla variabilità dei mercati e alle crisi climatiche, salvaguardando al contempo le risorse naturali. In quest'ottica, i fondi comunitari incentivano la transizione ecologica, attraverso la riduzione dell'impatto ambientale, la protezione della biodiversità e la gestione sostenibile di suolo e acqua favorendo l'innovazione digitale e il ricambio generazionale. Ma non sempre il rapporto tra sussidi e sostenibilità idrica è stato centrato, mostrando criticità soprattutto nei cicli di programmazione passati; infatti, la programmazione della PAC nel periodo tra il 2014 e il 2020 ha registrato un successo parziale sotto il punto di vista della tutela della risorsa irrigua, nonostante era uno dei temi centrali. A dimostrazione di ciò, l'audit della Corte dei conti europea del 2021 ha evidenziato come i fondi della PAC 2014-2020 abbiano incentivato un incremento del consumo di risorsa idrica invece di promuovere una maggiore efficienza nel suo uso. Infatti, nonostante l'erogazione dei pagamenti era subordinata al rispetto delle norme ambientali, i controlli ex-post (dopo la realizzazione dell'opera) erano veramente rari e le sanzioni irrisorie. Nel periodo 2015-2018, solo l'1,2% dei beneficiari, soggetti alla BCAA 2 (Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali), un insieme di prerequisiti obbligatorie stabilite dall'UE per accedere ai sostegni della PAC, sono stati sottoposti a verifiche, rilevando una quota di inflazione del 1,5%, sanzionata con una riduzione del 3% dei contributi spettanti, a dimostrazione della bassa entità delle sanzioni imposte. Il recepimento dell'audit della Corte dei conti da parte della Commissione europea ha comportato una profonda revisione nella programmazione 2021-2027, introducendo il principio della condizionalità rafforzata, ovvero l'erogazione dei fondi e dei sostegni annuali è vincolata al rigido rispetto degli standard in

materia ambientale, di salute vegetale e animale, ovvero di BCAA che in tema di tutela delle acque sono:

- BCAA 1 (Fasce tampone): obbligo di mantenere fasce vegetate non lavorate e non trattate lungo i corsi d'acqua per intercettare nitrati e agrofarmaci prima che raggiungano i corpi idrici.
- BCAA 2 (Protezione delle zone umide e delle torbiere): salvaguardia degli ambienti ricchi di carbonio e dei bacini naturali di laminazione e ritenzione idrica.
- BCAA 7 (Rotazione delle colture sui seminativi): obbligo di avvicendamento colturale annuale su parcella, fondamentale per migliorare la struttura del terreno, spezzare i cicli dei parassiti e incrementare la ritenzione idrica del suolo.

Inoltre, nella programmazione 2021-2027, sono stati inseriti dei regimi ecologici, gli eco-schemi, per i quali l'adesione dell'agricoltore è facoltativa e dà diritto a un premio annuale aggiuntivo a superficie, a patto che l'azienda rispetti impegni agronomici che superano i requisiti della condizionalità rafforzata. L'accesso ai sussidi viene, così, subordinato agli obiettivi della Direttiva Quadro sulle Acque, e della recente European Water Resilience Strategy del 2025, la quale individua nella PAC uno dei mezzi più determinanti per lo sviluppo di programmi innovativi orientati alla resilienza idrica.

2.2 **Contesto italiano**

Come riportato in Figura 2.5, la SAU in Italia, secondo i dati Eurostat del 2026, ammonta a 12,5 milioni di ettari, circa la metà delle altre maggiori potenze europee a livello agricolo, come Spagna e Francia, con rispettivamente 23,6 e 27,6 milioni di ettari.

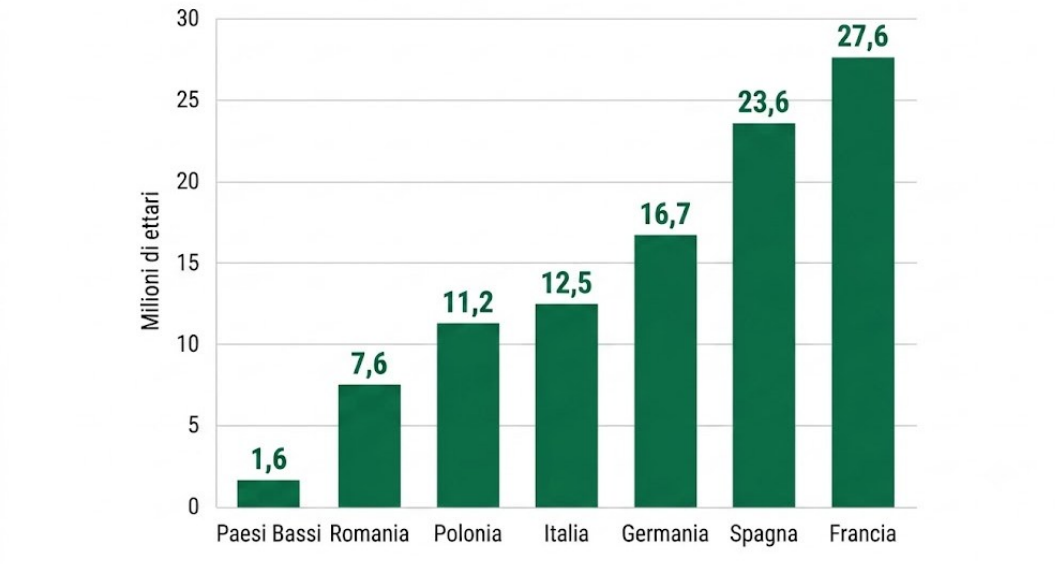


Figura 2.5 - Superficie agricola utilizzata nei principali Paesi europei - milioni di ettari (Fonte: nostra elaborazione su dati Eurostat, 2026)

Nonostante ciò, il comparto agricolo italiano conta un valore aggiunto per ettaro tra i più alti in Europa, circa 3.000 euro per ettaro di SAU. Questo valore quasi doppio rispetto agli altri leader europei, evidenziato nella Figura 2.6, dimostra l'importante ruolo del settore primario nell'economia del Paese, che nel 2023 ha contribuito a circa il 4% del valoro aggiunto totale italiano.

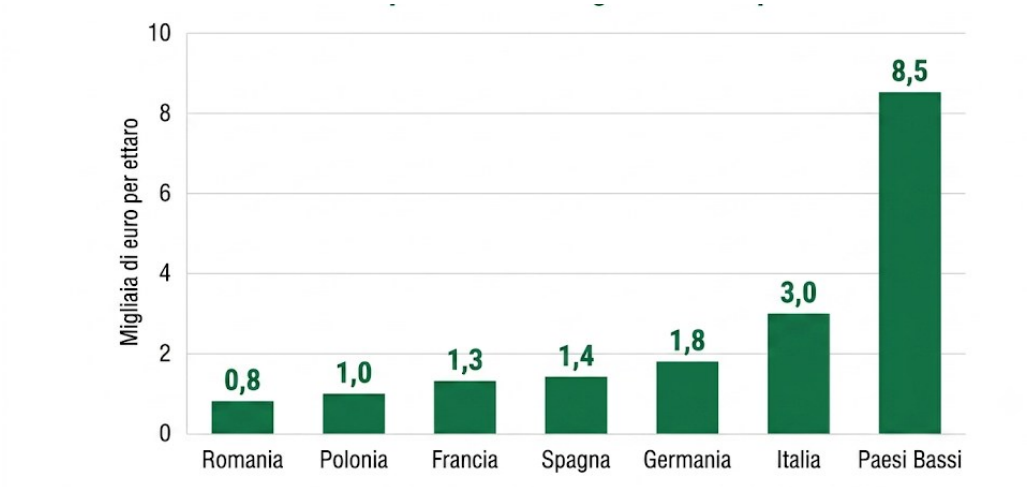


Figura 2.6 - Valore aggiunto per superficie agricola utilizzata - migliaia di euro per ettaro; 2023 (Fonte: nostra elaborazione su dati Eurostat, 2026)

Considerando i dati del Settimo Censimento dell'Agricoltura (2020), il modello agricolo italiano risulta essere fortemente frammentato, con un elevato numero di aziende (più di 1 milione) ma di dimensioni medio-piccole (circa 11 ettari). Tale struttura determina un valore aggiunto per azienda inferiore rispetto agli altri competitor del continente ma allo stesso tempo favorisce produzione altamente specializzate e di elevata qualità. Tra le produzioni agricole che caratterizzano il Belpaese troviamo colture tipiche mediterranee. Particolarmente rilevante è il ruolo dell'agricoltura biologica, che rappresenta non solo una risposta crescente alla domanda di sicurezza alimentare e qualità dei consumatori, ma anche uno strumento fondamentale per mitigare gli effetti dei cambiamenti climatici e ridurre la pressione sulle risorse naturali. L'Italia è tra i leader europei del biologico: nel 2024 le superfici coltivate con metodo biologico hanno superato i 2,5 milioni di ettari, pari a circa il 20% della SAU nazionale, registrando un incremento del 2% rispetto all'anno precedente. A questo proposito, la strategia europea "Farm to Fork" collega esplicitamente l'espansione dell'agricoltura biologica alla tutela delle risorse idriche e degli ecosistemi agricoli, fissando l'obiettivo del 25% di SAU biologica entro il 2030. L'Italia risulta oggi uno dei Paesi più vicini al raggiungimento di questo target europeo e tra le regioni più vocate al biologico figurano proprio le Marche, dove circa il 29,6% della SAU è destinato a coltivazioni biologiche.

In Italia, stando al report Intesa Sanpaolo, 2025, il comparto agricolo è il maggior utilizzatore di acqua rispetto agli altri settori con un'incidenza del 60% sui consumi totali sia per scopi irrigui che zootecnici. L'agricoltura, infatti, è la prima a risentire delle carenze idriche dovute sia alla scarsità della risorsa che alla crescente competizione per il suo approvvigionamento. Secondo il Settimo Censimento dell'Agricoltura, la superficie agricola irrigabile in Italia è pari a circa 3,8 milioni idi ettari, mentre quella effettivamente irrigata risulta essere 2,8 milioni di ettari, pari al 20% della SAU. nazionale. Complessivamente, di circa 484.000 aziende che hanno impianti per l'irrigazione, solo il 65% ha effettivamente irrigato nel 2020 con un grado di utilizzo delle infrastrutture irrigue del Paese del 67%. La distribuzione delle superfici irrigabili sul territorio nazionale presenta profonde differenze a livello regionale. La maggior parte delle superficie irrigabili si concentra nel Nord Italia; Lombardia, Veneto e Piemonte rappresentano da sole quasi il 50% della SAU irrigabile. irrigabile. La propensione regionale all'irrigazione, ovvero la quota di SAU irrigata rispetto a quella irrigabile, più elevata, si trova in Trentino-Alto Adige (94% in provincia di Bolzano e 88% a Trento) e Valle d'Aosta, con l'89% della superficie irrigabile effettivamente irrigata, a cui seguono Lombardia e Piemonte (84% ciascuna) e Campania (81%). Nelle regioni del Centro (Marche e Umbria), invece, si registra la minore propensione all'irrigazione, con meno

del 40% della superficie irrigabile che viene di fatto irrigata. Possiamo, inoltre, confrontare questi dati tra le varie regioni nelle Figure 2.7 e 2.8 seguenti.

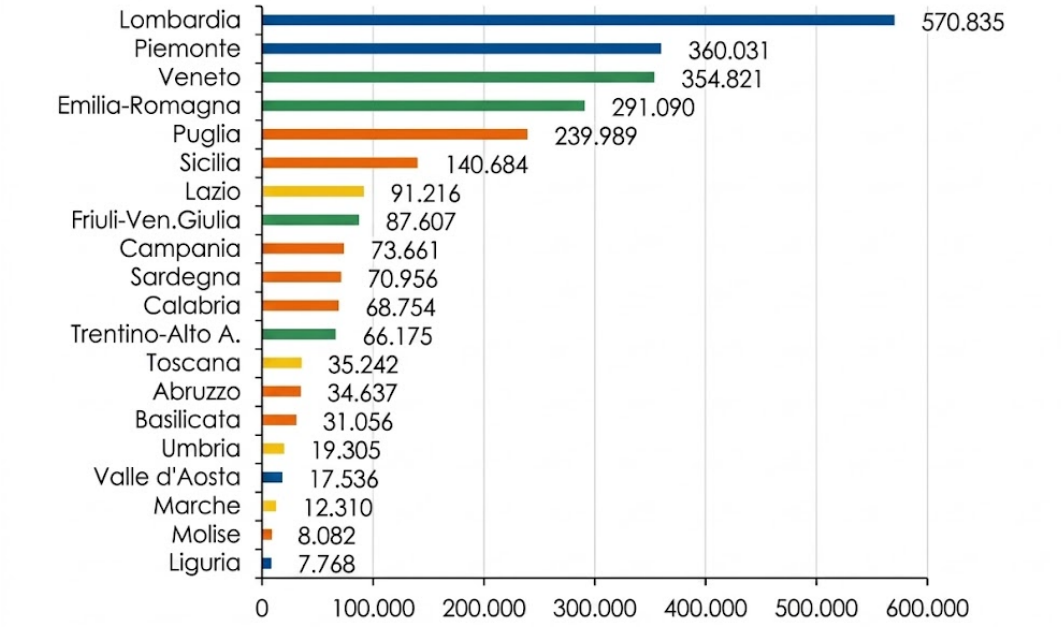


Figura 2.7 - Superfici irrigate per regione - 2020 (Fonte: elaborazione Intesa Sanpaolo su dati Istat, 2026)

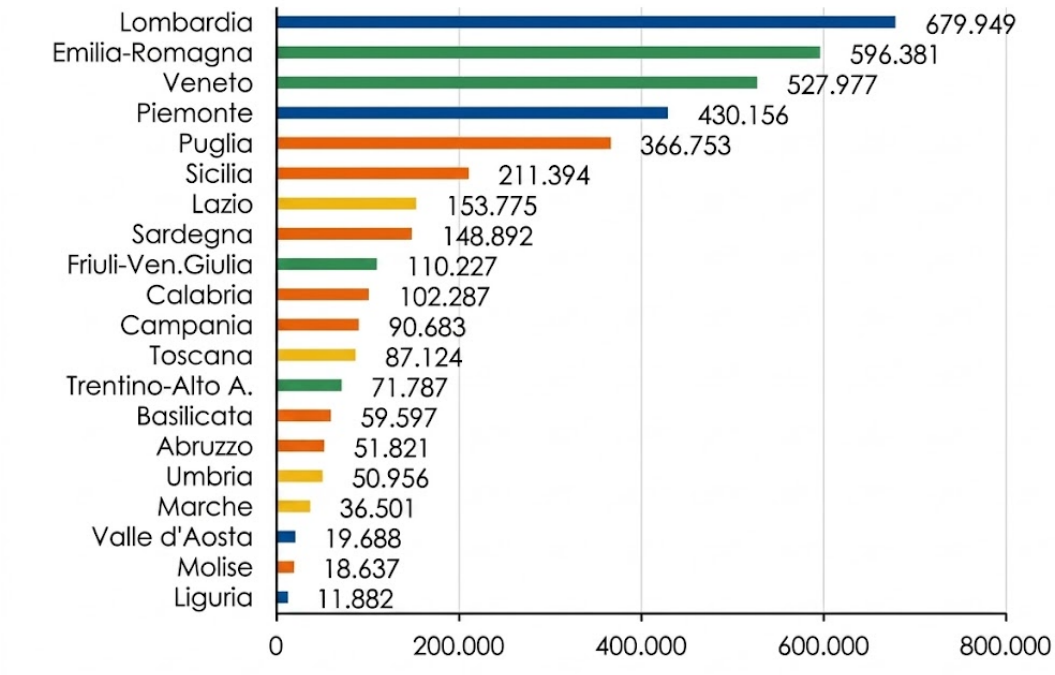


Figura 2.8 - Superfici irrigabili per regione - 2020 (Fonte: elaborazione Intesa Sanpaolo su dati Istat, 2026)

Nel decennio tra il 2010 e il 2020, le superfici irrigate sono aumentate nel Paese di circa il 7%; allo stesso tempo, però, il numero di aziende irrigue è diminuito del 22%, con questa riduzione particolarmente concentrata nel Mezzogiorno. Questo fenomeno evidenzia un processo di concentrazione produttiva in cui solo le aziende agricole di maggiori dimensioni ed economicamente più solide, riescono a intercettare fondi europei e sostenere investimenti in infrastrutture irrigue e tecnologie per affrontare il costante aumento della variabilità climatica, che negli ultimi anni ha determinato un aumento dei periodi di siccità e alterato fortemente i regimi pluviometrici, in particolare nel sud della Penisola, a dimostrazione del fatto che la riduzione delle aziende irrigue sia particolarmente concentrata nelle regioni del sud Italia. Questi cambiamenti stanno facendo sì che l'agricoltura sia sempre più dipendente dall'irrigazione affinché possa assicurare delle rese, lasciando ai margini del settore tutte quelle piccole imprese che non riescono a fronteggiare investimenti per poter irrigare in maniera efficiente le loro colture.

Per quanto riguarda i prelievi idrici, i dati ISTAT, evidenziano che in Italia vengono prelevati annualmente circa 30 miliardi di metri cubi d'acqua, di cui oltre il 40% destinato all'agricoltura. Le colture che richiedono maggiori quantità di acqua sono il mais da granella (circa il 19% dei consumi irrigui), la vite (9%), le foraggere (9%) e le ortive (8%), dati evidenziati anche nella Figura 2.9 seguente (ISTAT, 2020).

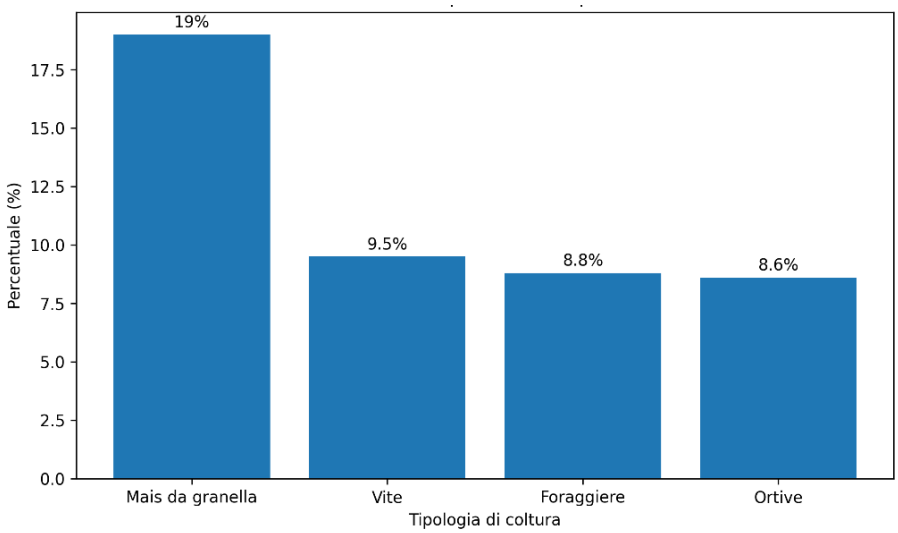


Figura 2.9 - Suddivisone prelievi idrici per coltura (Fonte: nostra elaborazione dati ISTAT, 2026)

Con l'innalzamento delle temperature e l'aumentare dei periodi di stress idrico, in Italia ma anche in altri Paesi che si affacciano sul Mediterraneo, alcune colture che tradizionalmente

erano praticate in asciutto si stanno convertendo in irrigue., Tra tutte spiccano il girasole, con un aumento della pratica irrigua del 50%, così come le leguminose con valori analoghi.
Le fonti di approvvigionamento idrico nel settore agricolo italiano derivano:

- 50% da acque superficiali, valore più basso rispetto alla media europea del 75%;
- 44% dalle acque sotterranee, dato maggiore rispetto agli altri paesi europei;
- 6% da altre fonti, quali ad esempio depurazione e recupero di acque reflue.

Circa il 60% dei prelievi irrigui è gestito attraverso il servizio irriguo collettivo, organizzato principalmente dai Consorzi di Bonifica, ovvero degli enti pubblici che gestiscono e distribuiscono l'acqua per l'irrigazione agricola, occupandosi anche della manutenzione di canali e argini per prevenire alluvioni e difendere il territorio dal dissesto idrogeologico.
Secondo il 7° Censimento Generale dell'Agricoltura dell'ISTAT (2020), il volume medio di acqua utilizzato per irrigare un ettaro di terreno è pari a circa 4.700 m³, con una notevole variabilità in funzione delle colture praticate e delle caratteristiche aziendali. I volumi irrigui per ettaro risultano più elevati nelle aziende di maggiori dimensioni; infatti, stando ai dati ISTAT e CREA (2020), per irrigare un ettaro di terreno, le aziende con elevata superficie agricola utilizzano in media 7.000 m³ per ettaro contro i 3.000 m³ per ettaro delle aziende di piccole dimensioni. Parallelamente, però, la propensione all'irrigazione tende a diminuire nelle aziende di grandi dimensioni; infatti, la quota di SAU irrigata passa dal 34% nelle piccole aziende all'11% in quelle più grandi.
Per una gestione più efficiente dell'acqua irrigua con la Direttiva Quadro sulle Acque del 2000/60/CE, sono stati introdotti i distretti idrografici che sono aree naturali divise in base ai bacini dei fiumi, esse non seguono confini politici, e sono stati creati proprio per pianificare e gestire l'uso della risorsa idrica e prevenire alluvioni o siccità. In Italia sono 7 questi distretti ovvero: Padano, Sardegna, Sicilia, Appennino Centrale, Appennino Meridionale, Appennino Settentrionale, Alpi Orientali e il Bacino Pilota Serchio.

L'analisi della Penisola proprio per distretto idrografico mostrata anche in Figura 2.10, evidenzia che quasi il 50% della superficie irrigata nazionale è concentrato nel distretto Padano, seguono il distretto degli Appennini Meridionali, con circa il 19%, e quello delle Alpi Orientali, con il 15% della superficie irrigata complessiva, mentre il restante 16% è distribuito tra i distretti dell'Appennino Settentrionale, dell'Appennino Centrale, della Sicilia, della Sardegna e del Bacino Pilota del Serchio. I dati evidenziano inoltre come il distretto Padano rappresenti anche l'area con i maggiori consumi irrigui, assorbendo circa il 64% dei volumi irrigui nazionali e registrando consumi superiori ai 6.000 m³ per ettaro irrigato, ben al di sopra della media nazionale.

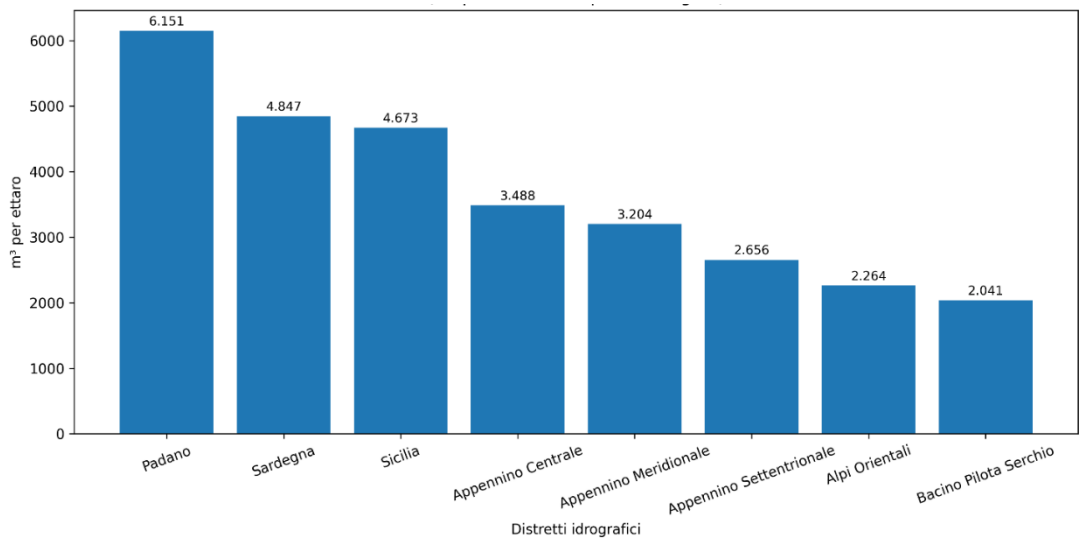


Figura 2.10 - Volumi irrigui utilizzati per distretti idrografico - metri cubi per ettaro di superficie irrigata (Fonte: nostra elaborazione dati ISTAT,2026)

Dal punto di vista delle tecniche irrigue, l'Italia presenta caratteristiche differenti rispetto alla media europea, come riportato dalla Figura 2.11. Circa il 45% delle superfici irrigate utilizza sistemi ad aspersione, il 35% impiega irrigazione localizzata a goccia, metodologia in forte crescita rispetto al passato (+17,5% rispetto al 2010), mentre il 15% ricorre ancora all'irrigazione per scorrimento (ISTAT,2020). Le diverse aree del Paese si contraddistinguono per differenze nei vari metodi di irrigazione in funzione anche delle caratteristiche territoriali e climatiche, oltre che a causa dei fattori idrologici e delle tipologie di colture praticate.

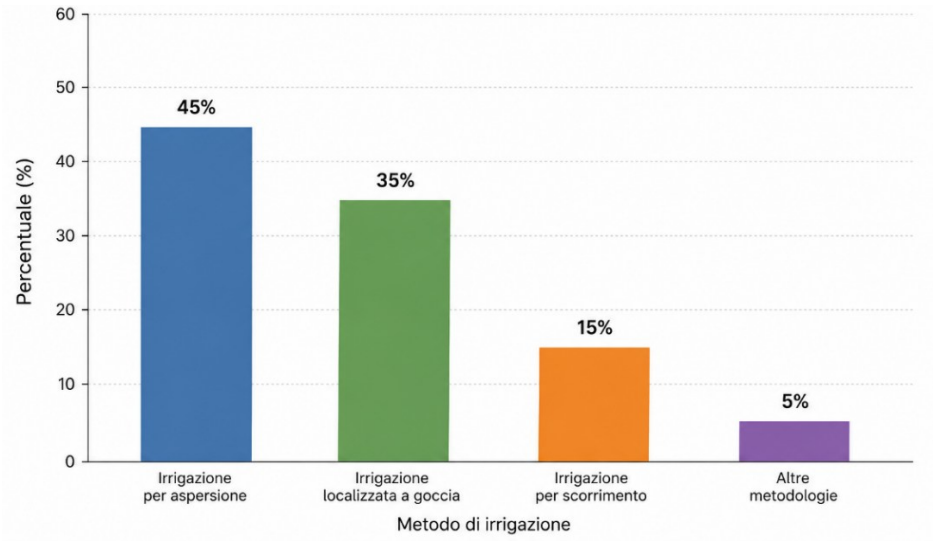


Figura 2.11 - Metodi di irrigazione in Italia (Fonte: nostra elaborazione dati ISTAT, 2026)

Anche la zootecnia contribuisce ai consumi idrici del settore primario, utilizzando acqua per il fabbisogno idrico del bestiame, detta acqua di abbeveramento, e per il lavaggio delle stalle e delle attrezzature, detta acqua di servizio. L'acqua potabile destinata agli animali rappresenta una piccola percentuale rispetto ai consumi totali de settore primario, con un valore che nel 2020 era di 312 milioni di metri cubi. La domanda di risorsa irrigua delle varie aziende zootecniche varia in funzione della tipologia di allevamento e dalle condizioni climatiche, oltre che dal tipo di animali allevati. I bovini, ad oggi, assorbono più dei due terzi del volume totale complessivamente utilizzato nell'allevamento animale italiano, per un valore complessivo di 209,4 milioni di metri cubi di acqua, seguiti dai suini, ai quali vengono destinati il 18,0% dei consumi idrici, per un totale di 56,1 milioni di metri cubi di acqua (ISTAT, 2020).
La zootecnia italiana nell'ultimo decennio ha registrato una riduzione sostanziale del numero di aziende a favore però di una maggior dimensione di quelle restanti, confermando un processo di concentrazione produttiva come nel comparto agricolo.

2.2.1 *Politica agricola in Italia*

In Italia, il tema delle risorse idriche ha assunto un ruolo centrale, nel Piano Strategico della PAC (PSP) approvato nel 2022, in particolare all'interno dell'Obiettivo Specifico 5 che mira a favorire una gestione sostenibile e l'efficienza delle risorse naturali. Gli interventi previsti da questo Obiettivo sono votati a migliorare l'efficienza idrica aziendale e delle infrastrutture, oltre che alla salvaguardia degli ecosistemi acquatici dall'inquinamento.
Gli interventi del PSP, si articolano su base volontaria, attraverso impegni agro-climatico-ambientali (ACA) e linee di investimento per lo sviluppo rurale (SRD):

1. Misure Agro-Climatico-Ambientali (ACA)

- ACA2 (Impegni Sostenibili per un uso sostenibile dell'acqua), finanzia sistemi per ottimizzare l'uso della risorsa irrigua sulla base del reale fabbisogno delle colture.

- ACA24 (Agricoltura di Precisione – Azione 3 Irrigazione di precisione), promuove l'adozione di tecnologie di precisione per limitare l'uso di input e prevenire il degrado e il dissesto dei suoli.

2. Investimenti per lo Sviluppo Rurale (SRD)

La programmazione italiana declina gli investimenti strutturali e infrastrutturali attraverso quattro principali misure, riassunte nella Figura 2.12.



Figura 2.12 - schema degli investimenti irrigui (Fonte: Elaborazione dell'autore su dati MASAF - Piano Strategico della PAC 2023-2027 e Corte dei conti europea - Relazione speciale n. 20/2021)

- SRD01 (Competitività aziendale), destinato alla creazione di impianti irrigui o migliorare quelli già esistenti, ammettendo la possibilità di ampliare la superficie irrigata e realizzare invasi di stoccaggio.
- SRD02 (Ambiente e clima), supporta gli interventi di ammodernamento degli impianti irrigui già esistenti, con il vincolo però di non poter ampliare la superficie irrigata.
- SRD07 (Infrastrutture socioeconomiche), riguarda la modernizzazione di reti irrigue extra-aziendali che comportano un aumento netto delle superfici irrigate, a patto che l'intervento sia coerente con gli obiettivi europei di tutela dei corpi idrici.
- SRD08 (Infrastrutture ambientali e extra- aziendali), finanzia interventi di miglioramento e creazione delle infrastrutture irrigue incentivato il passaggio dall'autoapprovvigionamento alla gestione collettiva dell'acqua, con il vincolo anche qui però, di non aumentare la superficie irrigata.

Inoltre, per quanto riguarda gli eco-schemi introdotti con la PAC attualmente in vigore, il PSP ne prevede 5 di cui 3 incidono direttamente sul bilancio idrico, e sono:

- Eco-schema 2 (Inerbimento delle colture arboree): incentiva la copertura vegetale spontanea o seminata nei vigneti, frutteti e oliveti (molto diffusi nelle Marche). L'inerbimento previene l'erosione superficiale da ruscellamento, favorisce

l'infiltrazione profonda delle acque meteoriche in falda e riduce le perdite per evaporazione diretta dal suolo.

- Eco-schema 4 (Sistemi foraggeri estensivi e avvicendamento con leguminose): sostiene l'inserimento di colture foraggere e leguminose miglioratrici in rotazione. Ciò aumenta la sostanza organica nel suolo, incrementandone la capacità di ritenzione idrica (water retention capacity) e riducendo il fabbisogno di apporti irrigui d'emergenza.
- Eco-schema 5 (Misure per gli impollinatori e corridoi ecologici): favorisce la presenza di fasce fiorite e siepi lungo i bordi delle parcelle, contribuendo al ripristino del microclima locale e riducendo l'effetto del vento sull'evapotraspirazione colturale.

A livello regionale, la Regione Marche attua gli interventi per lo sviluppo tramite il proprio Complemento regionale per lo Sviluppo Rurale (CSR) 2023-2027, che viene cofinanziato dal Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale (FEASR). L'attuale Piano Strategico PAC (PSP) delega il finanziamento delle grandi opere a canali alternativi al FEASR però, come il PNRR o altri fondi nazionali, trasferendo la responsabilità degli investimenti ai singoli territori. La risposta programmatoria delle Marche è orientata verso il potenziamento della produttività, la sostenibilità ecologica e la tutela ambientale delle infrastrutture collettive, escludendo invece i finanziamenti per infrastrutture extra- aziendali.

2.3 **Analisi statistica della gestione dell'irrigazione e dei consumi irrigui: Italia e Europa a confronto**

2.3.1 *Modelli di gestione delle acque irrigue*

I modelli di gestione delle acque irrigue, sono il frutto del recepimento della Direttiva Quadro sulle Acque da parte dei vari Paesi membri, e non sono altro che il quadro normativo e gestionale attraverso cui gli Stati europei tutelano le risorse idriche e forniscono il servizio idrico integrato che consiste nella captazione, potabilizzazione, distribuzione, fognatura e depurazione della risorsa.

Questi modelli di gestione sono variabili in funzione delle eterogeneità delle condizioni climatiche e tipo di colture praticate nelle varie aree del continente, come mostrato dalla Figura 2.13.

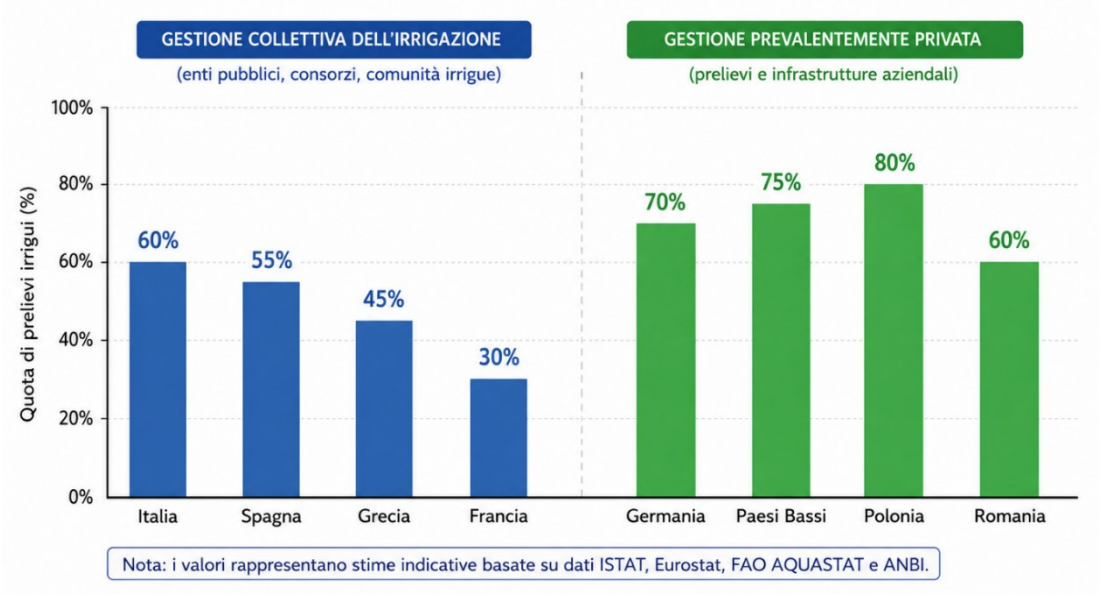


Figura 2.13 - Gestione dell'irrigazione in Europa: confronto tra modelli di gestione (Fonti: nostra elaborazione su dati ISTAT, Eurostat Water Statistics, FAO AQUASTAT e ANBI – Associazione Nazionale Bonifiche e Irrigazioni, 2026)

Infatti, in Europa centro settentrionale la gestione dell'acqua ha un ruolo marginale in quanto nella maggior parte dei casi sono sufficienti gli apporti idrici naturali grazie alle abbondanti piogge durante l'arco dell'anno. I prelievi idrici di modeste quantità, quindi, sono gestiti quasi totalmente a livello privato dalle aziende stesse. La situazione è differente invece nei Paesi che si affacciano sul Mediterraneo, particolarmente esposti a periodi prolungati di siccità, sempre più frequenti, e a una crescente irregolarità delle precipitazioni. Qui l'irrigazione riveste un ruolo fondamentale per la produzione agricola e i prelievi sono di entità nettamente maggiore rispetto all'Europa settentrionale e la loro gestione è generalmente affidata a enti collettivi che coordinano la distribuzione di acqua e regolano i suoi prelievi. L' Italia rappresenta uno dei principali esempi di questo modello organizzativo, con il sistema che si fonda sulla presenza di Consorzi di Bonifica e Irrigazione, che sono enti responsabili della gestione della risorsa irrigua e delle sue infrastrutture per la sua distribuzione. Svolgono, inoltre, un ruolo importante sulla regolazione dei prelievi da parte delle aziende e attualmente gestiscono circa il 60% dei prelievi destinati alla agricoltura. Un modello analogo è adottato anche in Spagna, soprattutto nelle regioni affacciate sul Mediterraneo, caratterizzate da condizioni climatiche simili a quelle italiane, in cui la gestione irrigua è affidata alle cosiddette "*Comunidades de Regantes*", organismi collettivi incaricati della distribuzione dell'acqua e della gestione delle infrastrutture irrigue.

2.3.2 *Prelievi per colture*

Nella Figura 2.14 sono state confrontate le ripartizioni delle superfici irrigate e mostra una sostanziale eterogeneità determinata dalle varie condizioni climatiche e diverse vocazioni agricole delle zone europee.

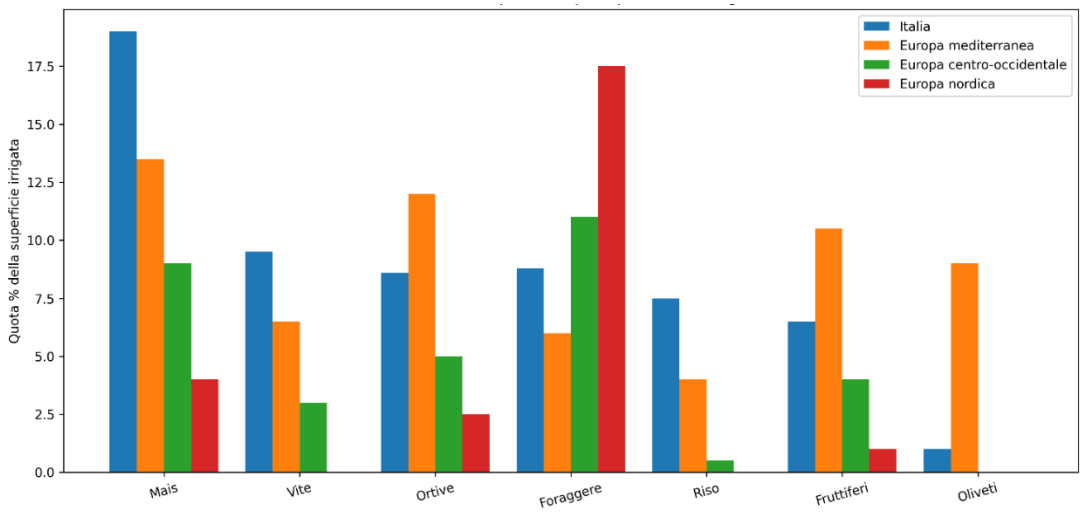


Figura 2.14 - Confronto europeo delle principali colture irrigue (Fonti: nostra elaborazione su dati CREA-SIGRIAN ISTAT 7° Censimento Agricoltura, 2026)

Nel Nord Europa le colture particolarmente interessate da irrigazione sono le foraggiere, con valori fino al 20% della superficie irrigata, per garantire elevate produzioni sia a livello quantitativo che qualitativo. Questo perché, in tali Paesi, sono molto sviluppate le aziende zootecniche e si ha un alto fabbisogno di foraggio. Le altre colture irrigate hanno invece un'incidenza molto più limitata: il mais rappresenta circa il 3–5%, le ortive il 2–3%, mentre vite, riso e oliveti risultano quasi assenti. Analoga situazione nell'Europa centro-occidentale, con il foraggio che occupa il primo posto tra le colture irrigate, con valori dal 10-12%, segue poi il mais con l'8%, le ortive con il 6% e infine frutteti e vite con quote più contenute rispettivamente del 4% e del 3%.

Interessante risulta essere il confronto tra l'Italia e il resto dei Paesi dell'area Mediterranea, con una ripartizione dei prelievi nettamente differente. Nella penisola italiana la coltura maggiormente irrigata risulta essere il mais da granella, che rappresenta il 19% della superficie agricola irrigata, seguono la vite e le foraggere con il 9%, le ortive con l'8%, il riso con il 7–8% e infine i fruttiferi con il 7%. Anche oliveti e colture arboree stanno progressivamente assumendo caratteristiche sempre più irrigue a causa dell'aumento delle temperature e della maggiore frequenza dei periodi siccitosi. Negli altri Paesi mediterranei europei, la

distribuzione dei prelievi irrigui appare generalmente più equilibrata rispetto al caso italiano, con il mais da granella, le ortive, i fruttiferi, la vite e gli oliveti che presentano quote piuttosto simili, comprese mediamente tra il 7% e il 13%, mentre risultano meno rilevanti le foraggiere (5–7%) e il riso (3–5%), diffuso solo in Italia e Spagna.

2.3.3 *SAU irrigabile ed effettivamente irrigata*

La *F*igura 2.15 di seguito confronta i valori di SAU irrigabile e irrigata nelle diverse aree europee e mostra chiaramente la forte dipendenza dell'Europa mediterranea, tra cui l'Italia, dalla pratica irrigua, necessaria per la produzione agricola a causa anche delle condizioni climatiche che caratterizzano queste aree, dove la SAU irrigabile ricopre valori tra il 15% e il 25%. Senza il ricorso all'irrigazione, tali Paesi perderebbero una quota significativa della propria produzione agricola e del valore aggiunto del settore primario.

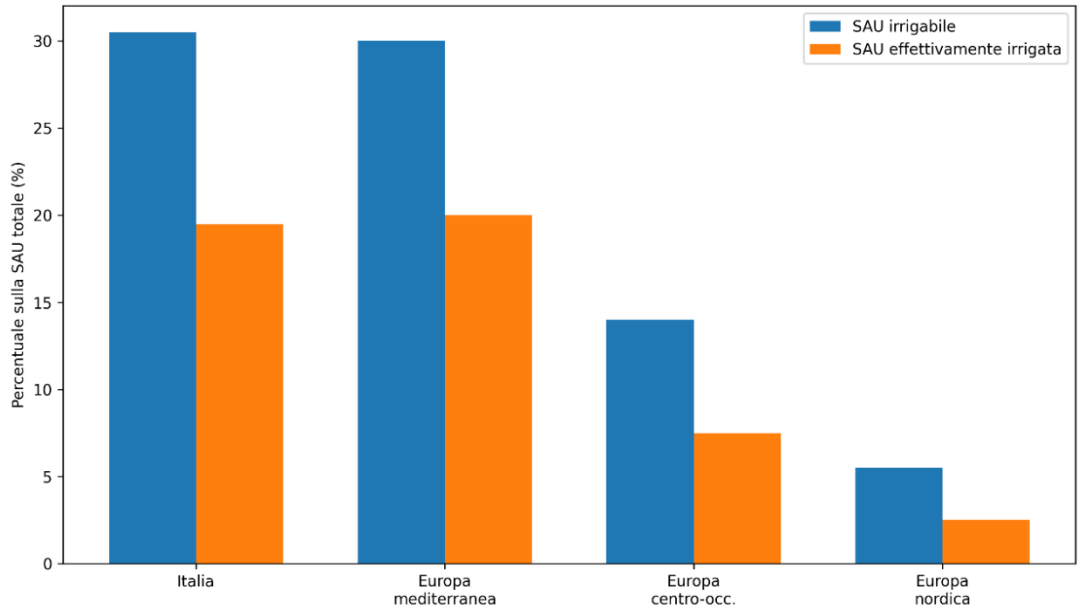


Figura 2.15 - Confronto tra SAU irrigabile e SAU effettivamente irrigata (Fonti: nostra elaborazione su dati Eurostat Water Statistics, EEA – European Environment Agency e CREA-SIGRIAN, 2026)

In Europa centro occidentale la SAU irrigabile risulta essere circa l'8% del totale, di cui quella effettivamente irrigata ha mediamente valori al di sotto del 4%, a testimonianza della marginalità dell'irrigazione in queste aree. Negli ultimi anni, tuttavia, anche in queste aree gli effetti del cambiamento climatico stanno determinando una progressiva crescita delle superfici irrigate, dovuta alla maggiore frequenza di periodi siccitosi e all'aumento della variabilità delle

precipitazioni. La differenza tra i valori di SAU irrigabile e irrigata dipende da diversi fattori, che posso avere varia incidenza e sono principalmente l'andamento climatico annuale, la tipologia colturale, le scelte economiche e gestionali delle aziende, la disponibilità della risorsa idrica e l'efficienza delle infrastrutture.

In particolare, gli ultimi due fattori sono le cause principali di questa differenza di valori nei Paesi mediterranei, tra cui l'Italia, mentre per i Paesi del nord Europa incide principalmente l'andamento climatico annuale, in quanto il ricorso all'irrigazione avviene solamente come mezzo di soccorso in annate particolarmente siccitose.

2.3.4 *Aumento della SAU irrigabile*

A causa dell'aumento delle temperature dovuto al cambiamento climatico anche le aree centro-occidentali europee negli ultimi anni stanno aumentando la quota di SAU irrigabile, con incrementi del 23% nel Nord Europa, come possiamo vedere nella Figura 2.16. Questi incrementi risultano invece essere nettamente inferiori man mano che ci si avvicina al Mediterraneo, dove le infrastrutture irrigue erano già storicamente presenti. Infatti, nell'Europa centro-occidentale, l'aumento della SAU irrigabile si attesta intorno al 15%, mentre nei Paesi mediterranei si riduce a circa 8%.

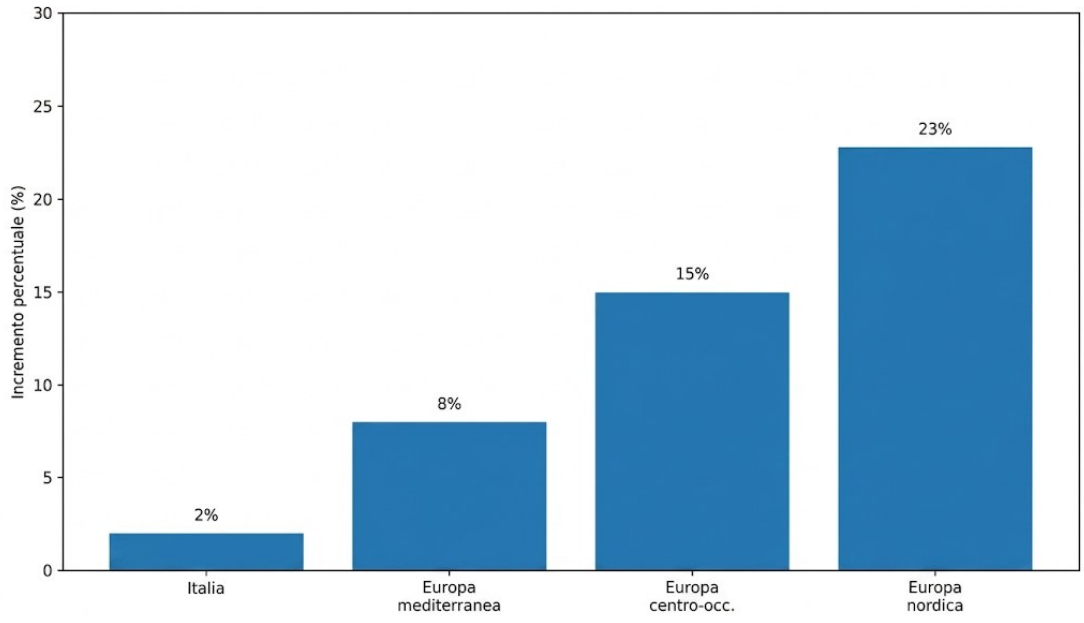


Figura 2.16 - Aumento della SAU irrigabile (Fonti: nostra elaborazione su dati CREA-SIGRIAN, Pianeta PSR, Eurostat ed European Environment Agency, 2026)

L'Italia, in particolare, ha registrato un incremento molto contenuto, pari a circa il 2%, dovuto al fatto che la rete irrigua italiana è storicamente molto sviluppata, grazie al forte legame tra agricoltura e irrigazione, soprattutto nelle aree della Pianura Padana e nei comprensori agricoli specializzati.

2.3.5 *Incidenza della zootecnia sui prelievi idrici*

Dalla Figura 2.17 si può osservare l'incidenza della zootecnia sui prelievi idrici agricoli in Italia. Il dato nazionale risulta essere in linea con il resto d'Europa, con percentuali tra il 2 e il 4%, ad eccezione dell'Europa settentrionale, dove l'incidenza sale al 7%, a testimonianza dell'alto sviluppo degli allevamenti in queste zone, in particolare a carattere bovino. Tale valore è giustificato sia dal fatto del maggior fabbisogno di acqua di abbeveramento che di acqua di pulizia delle stalle.

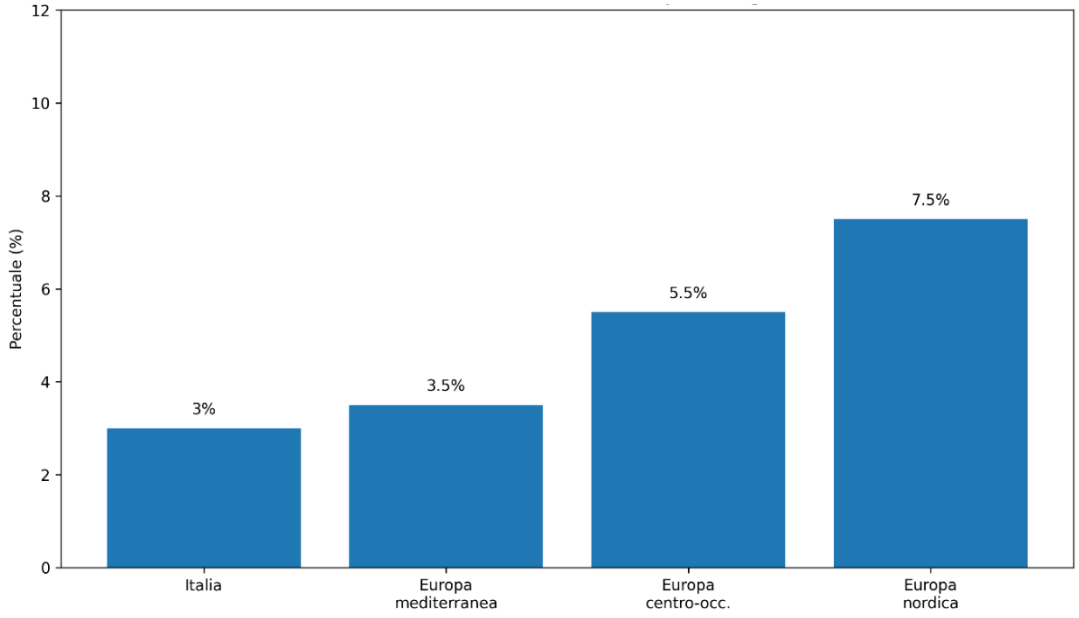


Figura 2.17 - Incidenza della zootecnia sui prelievi idrici (Fonti: nostra elaborazione su dati FAO AQUASTAT, Eurostat Water Statistics e European Environment Agency, 2026)

In generale, in tutta Europa il tipo di allevamento che ha peso maggiore è quello dei bovini da latte, con percentuali tra il 35 e il 55% dei prelievi totali per la zootecnia, seguiti da bovini da carne e suini con valori simili tra il 15 e 20%.

2.3.6 *Consumi idrici del settore agricolo*

I prelievi idrici destinati all'agricoltura in Europa rappresentano mediamente il 24% del totale, pari a circa 59 miliardi di metri cubi d'acqua all'anno. Tale percentuale aumenta drasticamente nell'areale mediterraneo, dove raggiunge il 55% dei prelievi complessivi. In Italia, invece, il valore si attesta al 41% dei prelievi totali, corrispondenti a circa 12,3 miliardi di metri cubi di risorsa irrigua.

Per quanto riguarda l'Europa centro-occidentale e quella nordica, le percentuali scendono rispettivamente al 20% e al 8%, evidenziando una minore incidenza dell'agricoltura sull'utilizzo delle risorse idriche, maggiormente destinate ad altri comparti produttivi, in particolare a quello energetico. Di seguito, nella Figura 2.18, sono stati confrontati i dati tra l'incidenza % dei prelievi idrici destinati all'agricoltura sul totale nelle varie aree europee e il loro reale ammontare in m^3/anno.

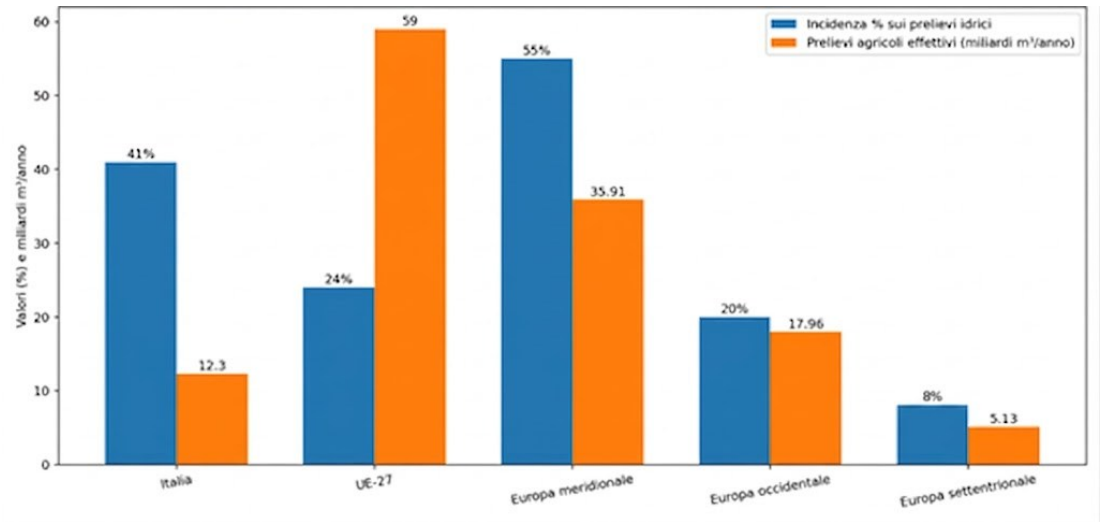


Figura 2.18 - Prelievi idrici agricoli effettivi in Europa (Fonte: nostra elaborazione su dati ufficiali CREA-SIGRIAN, Eurostat e European Environment Agency, 2026)

La Figura 2.19 mostra i volumi idrici effettivamente consumati dal settore primario al netto della quota di acqua che torna disponibile del sistema idrologico per infiltrazione, evapotraspirazione o deflusso verso corsi d'acqua vicini. Questa componente prende solitamente il nome di acqua restituita. I consumi idrici effettivi nel comparto agricolo in Europa si attestano attorno al 12% rispetto ai consumi complessivi, valore che in Italia invece è maggiore, e si attesta al 19%.

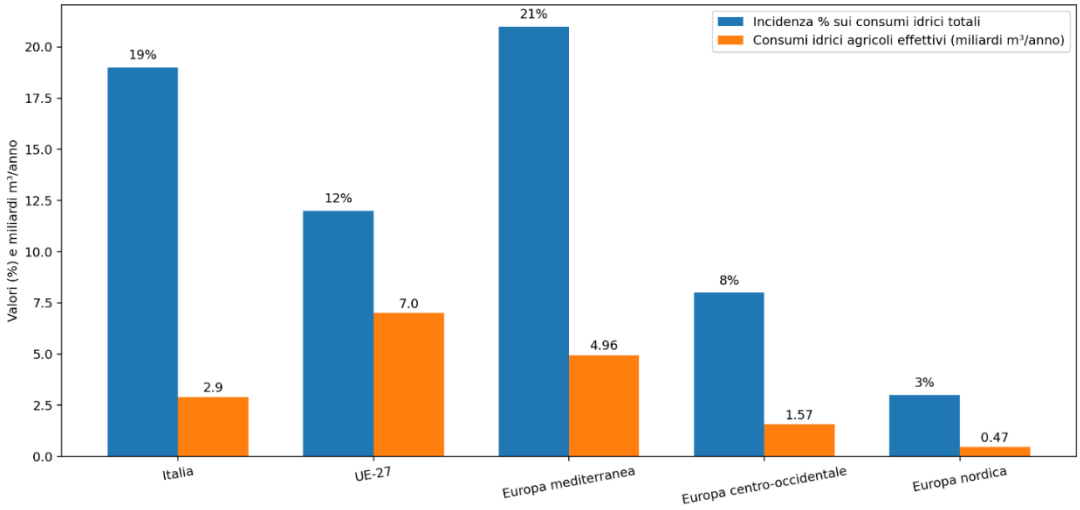


Figura 2.19 - confronto dei consumi idrici agricoli effettivi in Europa (fonte: Nostra elaborazione su dati FAO AQUASTAT, Eurostat e ISPRA, 2026)

Capitolo 3
VALUTAZIONE DELL'IRRIGAZIONE NELLE MARCHE: LA GESTIONE DEL CONSORZIO DI BONIFICA DELLE MARCHE

Un efficiente gestione della risorsa irrigua rappresenta uno dei fattori chiave per sostenere lo sviluppo agricolo e garantire la tutela idrologica del territorio. Sulla base del quadro normativo delineato dall'UE con la Direttiva Quadro sulle Acque, l'Italia adotta un modello di gestione multilivello fondato sulla cooperazione tra enti statali, Autorità di Bacino Distrettuali e Consorzi di Bonifica, con il supporto di strumenti digitali di monitoraggio strategico come il SIGRIA. A questo proposito le Marche rappresentano un caso emblematico per quanto riguarda la riorganizzazione per la gestione della acqua, con il superamento della frammentazione storica di 5 enti fino all'istituzione dell'ente unico ovvero il Consorzio di Bonifica delle Marche. In questo scenario, in questo capitolo verranno approfonditi: l'assetto della gestione collettiva delle acque a livello nazionale e nella regione Marche e le innovazioni introdotte per ottimizzare la distribuzione della risorsa idrica sul territorio. Per finire, vengono comparati i dati relativi ai due modelli di gestione che si sono succeduti nel tempo a livello regionale, evidenziando nettamente la maggior efficienza del sistema con il Consorzio di Bonifica delle Marche.

3.1 **Gestione collettiva della risorsa irrigua in Italia**

Il modello organizzativo nazionale risponde alla dimensione legislativa europea, che elabora il quadro macro-normativo di riferimento per i Paesi membri in merito. Un pilastro fondamentale di questa normativa è la Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE), che viene recepita a livello nazionale, dove ogni Stato membro è tenuto a sviluppare Piani di Gestione dei Bacini Idrografici, adattandoli alle specifiche esigenze e caratteristiche dei propri territori.

In Italia la gestione della risorsa irrigua si basa su un modello di governance multilivello, che prevede una cooperazione tra il Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste (MASAF) e il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) che definiscono le strategie di gestione idrica da perseguire, promuovendo finanziamenti per il miglioramento e l'efficientamento delle infrastrutture irrigue. Le regioni ricoprono un ruolo

di coordinamento e attuazione delle politiche idriche definendo i piani di gestione della risorsa e regolamentando le attività degli enti territoriali, ovvero i Consorzi di Bonifica. Questi enti svolgono un ruolo strategico nella gestione della risorsa, e sono stati istituiti tramite il RD n. 215 del 13/02/1933. Rivestono il ruolo di pianificazione e di distribuzione, manutenendo le opere di captazione, accumulo e distribuzione. Inoltre, questi enti territoriali svolgono un ruolo chiave di tutela del territorio, prevenzione del rischio idrogeologico. Promuovono, poi, pratiche irrigue efficienti, anche attraverso l'adozione di innovazioni tecnologiche a supporto del settore, come ad esempio i sistemi di irrigazione di precisione. L'adozione di questo modello permette una gestione coordinata dell'acqua, armonizzando le esigenze del settore agricolo con le altre del Paese.

Un'altra componente fondamenta nella gestione multilivello sono le Autorità di Bacino Distrettuali, che sono organismi pubblici istituiti con la legge 183/1989, e poi riorganizzati con il DL 152/2006. In Italia ne sono presenti, attualmente, sette, ognuna delle quali rispondono alla gestione di un diverso Distretto Idrografico, anch'essi 7 dopo la riorganizzazione della legge 221/2015, come riportato nella Figura 3.1. Le Autorità di Bacino sono responsabili dell'elaborazione e dell'attuazione dei Piani di Gestione dei Bacini Idrografici (PGBI) e dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), strumenti con cui sono pianificate le azioni necessarie per un uso sostenibile della risorsa idrica, con particolare attenzione anche agli usi agricoli. In particolare, il PGBI, riguarda la tutela e il controllo di qualità dell'acqua, al fine di monitorare, proteggere e migliorare lo stato ecologico di tutte le risorse idriche gestendo anche un suo uso sostenibile. Questo documento contiene quindi l'analisi delle pressioni e inquinamenti umani sui corpi idrici, gli obiettivi di qualità ambientale, il programma per arrivare al miglioramento dello stato ecologico della risorsa, e viene aggiornato a cicli di 6 anni. Mentre il PAI, si focalizza principalmente sulla sicurezza del territorio e la prevenzione dal rischio di frane e alluvioni, individuando e mappando gli areali maggiormente esposti a tali fenomeni legati alle acque e al suolo, definendo dei vincoli sul come e dove è possibile edificare al fine di salvaguardare l'incolumità delle persone.



Figura 3.1 - Distretti idrografici post L. 221/2015 (fonte: ISPRA, 2026)

Sotto il profilo operativo, la gestione dei prelievi è così suddivisa: da un lato, un regime privato e aziendale, previa autorizzazione, pari al 40% dei consumi, localizzato prevalentemente nelle aree interne e collinari; dall'altro, il modello di gestione collettiva, pari al 60% dei consumi, diffuso a Nord e in comprensori medio-piccoli al Centro-Sud.

3.1.1 *Il SIGRIA*

Il SIGRIA (Sistema Informativo Nazionale per la Gestione delle Risorse Idriche in Agricoltura) è stato sviluppato dal CREA su mandato del MASAF, e costituisce la banca dati nazionale di riferimento per la raccolta ed elaborazione dei dati sugli usi irrigui collettivi e privati. Questa piattaforma mappa le reti di distribuzione, i volumi d'acqua prelevati ed effettivamente erogati, la georeferenziazione delle opere di captazione e le caratteristiche colturali dei territori con dati conferiti direttamente dai vari Consorzi di Bonifica. Il SIGRIA permette, inoltre, a livello operativo di valutare l'efficienza degli investimenti pubblici e costituisce uno strumento fondamentale per le Autorità di Bacino Distrettuali per redigere i Piani di Gestione dei Bacini Idrografici. Garantendo la tracciabilità della risorsa idrica prelevata dal settore primario, il SIGRIA è il pilastro tecnologico per quantificare i bilanci

idrici, prevenire i conflitti d'uso tra settori antropici e guidare la transizione verso un'irrigazione di precisione e resiliente ai cambiamenti climatici.

3.2 **Quadro generale della regione Marche**

Se si considera il caso specifico della regione Marche, fino ai primi anni 2000 la gestione dell'acqua irrigua era affidata a 5 Consorzi di Bonifica e irrigazione che suddividevano il territorio regionale in 5 macroaree:

- Consorzio di Bonifica Integrale Fiumi Foglia, Metauro e Cesano (a Nord)
- Consorzio di Bonifica Musone, Potenza, Chienti, Asola e Alto Nera (al Centro)
- Consorzio di Bonifica Valle del Tenna
- Consorzio di Bonifica Aso
- Consorzio di Bonifica Tronto.

La prima svolta importante si ebbe con la Legge Regionale del 13 maggio 2004 n.12, "Fusione dei consorzi di bonifica dell'Aso, del Tenna e del Tronto". Tale legge decretò la fusione dei 3 Consorzi del sud delle Marche, dell'Aso, del Tronto, e del Tenna, con un'amministrazione della fonte irrigua regionale che passò in mano a non più 5 enti ma a 3 "macro-consorzi". Un ulteriore e definitiva svolta si ebbe poi nel 2013 con la Legge Regionale n.13/2013 del 17 giugno che, in un'ottica di miglioramento dell'efficienza della gestione, ha decretato la fusione dei vecchi Consorzi in un unico soggetto giuridico: il Consorzio di Bonifica delle Marche (Consorzio Unico), che venne istituito nel dicembre 2013, e ha incorporato, a decorrere dal 1° gennaio 2014, i tre precedenti Consorzi di bonifica.

Tale decisione fu presa anche in risposta alle dinamiche nazionali e europee di ridurre i costi di amministrazione e di superare la frammentazione gestionale. Il territorio regionale, però, è rimasto suddiviso in 5 macro-comprensori irrigui basati sulle caratteristiche idrografiche, ognuno con una sede del Consorzio:

- Foglia: focalizzato nell'area del pesarese
- Musone: serve l'area centrale della regione, compresa la zona della media e bassa valle
- Tenna: gestisce le risorse idriche dell'omonimo bacino
- Aso: copre un'area di circa 1.840 ettari, alimentata dal bacino artificiale di Gerosa e dalla Vasca del Rengone
- Tronto: situato nella parte meridionale della regione.

Il Consorzio Unico è a base associativa, ovvero chiunque trae beneficio dalle sue opere ne fa parte obbligatoriamente ed è tenuto ad un contributo. L'Ente è gestito con il principio di "auto-gestione" e i suoi organi principali sono:

- L'Assemblea dei Consorziati: L'organo sovrano che vota (composto da tutti i consorziati)
- Il Consiglio d'Amministrazione: Eletto dall'assemblea, definisce le linee strategiche, approva i bilanci e il Piano di Classifica
- Il Presidente: Ha la rappresentanza legale dell'ente
- Il Direttore Generale: Gestisce la struttura tecnica e amministrativa (la macchina operativa)

La transizione istituzionale è stata poi completata con la L.R. n. 13/2015, che ha trasferito le competenze in materia di difesa del suolo dalle Province direttamente alla Regione, ridefinendo il Consorzio Unico come il braccio operativo per la manutenzione dei corsi d'acqua minori e dei sistemi irrigui collettivi dell'intero territorio regionale.

3.2.1 *Differenze tra il vecchio e il nuovo modello gestionale*

Prima del 2013 le entrate degli Enti consortili erano basate sui contributi sull'irrigazione da parte delle aziende che usufruivano del servizio mentre i contributi consortili erano destinati direttamente ai singoli Distretti irrigui, secondo le leggi regionali n.13/1985, n.10/1999 e n.13/1999. L'ammontare dei contributi sull'irrigazione, però, erano di bassa entità a causa di un'inefficiente tariffazione, rendendo difficile poi per i Consorzi garantire manutenzione e miglioramento della rete irrigua e del servizio, costringendoli spesso e volentieri a chiudere ei loro bilanci in perdita.

A dimostrazione di ciò, inoltre, anche i vari Consorzi di Bonifica della regione adottavano ognuno diversi modelli di finanziamento. Ad esempio, negli Enti del Foglia, Aso e Tronto, la contribuenza era di tipo monomia, ovvero consisteva nel pagamento di una quota fissa indipendentemente dai consumi di acqua bastata sull'estensione dei terreni in base a dati catastali. I Consorzi del Musone, Potenza e Chienti, invece, adottavano una contribuenza di tipo monomia che prevedeva una quota fissa per ettaro più una quota aggiuntiva per ogni metro cubo di risorsa utilizzato. Questa mancanza di coordinazione tra i vari Consorzi rendeva inoltre difficile anche l'accesso ai fondi per il finanziamento dell'implementazione della rete irrigua e il miglioramento di quella già esistente. Ad oggi, invece, la contribuenza del Consorzio di Bonifica Marche è basata sul sistema binomio, con la quota fissa che viene determinata con il "Piano di Classifica", ovvero uno strumento tecnico giuridico utilizzato per calcolare quanto

beneficio trae un terreno dalle opere del Consorzio e di conseguenza quantificare la quota dovuta. L'ammontare permette la copertura dei costi sostenuti dall'Ente per la manutenzione e miglioramento, mentre la quota variabile è stata inserita per disincentivare lo spreco e il sovra utilizzo, in linea con la Direttiva Quadro sulle Acque del 2000 dell'UE che imponeva una riduzione degli sprechi di acqua. Inoltre, è stato introdotto l'obbligo di prenotazione per chiunque intende usufruire del servizio, tramite una richiesta effettuata al Consorzio di Bonifica Marche prima dell'inizio della stagione irrigua (dal mese di marzo a inizio ottobre). Tramite questa richiesta, l'agricoltore specifica le superfici, i mappali catastali e la tipologia di coltura che intende irrigare. Questo modello di gestione permette oggi al Consorzio Unico di calcolare in anticipo il fabbisogno idrico complessivo della regione e di incrociarlo con la reale disponibilità d'acqua accumulata nelle dighe marchigiane di Castreccioni, Gerosa, Mercatale, San Ruffino. Il Consorzio di Bonifica Marche, inoltre, grazie all'accesso anche a sostanziali finanziamenti pubblici, ha permesso l'ammodernamento della rete irrigua con l'istallazione di tubature pressurizzate con contatori per misurare i consumi, andando a sostituire le reti a "pelo libero", ovvero a cielo aperto, che determinavano massicce perdite durante la distribuzione, oltre a non permettere un calcolo dei consumi effettivi.

3.2.2 *Confronto dati ante e post istituzione del Consorzio di Bonifica Marche*

Da quanto emerge dal report INEA (Istituto Nazionale di Economia Agraria) del 2009 sul quadro generale dell'irrigazione collettiva nella Regione Marche, i 5 Consorzi allora presenti amministravano una superficie di 809.264 ettari, di cui le aree effettivamente attrezzate con infrastrutture irrigue ammontavano a 20.448 ettari, ovvero il 3% circa, mentre la superficie effettivamente irrigata risultava pari a 14.511 ettari, attestando un tasso medio regionale di utilizzazione degli impianti del 71%. Per quanto riguarda le utenze agricole, però, i Consorzi non presentavano un censimento chiaro e puntuale sul numero di aziende che usufruiscono del servizio e quelle effettivamente irrigue, così come i volumi di acqua utilizzati. Tale deficit era dato sia dall'assenza di contatori per la misurazione dei flussi di acqua lungo la rete di distribuzione sia dal fatto che la contribuenza per il servizio d'irrigazione collettiva era basato sul pagamento di un canone fisso indipendentemente dai volumi di risorsa idrica utilizzata. L'unica eccezione a livello regionale era rappresentata dal Consorzio Musone, Potenza, Chienti, Asola e Alto Nera, nel quale le aziende che utilizzavano la risorsa erano registrate e monitorate attraverso 374 contatori aziendali e comiziali che consentivano l'applicazione di una tariffa binomia al consumo. Nelle altre realtà consortili, la distinzione tra utilizzatori potenziali ed effettivi si desume unicamente dal confronto tra gli ettari che erano attrezzati e quelli che erano dichiarati come irrigati.

L'intero sistema irriguo regionale si sviluppava attraverso una rete complessiva di 760,52 km, formata da 260,11 km di rete principale e 500,42 km di condotte e canali di distribuzione. Sotto il profilo costruttivo e dei materiali, la rete marchigiana si componeva di 400,56 km di condotte in pressione, 194,25 km di canali chiusi o condotte a pelo e 165,71 km di canali a cielo aperto. L'approvvigionamento faceva capo a 22 fonti idriche totali, di cui 19 opere di presa su corsi d'acqua superficiali o risorgive e 3 invasi artificiali, con una totale assenza di prelievi da falda sotterranea o pozzi.

Analizzando i dati di ognuno dei 5 Consorzi al momento della pubblicazione del report INEA, 2009, il Consorzio Integrale Fiumi Foglia, Metauro e Cesano amministrava 284.191 ettari complessivi, con un comprensorio irriguo di 6.438 ettari che racchiudeva 3.650 ettari attrezzati e 2.900 ettari effettivamente irrigati (con un rapporto di utilizzo del 79%). L'approvvigionamento del consorzio avveniva mediante cinque traverse fisse sul fiume Foglia collegate a impianti di sollevamento, dotate di una portata complessiva concessa di 1,164 metri cubi al secondo. Nel 2004 il volume prelevato da tali fonti è stato misurato in 3.000.000 di metri cubi che, vista l'assenza di dispersioni significative lungo le tubazioni, coincideva approssimativamente con il consumo irriguo del comprensorio, traducendosi in un fabbisogno medio di circa 1.034 metri cubi per ettaro irrigato. L'infrastruttura si sviluppava per 151,34 km interamente costituiti da condotte in pressione.

Il Consorzio Musone, Potenza, Chienti, Asola e Alto Nera gestiva un territorio di 258.974 ettari, la superficie attrezzata era pari a 1.686 ettari, e gli ettari effettivamente irrigati erano soltanto 693, determinando il tasso di utilizzo più basso delle Marche (41%). L'approvvigionamento idrico era assicurato dall'invaso di Castreccioni sul fiume Musone, bacino artificiale con capacità utile di 50,70 milioni di metri cubi e una concessione ad uso irriguo di 0,78 metri cubi al secondo. Grazie alla presenza dei 374 contatori, questo consorzio era l'unico a disporre del dato certo sui consumi, quantificati per il 2004 in 1.400.535 metri cubi complessivi erogati, corrispondenti a una dotazione media di circa 2.000 metri cubi per ettaro irrigato. La rete di distribuzione di questo Consorzio si diramava per una lunghezza pari a 74,96 km di cui tutte in pressione.

Nel Consorzio Valle del Tenna la superficie amministrata ammontava a 96.939 ettari, una superficie irrigabile di 4.499 ettari e 2.900 ettari effettivamente irrigati (pari a un grado di utilizzo del 64 %). L'approvvigionamento era garantito da una portata totale autorizzata di 1,90 metri cubi al secondo, derivata da quattro traverse fisse sul fiume Tenna e dall'invaso collinare di S. Caterina. I volumi complessivi erogati dal consorzio non sono noti, fatta eccezione per il distretto di S. Caterina, dove il consumo stagionale era misurato in circa 700.000 metri cubi

annui su 700 ettari irrigati, pari a una dotazione di circa 1.000 metri cubi per ettaro. Lo sviluppo della rete consortile misura 67,30 km.

Il Consorzio Aso estendeva le sue competenze su 54.218 ettari amministrativi, con 4.291 ettari attrezzati e 3.528 ettari effettivamente irrigati, registrando l'indice di utilizzo delle opere più elevato della regione (82%). L'Ente disponeva di una portata complessiva concessa di 2,74 metri cubi al secondo distribuita su dieci fonti: tre prese fisse sul fiume Aso, sei risorgive disposte lungo l'alveo fluviale e la diga artificiale di Rio Canale da 1,17 milioni di metri cubi di capacità. Per questo consorzio mancano strumenti di misurazione sia alle derivazioni sia nei distretti, rendendo non quantificabili i volumi d'acqua prelevati e utilizzati, nonché il volume specifico per ettaro. La rete primaria si sviluppava per circa 117 km e presenta una rilevante criticità strutturale dovuta alla massiccia concentrazione di canali a cielo aperto in terra con modesta copertura vegetale.

Infine, il Consorzio Tronto operava su un territorio amministrativo di 114.942 ettari, racchiudendo il comprensorio irriguo più vasto delle Marche. La superficie attrezzata era pari a 6.322 ettari e quella effettivamente irrigata ammontava a 4.490 ettari, con un tasso di copertura del 71%. L'intero comprensorio veniva alimentato per gravità da un'unica opera di derivazione, la Presa Fonte Tronto, la cui concessione prevedeva una portata di 4,00 metri cubi al secondo, la più elevata dell'intero territorio regionale. L'assenza di misuratori alla fonte e lungo le diramazioni distrettuali non permette tuttavia di quantificare i volumi idrici effettivamente immessi in rete né i consumi specifici per ettaro. L'infrastruttura del Tronto raggiunge uno sviluppo complessivo di 224,09 km.

Ad oggi, invece, con la gestione che è affidata all'unico Consorzio di Bonifica Marche, la situazione è notevolmente cambiata, come risulta anche dal Censimento dell'Agricoltura 2020 e i successivi monitoraggi dell'ISTAT. Infatti, la superficie irrigabile di competenza del Consorzio risulta essere di 36.501 ettari a fronte di quella effettivamente irrigata che risulta essere di 12.310 ettari. Il tasso di utilizzo della capacità irrigua regionale (equazione 3) risulta essere del 34% circa ed è tra i più bassi in Italia, in cui la media è del 67%.

$$Tasso\ di\ utilizzo\ della\ capacità\ irrigua = \frac{Superficie\ irrigata}{Superficie\ irrigabile} \times 100 \qquad (3)$$

Questo dato è direttamente correlato all'incidenza della pratica irrigua sulla SAU complessiva regionale (circa 456.365 ha), sulla quale le superfici irrigate costituiscono appena il 3%. Tale valore viene definito anche come propensione all'irrigazione che si trova applicando la seguente equazione (4):

$$Propensione\ all'irrigazione = \frac{Superfici\ irrigata}{SAU} x\ 100 \qquad (4)$$

Ciò viene confermato anche nell'Indagine ISTAT 2022 sulla struttura delle aziende agricole, che colloca le Marche tra le regioni con la minor intensità irrigua a livello nazionale, con una quota di SAU irrigabile pari al 6% e una quota di SAU effettivamente irrigata ferma all'1% (contro valori di SAU irrigata del 56% in Lombardia e del 37,9% in Veneto).

In particolare, i singoli comprensori gestiti dal Consorzio di Bonifica coprono rispettivamente: il comprensorio Foglia 2.800 ettari, il comprensorio Musone conta 3.800 ettari con un implemento nel 2024 di 1.746 ettari, il comprensorio Aso che serve 3.500 ettari, il comprensorio Tenna con una superficie attrezzata di 4.047 ettari e il comprensorio Tronto che compre le residue aree della bassa valle.

Per quanto riguarda le aziende agricole nella regione che sono dotate di superficie irrigabile, nel 2020 risultavano essere 13.490, circa il 10%, di cui però solo 4.265 hanno effettivamente praticato l'irrigazione, ovvero il 32% (secondo l'equazione 5), dato in linea con l'andamento regionale anche del tasso di utilizzo della capacità irrigua (ISTAT,2022).

$$Quota\ di\ aziende\ irrigue\ effettive = \frac{Aziende\ con\ superficie\ irrigata}{Aziende\ con\ superficie\ irrigabile} x100 \qquad (5)$$

Da ciò si può dedurre il fatto che ad oggi nelle marche solamente un'azienda su tre di quelle dotate di superficie irrigabile, irriga effettivamente. L'erogazione idrica a scala regionale da parte del Consorzio ammonta a circa 60 milioni di m^3 annui distribuiti. I dati ufficiali confluiti nel SIGRIAN, ripresi dal Piano regionale di adattamento al cambiamento climatico 2024-2030, documentano una serie storica di volumi ad aspersione pari a 58 milioni di m^3 nel 2016 e nel 2017, 47 milioni nel 2018, 61 milioni nel 2019, 63 milioni nel 2020 e 57 milioni nel 2021, attestando una media quinquennale (2016-2020) di 57,4 milioni di m^3 annui. Mettendo in relazione il dato di fornitura idrica consortile con la superficie agricola effettivamente irrigata rilevata nel 2020 (63 milioni di m^3 a fronte di 12.310 ettari), si ottiene che il volume di acqua medio utilizzato ad ettaro per l'irrigazione nelle Marche è pari a 5.117,8 m^3/ha. La risorsa distribuita dal Consorzio deriva esclusivamente da fonti irrigue superficiali che si basano su 5 dighe di gestione diretta con una capacità d'invaso complessiva di circa 60 milioni di m^3. In particolare, esse sono: la diga di Castreccioni sul fiume Musone, la diga di Mercatale sul fiume Foglia, la diga di Gerosa, l'invaso di San Ruffino, il bacino di Rio Canale, a queste si aggiungono manufatti di compenso intermedi, come la vasca di San Leo sul Foglia, e le prese fluviali dirette dai corsi d'acqua regionali.

La rete irrigua, ad oggi, rispetto al passato, è stata notevolmente ampliata con uno sviluppo di circa 1.542 km di condotte. Inoltre, il comprensorio regionale ha subito un processo di riconversione tecnologica, passando all'utilizzo di tubazioni a pressione, abbandonando i vecchi sistemi a cielo aperto che nella Regione erano abbondantemente diffuse, e che andavano a contribuire in maniera significativa alle perdite di acqua durante la fase di distribuzione per evaporazione.

Capitolo 4
SOSTENIBILITÀ E PROSPETTIVE FUTURE DELLA GESTIONE DELLA RISORSA IRRIGUA

Un'efficiente gestione della risorsa irrigua rappresenta uno dei fattori chiave per sostenere lo sviluppo agricolo e garantire la resilienza del territorio. Sulla base del quadro normativo dell'UE, a partire dalla Direttiva Quadro sulle Acque fino alle più recenti strategie comunitarie di resilienza idrica, la sostenibilità del settore primario richiede il superamento di una visione puramente ingegneristica dell'efficienza, integrando la modernizzazione tecnologica con una solida gestione territoriale. A questo proposito, la regione Marche costituisce un caso emblematico di riorganizzazione strutturale, caratterizzato dal superamento della storica frammentazione comprensoriale a favore di una gestione unitaria e centralizzata affidata al Consorzio di Bonifica delle Marche. In questo scenario, il capitolo analizza innanzitutto l'integrazione tra efficienza tecnica e gestionale, evidenziando i limiti legati all'effetto rimbalzo e al paradosso idrologico. Viene quindi approfondito il ruolo dell'irrigazione 4.0 e dell'intelligenza artificiale, articolati su un modello di gestione dati a tre livelli. Infine, viene trattato il valore economico e strategico della gestione collettiva del Consorzio di Bonifica delle Marche e sull'evoluzione delle politiche comunitarie e del CSR regionale, indispensabili per garantire una reale tutela quantitativa della risorsa a scala di bacino.

4.1 **Efficienza irrigua e la sua sostenibilità ambientale**

L'ammodernamento e l'ampliamento delle strutture irrigue nel nostro Paese rappresentano i pilastri fondamentali per aumentare l'efficienza del settore irriguo e per promuovere una maggiore sostenibilità ambientale del comparto agricolo. Per raggiungere questo obiettivo negli ultimi anni si sta assistendo a un aumento degli investimenti sia pubblici che privati per il miglioramento delle reti e dei sistemi irrigui, al fine di ridurre le perdite e i prelievi complessivi. Tuttavia, una maggiore efficienza tecnica non si traduce necessariamente in una minore pressione sulla risorsa idrica. In particolare, per efficienza tecnica si intende la quota di volume idrico che raggiunge effettivamente all'apparato radicale della coltura rispetto al volume complessivamente prelevato. Essa è determinata dalle caratteristiche fisiche

dell'impianto e dal metodo irriguo adottato dall'azienda, dall'entità delle perdite di carico e di linea lungo la rete, dal grado di uniformità distributiva e dal contenimento dell'evaporazione e la percolazione profonda. Un altro aspetto fondamentale e complementare per garantire la sostenibilità nell'suo dell'acqua per l'irrigazione è l'efficienza gestionale, ovvero la capacità del sistema di ottimizzare i processi decisionali, stabilendo con precisione quando, dove e in quale misura irrigare in funzione del fabbisogno reale. Questo aspetto si basa su una serie di misure imprescindibili quali: la misurazione volumetrica tramite contatori, la mappatura delle superfici, il monitoraggio continuo della disponibilità idrica negli invasi e nelle falde, l'integrazione di dati agrometeorologici e modelli previsionali di bilancio idrico, la regolazione coordinata dei rilasci dalle dighe e, non da ultimo, una costante governance condivisa tra i singoli utenti agricoli e l'ente gestore, che nel nostro caso si tratta del Consorzio di Bonifica delle Marche. Da questo, si può dedurre che un solo miglioramento dell'efficienza tecnica dei sistemi irrigui non comporta necessariamente una maggiore sostenibilità nell'uso della risorsa se non affiancata da una corretta gestione e organizzazione dell'impianto, che sono i veri fattori di tutela durevole della risorsa.

4.2 **Il limite dell'efficienza: effetto rimbalzo e paradosso idrologico**

Un aumento di efficienza però, non si traduce sempre in un effettivo risparmio di acqua, in quanto la quota risparmiata viene frequentemente utilizzata poi per colture più idro-esigenti o per ampliare la superficie irrigata. Questo fenomeno prende il nome di "effetto rimbalzo" che determina così un aumento della pressione sulla risorsa idrica nonostante una migliore efficienza nel suo utilizzo. Si aggiunge a questo fenomeno anche il cosiddetto "paradosso idrologico", ovvero l'efficientamento dei metodi irrigui determina una sostanziale riduzione delle perdite per ruscellamento riducendo i ritorni di acqua ai corpi idrici, comportando una riduzione della portata dei fiumi con conseguenze sia a livello degli ecosistemi sia sulla disponibilità idrica per gli utenti a valle. Inoltre, l'espansione della superficie irrigata e un aumento della pressione sui corpi idrici sono in aperto contrasto con due principi fondamentali previsti dalla Direttiva Quadro sulle Acque (2000/60/CE) ovvero il mantenimento del "buono stato" e del "non deterioramento" delle risorse idriche.

Questi paradossi sono stati riscontranti anche nello studio della CE sull'impatto della PAC 2014-2020, che ha evidenziato la complessità nel promuovere investimenti per l'irrigazione che producano benefici reali nello stato delle acque, soprattutto quando questi fondi vengono intercettati e utilizzati in aree già sottoposte a stress quantitativo dei prelievi e un ulteriore

ampliamento delle superficie irrigua produrrebbe più criticità che benefici. Possiamo quindi dire che, assieme a un miglioramento dell'efficienza tecnico-gestionale vanno valutati anche gli effetti complessivi degli interventi di ammodernamento sul bilancio idrico del territorio e del rispettivo comprensorio irriguo.

4.3 **Innovazione tecnologica e irrigazione di precisione**

Tra le innovazioni tecnologiche nel campo dell'irrigazione, la più rilevante è l'irrigazione di precisione, già introdotta e descritta a livello tecnico nel Capitolo 1. Ad oggi, rappresenta uno dei metodi di irrigazione innovativi con la più alta percentuale di efficienza tecnica, motivo per cui la gran parte degli investimenti nel settore irriguo da parte delle aziende agricole sono indirizzati proprio verso questa soluzione. Anche a livello europeo, la strategia Farm to Fork del Green Deal Europeo incentiva la digitalizzazione e la sostenibilità nel settore irriguo; inoltre, questi temi sono trattati anche nella PAC che finanza l'introduzione di tecnologie digitali per un uso più razionale delle risorse naturali. In Italia, queste indicazioni dell'UE sono state recepite a concretizzate tramite i Piani di Sviluppo rurale e il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, PNRR, stanziando fondi per l'ammodernamento dei macchinari e attrezzature agricole, tra cui infrastrutture irrigue 4.0. L'irrigazione di precisione permette di introdurre un modello d'irrigazione flessibile guidato dai dati ottenuti tramite la sensoristica che viene installata in campo, "data-driven farming". L'obiettivo principale è quello di ridurre al minimo le perdite di acqua somministrandola direttamente al livello dell'apparato radicale così come nella subirrigazione. L'introduzione dell'intelligenza artificiale a supporto di questo tipo di irrigazione che consente l'elaborazione di un ambia serie di dati e a partire da questi prevedere le dinamiche future, permetterebbe il passaggio da un approccio reattivo, a uno predittivo più avanzato. Ad oggi gli algoritmi utilizzati sono tutti su base reattiva mentre, l'introduzione di questa tecnologia permetterebbe di rimodulare in maniera dinamica l'irrigazione in base agli input derivanti da dati in tempo reale. Inoltre, l'utilizzo dell'IA (intelligenza artificiale) permette di rilevare anche situazioni critiche di stress idrico in anticipo e di prevedere scenari climatici critici a medio termine, permettendo di pianificare strategie di irrigazione, garantendo la resilienza delle colture anche in situazioni di scarsità della risorsa. A proposito della migliore efficienza nell'uso della risorsa idrica, i report scientifici del CREA e dell'osservatorio Smart Agrifood evidenziano come l'irrigazione 4.0 consente una riduzione dei volumi irrigui erogati dal 30% al 50% rispetto a metodi tradizionale. A conferma di ciò, anche le sperimentazioni condotte da ANBI e i Consorzi di Bonifica nel territorio italiano

confermano questa tendenza, con un risparmio di 200 metri cubi per ettaro di acqua sulle colture idro- esigenti, mais e pomodoro, oggetto di questi studi. Un minor utilizzo della risorsa irrigua si traduce anche in una riduzione dei costi sostenuti dall'azienda, in particolare quelli energetici per il pompaggio e la pressurizzazione dell'acqua, con una contrazione pari al 30%.

Inoltre, grazie ai report della CE, frutto di numerosi studi, sull'adozione di tecniche irrigue 4.0, sono state smentite le ipotesi di riduzione della produttività a causa di un minore apporto idrico, al contrario questi studi ci mostrano un incremento della produttività delle colture fino al 15%. Oltre a questo aspetto, è stato evidenziato come anche parametri qualitativi trovano giovamento da queste pratiche innovative, quali: il grado zuccherino, la shelf-life del prodotto, e una netta uniformità merceologica del raccolto. La diffusione, però, nonostante i suoi benefici, in Italia e in Europa risulta ancora limitata. E tra i principali fattori limitanti abbiamo:

- L'elevato investimento iniziale richiesto.
- Molte aree agricole sono sprovviste di connettività e rete per la trasmissione a lungo raggio dei dati raccolti dai sensori.
- La carenza di competenze digitali e figure professionali in grado di interpretare gli output ottenuti.

Nel caso delle Marche, caratterizzato da un territorio in gran parte collinare, aziende agricole di dimensioni spesso ridotte e fiumi che d'estate tendono a seccarsi rapidamente, l'irrigazione 4.0 non può limitarsi all'acquisto di nuove tecnologie da parte del singolo agricoltore. Per risolvere i problemi di scarsità idrica e garantire a tutti un accesso equo all'acqua, queste innovazioni devono funzionare in modo coordinato, collegando il lavoro dei privati con la gestione pubblica del territorio. In maniera concreta, a livello aziendale è il punto di partenza, dove l'agricoltore monitora le proprie colture, attraverso sensori posti nel terreno per misurare l'umidità, piccole stazioni meteo aziendali e immagini satellitari, grazie ai quali può capire esattamente quanta acqua serve alle piante giorno per giorno, tramite software di supporto (DSS). Invece di irrigare a orari o giorni fissi, si interviene solo quando e dove serve realmente, evitando sprechi causati dall'evaporazione o dallo scorrimento dell'acqua lungo i pendii collinari. A livello consortile, la rete di distribuzione è gestita dal Consorzio di Bonifica delle Marche, che distribuisce l'acqua dalle fonti fino agli utenti finali. A questo livello, la digitalizzazione si realizza, tramite il telecontrollo, installando contatori elettronici intelligenti e sistemi di controllo a distanza, che permette al Consorzio di tenere sotto controllo le portate e la pressione lungo le tubature, individuando subito le perdite della rete e riducendo gli sprechi. Inoltre, l'Ente può superare i vecchi turni rigidi e programmare la distribuzione dell'acqua in base alle reali richieste degli agricoltori. A livello territoriale, la gestione di

bacino riguarda la pianificazione dell'intera regione che ad oggi si basa sulla baca dati nazionale del SIGRIAN, tramite la quale è possibile individuare l'acqua complessivamente richiesta dalle aziende e quella effettivamente disponibile nei fiumi e soprattutto nei bacini artificiali, come la diga di Castreccioni o gli invasi del Metauro e del Chienti. In questa struttura a tre livelli, l'uso dell'Intelligenza Artificiale rappresenta uno strumento prezioso che permetterebbe di incrociare i dati del meteo, i livelli degli invasi e i consumi effettivi delle aziende, ottenuti tramite il telecontrollo, e permette di prevedere con largo anticipo i periodi di siccità. In questo modo il Consorzio e la Regione possono programmare in maniera più efficiente, passando da uno schema prettamente reattivo a uno predittivo, che garantirebbe una gestione della risorsa e delle turnazioni degli utenti nettamente più efficiente e sostenibile. Quindi, nonostante un investimento iniziale elevato per l'adozione di queste tecnologie e l'ammodernamento di tutto il sistema, questa soluzione apporterebbe nel lungo periodo numerosi benefici e un maggior valore aggiunto all'agricoltura considerando anche il fatto che la scarsità dell'acqua come già detto, sarà una questione sempre più centrale in futuro.

4.4 **La gestione collettiva come strumento di sostenibilità**

Nel vecchio modello di gestione, della regione Marche, il territorio essendo frammentato in 5 aree, generava un'amministrazione della risorsa a comparti stagni tra i Consorzi, i quali ognuno gestiva e operava nel suo comprensorio in maniera indipendente. Questo frazionamento si traduceva in una conoscenza parziale e disomogenea dei consumi effettivi, limitando drasticamente la capacità di pianificare gli interventi a medio e lungo termine, e in questo contesto, la risposta alla domanda irrigua era spesso lasciata in mano ai singoli agricoltori, che ricorrevano in maniera massiccia a fonti di approvvigionamento individuali come pozzi, o invasi privati. Questo rendeva impossibile un controllo nell'uso della risorsa e sulla pressione esercitata sulle falde sotterranee. Con la centralizzazione della gestione tramite l'istituzione del Consorzio di Bonifica delle Marche, è stata resa possibile una misurazione molto più efficacie dei consumi e dei volumi prelevati, permettendo allo stesso tempo, tramite questi dati, una programmazione territoriale efficace, con investimenti mirati e un controllo più accurato della risorsa. Inoltre, ha permesso l'introduzione di infrastrutture integrate, piani di manutenzione condivisi, e una gestione coordinata delle dighe e grandi invasi secondo una logica di bacino, regolando i rilasci in funzioni delle esigenze dell'intero bacino. Al contempo, la diffusione di una rete irrigua collettiva moderna e affidabile disincentiva il prelievo privato, tutelando il bilancio idrico complessivo e preservando la qualità degli acquiferi. A livello economico, l'accentramento della gestione in un unico ente ha permesso di generare economie

di scala nei costi operativi e nell'acquisto di beni e servizi, inoltre consente di sviluppare importanti progetti di ammodernamento della rete irrigua a scala reginale, condizione determinante per intercettare importanti finanziamenti pubblici. È importante ricordare però, che il Consorzio non è da intendere come soggetto che possa risolvere il problema della scarsità d'acqua, ma grazie alla sua efficienza amministrativa riesce a incidere profondamente sulla valorizzazione della risorsa garantendo la resilienza del territorio.

4.5 **La sostenibilità economica della gestione irrigua**

Per quanto riguarda l'ambito economico della risorsa, ad oggi è più opportuno parlare di sostenibilità economica più che di impatto economico dell'irrigazione; infatti, non deve avere solamente l'obiettivo di ridurre le quantità utilizzate ma anche allo stesso tempo di tutelare la redditività dell'imprenditore agricolo. L'apporto irriguo, infatti, è un fattore fondamentale di mitigazione del rischio aziendale, evitando l'esposizione delle colture allo stress idrico, e permette di preservare le rese e gli standard qualitativi della produzione per accesso ai mercati più remunerativi. L'irrigazione quindi, non solo consente la diversificazione colturale verso specie a più elevata redditività ma altamente esigenti, ma stabilizza il reddito dell'agricoltore nel medio-lungo periodo, garantendo continuità economica anche a fronte di annate meteorologicamente sfavorevoli. A livello economico, viene preso in considerazione l'indicatore della produttività dell'acqua, già introdotto nel capitolo 1, che mette in relazione la resa della coltura con il volume idrico utilizzato per l'irrigazione. Con l'adozione di questo valore, l'obiettivo della pianificazione irrigua non consiste unicamente nell'attuare un risparmio idrico fine a sé stesso o nell'imporre limitazioni al consumo, bensì nel massimizzare l'efficienza d'uso della risorsa disponibile, cosa che nella maggior parte dell'Europa sta accadendo. Come già citato nel primo capitolo l'Italia è tra le nazioni più virtuose sotto questo punto di vista. In questo contesto, la gestione dell'acqua da parte del Consorzio di Bonifica acquisisce valenza economica, infatti pur non garantendo un margine economico agli utenti, funge da infrastruttura di supporto, operando attraverso la fornitura del servizio sempre più efficiente e affidabile. Ciò, si concretizza nelle opere di ammodernamento delle reti di distribuzione per ridurre le perdite, che nel medio e lungo periodo essi generano esternalità positive per le singole aziende agricole. Una rete moderna e digitalizzata si traduce in una maggiore flessibilità oraria, in una puntuale programmazione dei turni irrigui e in una drastica riduzione del rischio legato alla variabilità climatica. Parallelamente, il Consorzio beneficia di un contenimento dei costi energetici e manutentivi, mentre l'ambiente trae vantaggio da una significativa razionalizzazione dei prelievi alla fonte.

4.6 **Politiche europee e sostegno agli investimenti irrigui**

La traiettoria delle politiche europee sull'acqua nel tempo ha subito una profonda mutazione in funzione anche delle prospettive future. In una prima fase, con la pubblicazione della Direttiva Quadro 2000/60/CE, l'obiettivo era principalmente quello della protezione quantitativa e qualitativa dei corpi idrici, con il settore agricolo che ricopriva una posizione passiva sottoposto a questa regolamentazione. La prima svolta si ebbe con il Green Deal nel 2020, e della strategia Farm to Frok che ha stabilito che la riduzione di pressione ambientali esercitate dall'agricoltura costituisse un prerequisito inderogabile per la sicurezza alimentare e la stabilità economica del continente. Questa impostazione ha trovato la propria declinazione operativa nella PAC 2023–2027, dove la tutela delle acque è stata integrata nell'architettura dei pagamenti attraverso la condizionalità rafforzata, gli eco-schemi e le linee di finanziamento per la modernizzazione degli impianti. L'ultimo importante passo a livello cronologico per quanto riguarda questo argomento, è stato compiuto con la pubblicazione da parte della Commissione Europea nel 2025 della Water Resilience Stategy, con la quale si evidenzia che l'acqua non è più considerata un fattore produttivo da efficientare, bensì un asset strategico essenziale per la sicurezza economica e la transizione climatica. La strategia ridefinisce i criteri di ammissibilità e di spesa per il settore primario, imponendo che ogni investimento produca un risparmio idrico netto a scala di bacino idrografico, così da impedire l'effetto rimbalzo. Al contempo, il modello europeo mira verso l'integrazione di pratiche circolari, quali il riuso controllato dei reflui depurati, e l'adozione di soluzioni basate sulla natura volte a favorire la ricarica naturale degli acquiferi di cui abbiamo già trattato nel Capitolo 2. Nel contesto Marchigiano, l'applicazione delle direttive europee però, si confronta con fragilità territoriale e strutturali, infatti il reticolo idrografico regionale, caratterizzato da aste fluviali a regimi torrentizi con scarsa capacità d'invaso, espone le colture a severo stress idrico durante i periodi estivi. In tale quadro, il Complemento di Sviluppo Rurale (CSR) Marche 2023–2027, nel suo aggiornamento al 2026, espone le linee guida comunitarie e individua nell'efficientamento e nell'adeguamento delle infrastrutture irrigue una priorità strategica regionale. Un miglioramento che non deve essere limitato alle sole strutture irrigue delle aziende ma inteso come la creazione di una rete di dati rilevati in campo che confluiscono in una filiera informativa, che colleghi le decisioni agronomiche degli imprenditori con le manovre di regolazione del Consorzio di Bonifica e, al livello superiore, con la vigilanza della Regione e dell'Autorità di Bacino Distrettuale sul rispetto del Deflusso Ecologico. In assenza di questo coordinamento verticale, le metriche di risparmio restano confinate alla scala aziendale, senza generare benefici per il bilancio idrico complessivo. In questo scenario l'adozione

dell'irrigazione 4.0 a livello regionale è determinante come già detto prima. Solo a queste condizioni gli investimenti sostenuti dai fondi europei e dal CSR regionale potranno superare la logica dell'approccio emergenziale, trasformando il sistema irriguo marchigiano in un modello resiliente alle pressioni climatiche.

CONCLUSIONI

L'indagine condotta in questa tesi mette in luce come la disponibilità d'acqua rappresenta un cardine della tenuta produttiva e economica del comparto agricolo. E con una crescente concorrenza per il suo utilizzo e una diminuzione della sua disponibilità per via del cambiamento climatico, sta mettendo a dura prova l'intero settore. In particolare, le aree che si affacciano al mediterraneo sono quelle maggiormente esposte a questa problematica, con un aumento dei periodi di siccità e un'alterazione dei regimi pluviometrici, che sottopone le colture a lunghi periodi di stress idrico se non si interviene con l'irrigazione. In questi Paesi, infatti, la pratica irrigua è passata da intervento di soccorso a intervento imprescindibile per ottenere le rese e garantire la continuità del reddito aziendale.

Il confronto dei dati tra le varie arre europee e l'Italia evidenzia la forte eterogeneità che è presente nel continente in questo contesto. Nella dinamica italiana, l'agricoltura assorbe il 40% dei prelievi complessivi, ma anche qui con forte eterogeneità tra le varie regioni della Penisola; infatti, la maggior parte di questi consumi risulta essere concentrata nelle pianure del Nord Italia. Emerge con forza, come la ricerca della sostenibilità non possa limitarsi a una questione ingegneristica, sebbene la riconversione dai sistemi tradizionali verso impianti ad alta efficienza, come la microirrigazione e la subirrigazione, sia un passaggio imprescindibile per abbattere le perdite dirette. Ma è stato constatato che, l'efficienza impiantistica da sola non genera un risparmio automatico, al contrario, in assenza di regole condivise e di una visione di bacino, l'ammodernamento rischia di innescare il risultato contrario, ovvero l'effetto rimbalzo e il paradosso idrologico, incentivando l'espansione delle superfici coltivate o il passaggio a colture più idro-esigenti, a scapito del deflusso ecologico dei fiumi e della naturale ricarica degli acquiferi.

In questo scenario, il percorso fatto dalla Regione Marche costituisce un caso di studio emblematico sul valore della governance territoriale. Il superamento della storica frammentazione dei cinque consorzi a favore dell'istituzione dell'ente unico, il Consorzio di Bonifica delle Marche, ha consentito di compiere un salto di qualità decisivo sia sul piano infrastrutturale sia su quello amministrativo. Grazie a questa riorganizzazione, inoltre, sono stati resi possibili numerosi investimenti come la sostituzione progressiva delle canalizzazioni

a cielo aperto con condotte in pressione, l'adozione diffusa della tariffazione binomia basata sulla misurazione volumetrica e l'introduzione dell'obbligo di prenotazione irrigua hanno permesso di superare le logiche gestionali a comparti stagni. Questo assetto ha reso possibile pianificare in modo razionale i rilasci dai principali bacini artificiali del territorio, migliorare notevolmente l'efficienza di gestione della risorsa ed ha disincentivato al contempo i prelievi privati incontrollati dalle falde sotterranee. Nonostante la propensione all'irrigazione regionale resti fisiologicamente contenuta rispetto alle realtà di pianura del Nord Italia, la centralizzazione dei dati ha fornito una base di conoscenza fondamentale per calibrare gli interventi alle reali esigenze del territorio. Il futuro della gestione irrigua, quindi, non sembra essere rappresentato dalla sola ricerca di tecniche sempre più efficienti, ma dalla capacità di integrare infrastrutture, tecnologie, dati e governance. In questo quadro, il ruolo del Consorzio di Bonifica delle Marche potrebbe assumere ulteriore rilevanza, soprattutto come soggetto in grado di collegare le esigenze delle aziende agricole con la gestione complessiva delle risorse disponibili. La disponibilità di dati più completi e interoperabili potrebbe inoltre permettere di migliorare la programmazione degli investimenti e di individuare con maggiore precisione le aree nelle quali intervenire prioritariamente.

La vera traiettoria per il futuro risiede però, nella capacità di connettere l'innovazione tecnologica con la pianificazione multilivello. L'adozione delle metodologie dell'irrigazione 4.0 e dell'intelligenza artificiale esprime il suo massimo valore solo se integrata in un flusso informativo continuo, capace di collegare i parametri rilevati dai sensori aziendali e dai sistemi DSS con le manovre di telecontrollo della rete consortile e con la pianificazione strategica delle Autorità di Bacino Distrettuali. Questo passaggio consente di abbandonare la logica dell'intervento emergenziale in favore di una gestione predittiva del bilancio idrico, in grado anche di anticipare i deficit stagionali evitando di trovarsi impreparati e non poter garantire la fornitura di acqua agli utenti.

In linea con gli obiettivi della Politica Agricola Comune e della più recente European Water Resilience Strategy, emerge la consapevolezza che l'acqua deve essere tutelata come un bene comune limitato. Solo attraverso l'integrazione tra l'efficienza agronomica in campo, la gestione collettiva delle infrastrutture e il rispetto dei limiti idrologici naturali sarà possibile costruire un modello agricolo resiliente ai cambiamenti climatici, capace di salvaguardare l'ambiente senza sacrificare però la competitività del settore primario. Le politiche future dovranno pertanto accompagnare questa evoluzione attraverso strumenti di sostegno coerenti con le caratteristiche dei diversi territori. La transizione verso sistemi irrigui più efficienti e

digitalizzati richiede infatti non soltanto tecnologia, ma anche competenze, servizi di supporto e condizioni economiche che ne consentano l'adozione.

Il presente lavoro presenta, infine, alcuni limiti. In primo luogo, l'analisi è stata condotta principalmente attraverso dati statistici, documentazione istituzionale e informazioni relative ai sistemi irrigui e alla loro gestione; ciò ha permesso di ricostruire l'evoluzione del sistema, ma non consente di quantificare in maniera completa gli effetti economici e ambientali prodotti dalla riorganizzazione della gestione irrigua nelle Marche. In secondo luogo, il confronto tra il precedente modello gestionale e quello attuale non può essere interpretato come una valutazione causale degli effetti della costituzione del Consorzio, poiché nel periodo considerato sono intervenuti contemporaneamente cambiamenti climatici, investimenti infrastrutturali e modifiche nelle modalità di utilizzo e monitoraggio della risorsa.

Un possibile sviluppo futuro della ricerca potrebbe quindi consistere nell'integrare l'analisi territoriale con dati aziendali e informazioni raccolte direttamente presso gli utenti del servizio irriguo, così da valutare più precisamente gli effetti della gestione consortile sulla disponibilità e sull'affidabilità del servizio, sui costi sostenuti dalle aziende e sulle loro scelte di investimento. Un ulteriore approfondimento potrebbe riguardare l'integrazione tra dati aziendali e dati consortili, al fine di costruire sistemi di monitoraggio capaci di supportare una gestione della risorsa sempre più preventiva e orientata alla sostenibilità.

BIBLIOGRAFIA

Agenda 2030 – Gli obiettivi Ambientali di sviluppo sostenibile, SDG 6 Acqua pulita e servizi igienico-sanitari. Disponibile sul sito: https://unric.org/it/agenda-2030-i-17-obiettivi-di-sviluppo-sostenibile/obiettivo-6-acqua-pulita-e-servizi-igienico-sanitari/

Agenzia Europea dell'Ambiente (2020) – Uso delle risorse di acqua dolce in Europa: relazioni periodiche sull'uso dell'acqua in agricoltura. Disponibile sul sito: https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/water

Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) (2024) – *Europe's state of water 2024: the need for improved water resilience* (Rapporto sullo stato delle acque in Europa basato sui dati di monitoraggio 2021). EEA Report 07/2024. Disponibile sul sito: https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/europes-state-of-water-2024

ANBI (2026) – Associazione Nazionale Bonifiche Irrigazioni. Dati disponibili sul sito: https://www.anbi.it/

ANBI (2020) – Irriframe: il sistema esperto per l'irrigazione di precisione e il risparmio della risorsa idrica. Report di monitoraggio e sperimentazione in campo. Disponibile sul sito: https://www.irriframe.it/documents/irriframe_congresso_internazionale_roma.pdf

Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale (2021) – Piano di Gestione del Bacino Idrografico (PGBI) – III Ciclo di pianificazione 2021-2027: Relazione generale e analisi delle pressioni sui corpi idrici. Disponibile sul sito: https://www.distrettoappenninomeridionale.it/oldsite/images/_pdgAcque/III%20CICLO%202021-2027/PIANO/Relazione/Relazione_PdG_Acque_III_Ciclo_rev_11_PC.pdf

Commissione Europea (2019) – Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni: Il Green Deal europeo. Disponibile sul sito: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640

Commissione Europea (2020) – Farm to Fork Strategy. Disponibile sul sito: https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf

Commissione Europea (2020) – Strategia "Dal produttore al consumatore" per un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell'ambiente. Disponibile sul sito: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ea0f9f73-9ab2-11ea-9d2d-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF

Commissione Europea (2021) – Evaluation of the impact of the Common Agricultural Policy on water. Disponibile sul sito: https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6b313503-545d-11ea-aece-01aa75ed71a1/language-en

Commissione Europea (2025) – European Water Resilience Strategy. Disponibile sul sito: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52025DC0280

Commissione Europea – Joint Research Centre (JRC) (2021) – Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas: Status, challenges and opportunities. Disponibile sul sito: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC141259/JRC141259_01.pdf

Consorzio di Bonifica delle Marche (2018/2020) – Piano di Classifica degli immobili per il riparto delle spese consortili e regolamento per la prenotazione e l'uso irriguo. Disponibile sul sito: https://www.bonificamarche.it/amministrazione-trasparente/:subcategory/piano-di-classifica-e-di-riparto-degli-immobili-irrigui/

Consorzio di Bonifica delle Marche (2019) – Piano generale di bonifica per la sostenibilità, la tutela e la valorizzazione del territorio. Disponibile sul sito: https://static.regione.marche.it/Portals/0/Agricoltura/BonificaIrrigazione/Proposta%20di%20Piano.pdf?utm_source=chatgpt.com

Consorzio di Bonifica delle Marche (2023) – Irrigazione quante novità. Disponibile sul sito: https://www.bonificamarche.it/novita/irrigazione-quante-novit%C3%A0/

Corte dei conti europea (2021) – Relazione Speciale n. 20/2021. Disponibile sul sito: https://www.eca.europa.eu/it/publications?did=59355

CREA (2025) – Analisi CREA sull'uso irriguo – infografiche ISTAT. Disponibile sul sito: https://sigrian.crea.gov.it/index.php/2025/04/03/giornata-mondiale-dellacqua-una-infografica-illustra-luso-dellacqua-in-agricoltura/

CREA – Centro di Politiche e Bioeconomia (CREA-PB) (2020) – Il Sistema Informativo Nazionale per la Gestione delle Risorse Idriche in Agricoltura (SIGRIAN): metodologie di monitoraggio dei volumi e bilanci idrici. Dati disponibili sul sito: https://sigrian.crea.gov.it/index.php/cosesigrian/

CREA – Centro di Politiche e Bioeconomia (CREA-PB) (2021) – Le risorse idriche per l'agricoltura e la zootecnia: monitoraggio, stime d'uso e indicatori di bilancio idrico. Disponibile sul sito: https://www.crea.gov.it/web/politiche-e-bioeconomia/-/risorse-idriche-per-l-agricoltura

Elicit Plant (2026) – Quali sono le differenze tra stress idrico e siccità nelle colture. Disponibile sul sito: https://www.elicit-plant.com/it/stress-idrico/quali-sono-le-differenze-tra-siccita-e-stress-idrico-nelle-colture/

European Environment Agency (EEA) – Informazioni disponibili sul sito: https://www.eea.europa.eu/en

Eurostat (2013) – Indagine sulla struttura delle aziende agricole (FSS) e Indagine sui metodi di produzione agricola. Disponibile sul sito: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Farm_structure_survey_(FSS

Eurostat (2026) – Water statistics and irrigation. Disponibile sul sito: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics

FAO (2021) – Rapporto FAO sullo stato delle risorse territoriali e idriche del mondo per il cibo e l'agricoltura (SOLAW 2021). Disponibile sul sito: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ecb51a59-ac4d-407a-80de-c7d6c3e15fcc/content

FAO (2026) – AQUASTAT: Sistema informativo globale sull'acqua e l'agricoltura. Disponibile sul sito: https://www.fao.org/aquastat/

INEA (2009) – Rapporto sullo stato irrigazione nelle Marche. Disponibile sul sito: https://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/781

ISPRA (2021) – Annuario dei dati ambientali: Stato ecologico e chimico dei corpi idrici e assetto dei distretti idrografici italiani. Rapporti ISPRA n. 345/2021. Disponibile sul sito: https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/annuario-in-cifre-edizione-2021

ISPRA (2026) – Rapporto sullo stato delle acque in Italia verso il quarto ciclo di gestione. Rapporto ISPRA 427/2026. Disponibile sul sito: https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/rapporto-sullo-stato-delle-acque-in-italia-verso-il-quarto-ciclo-di-gestione

ISTAT (2020) – Settimo censimento generale dell'agricoltura (elaborazione dati). Disponibile sul sito: https://www.istat.it/statistiche-per-temi/censimenti/agricoltura/7-censimento-generale/

ISTAT (2022) – Settimo Censimento sull'agricoltura, risultati Marche. Disponibile sul sito: https://statistica.regione.marche.it/Portals/0/Settori/agricoltura/9ec09b48-CensimentoAgricoltura_RISULTATI%20MARCHE_Diffusione9agosto2022.pdf

ISTAT (2026) – Focus le statistiche sull'acqua. Disponibile sul sito: https://www.istat.it/wp-content/uploads/2026/03/GMA2026_Focus_DEF.pdf

MASAF (2022) – Piano Strategico Nazionale della PAC 2023-2027 (PSP Italia). Disponibile sul sito: https://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/27125

MASAF (2023) – Piano Strategico della PAC (PSP) 2023-2027 dell'Italia. Disponibile sul sito: https://www.masaf.gov.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/12126

MASAF (2026) – Ministero dell'Agricoltura, della Sovranità Alimentare e delle Foreste. Informazioni disponibili al sito: https://www.masaf.gov.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/202

Osservatorio Smart Agrifood (2021/2022) – Agricoltura 4.0 e gestione idrica di precisione: benefici agronomici, economici e ambientali. Politecnico di Milano & Università degli Studi di Brescia. Disponibile sul sito: https://www.osservatori.net/smart-agrifood/

Osservatorio sul settore idrico – Intesa Sanpaolo & Acea (2025). Disponibile sul sito: https://group.intesasanpaolo.com/content/dam/portalgroup/repository-documenti/research/it/osservatorio-idrico/2025/Osservatorio_idrico_ISP_Acea_2025.pdf

Regione Marche (2022) – Complemento di Sviluppo Rurale (CSR) FEASR 2023-2027 della Regione Marche. Disponibile sul sito: https://www.regione.marche.it/Entra-in-Regione/CSR-Marche-2023-2027

Regione Marche (2023) – Analisi di contesto e SWOT (Allegato 1 al Complemento di Sviluppo Rurale della Regione Marche 2023-2027, Versione 2.0). Disponibile sul sito: https://static.regione.marche.it/portals/0/Agricoltura/CSR%2023-27/Versioni%20CSR/versione%202.0/All.%20CSR%20All%2001_Analisi%20Contesto%20e%20SWOT.pdf

Rete Clima (2019) – Water footprint: cos'è e come si calcola. Disponibile sul sito: https://www.reteclima.it/water-footprint-impronta-idrica/

Rete Rurale Nazionale (RRN) / ISMEA (2026) – Monitoraggio dei "Complementi regionali per lo Sviluppo Rurale (CSR) 2023-2027". Disponibile sul sito: https://www.reterurale.it/CSR20232027

Unione Europea (2021) – Report CAP and Water, Special Report n. 20/2021. Disponibile sul sito: https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/cap-water-20-2021/it/

Unione Europea (2023) – Agri-environmental indicator - irrigation. Disponibile sul sito: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_irrigation