

**Alma Mater Studiorum Università di Bologna**

SCUOLA DI AGRARIA E MEDICINA VETERINARIA  
Corso di Laurea in TECNOLOGIE AGRARIE

Irrigazione e drenaggio

**MISURA STRUMENTALE DI VOLUMI IRRIGUI E  
STIMA MEDIANTE IL SISTEMA DI SUPPORTO  
ALL'IRRIGAZIONE IRRINET:  
CONFRONTO A LIVELLO DISTRETTUALE NEL  
CONSORZIO DELLA BONIFICA RENANA**

Tesi di laurea di:

Riccardo Quarta

Relatore:

Chiar.mo Prof. Ing. Attilio Toscano

Correlatori:

Dott. Michele Solmi  
Ing. Marta Luppi

Visto, si approva la tesi

---

**Anno Accademico 2017/2018**  
Sessione di luglio 2018

# INDICE

## 1. INTRODUZIONE

<b>1.1</b>	<b>La risorsa idrica in agricoltura</b>	Pag. 1
<b>1.2</b>	<b>Panorama normativo</b>	Pag. 2
1.2.1	Linee guida per la misura dei volumi idrici	Pag. 4
1.2.2	Stima dei volumi idrici prelevati	Pag. 5
1.2.3	Stima dell'evapotraspirazione	Pag. 7
1.2.4	Stima del fabbisogno irriguo	Pag. 12
<b>1.3</b>	<b>Stime di perdite aziendali e di sistema</b>	Pag. 14
<b>1.4</b>	<b>Obiettivo del presente lavoro</b>	Pag. 15

## 2. MATERIALI E METODI

<b>2.1</b>	<b>Il Consorzio della Bonifica Renana</b>	Pag. 16
<b>2.2</b>	<b>Il progetto Acqua Virtuosa</b>	Pag. 18
<b>2.3</b>	<b>Il caso studio</b>	Pag. 19
2.3.1	Distretti irrigui analizzati	Pag. 19
2.3.2	Colture irrigue presenti nei due anni di analisi	Pag. 26
2.3.3	Metodi irrigui utilizzati	Pag. 29
2.3.4	Condizioni meteorologiche dei due anni in Emilia-Romagna	Pag. 31
<b>2.4</b>	<b>Il Consorzio del Canale Emiliano Romagnolo e IRRINET</b>	Pag. 35
2.4.1	Il Consorzio del Canale Emiliano Romagnolo	Pag. 35
2.4.2	Il servizio IRRINET	Pag. 36
<b>2.5</b>	<b>Valutazione dei consumi irrigui nel caso studio</b>	Pag. 37
2.5.1	Volumi derivati misurati dal Consorzio della Bonifica Renana	Pag. 37
2.5.2	Volumi derivati calcolati da dati IRRINET	Pag. 38
2.5.3	Dati mancanti	Pag. 40
2.5.4	Volumi derivati calcolati da dati bibliografici regionali	Pag. 41

<b>3. RISULTATI E DISCUSSIONE</b>	
<b>3.1 Valutazione volumi derivati misurati e calcolati</b>	Pag. 43
3.1.1 Volumi derivati misurati-calcolati da dati IRRINET	Pag. 43
3.1.2 Volumi derivati misurati-calcolati da dati bibliografici regionali	Pag. 46
<b>3.2 Confronto volumi calcolati ottenuti</b>	Pag. 48
<b>4. CONCLUSIONI</b>	Pag. 56
<b>5. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</b>	Pag. 57

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 La risorsa idrica in agricoltura

L'agricoltura in Europa occupa una parte significativa di suolo; è stato stimato che nel 2007 essa ne abbia investito il 40,1% (Eurostat, 2011) rappresentando un'importante voce dell'economia dell'Unione Europea con un valore aggiunto di circa 125 400 milioni di euro (European Commission, 2012).

Ogni stadio della produzione agricola richiede acqua. Gli utilizzi possono essere classificati in tre categorie: l'irrigazione delle colture, necessaria per il loro accrescimento; l'abbeveraggio, l'igiene e la pulizia negli allevamenti animali; altre operazioni e i processi legati alla gestione aziendale agricola. È stato stimato che per produrre il cibo consumato tipicamente da un cittadino europeo in un giorno, sono necessari circa 3 500 litri d'acqua (European Commission, 2012). Quest'ultima può provenire dalle precipitazioni e in diversi Paesi, tipicamente del Nord Europa, soddisfare quasi interamente il fabbisogno idrico dell'agricoltura. Tuttavia, in molte zone, soprattutto del Sud del continente, le attività agricole dipendono fortemente da risorse idriche superficiali e sotterranee (più dei due terzi dei prelievi totali di acqua).

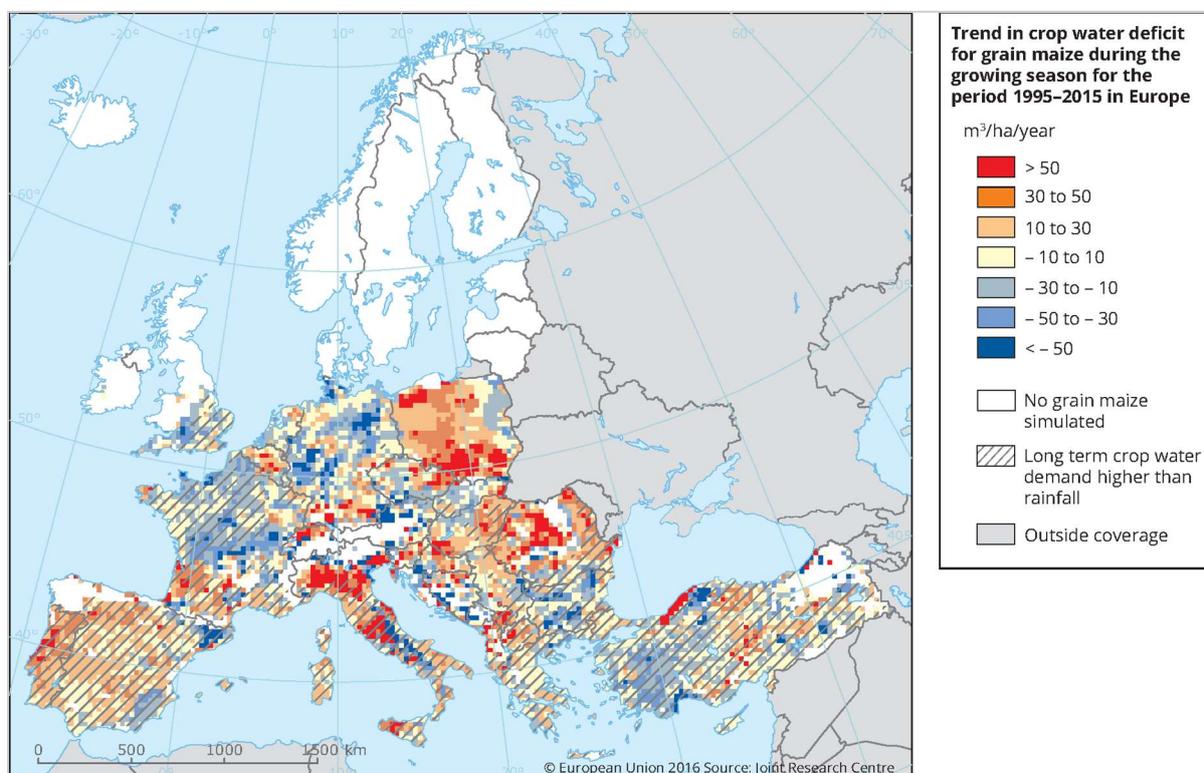


Figura 1. "Climate change, impacts and vulnerability in Europe", EEA, 2016, Report N. 1/2017

Dalla mappa riportata in Figura 1 si evincono informazioni riguardo al cambiamento del deficit idrico in Europa, inteso come differenza tra la domanda d'acqua della coltura e le precipitazioni di acqua per il mais. Quest'ultimo è una coltura tipicamente irrigua poiché gran parte del suo ciclo colturale si svolge durante la stagione estiva. In rosso sono evidenziate le zone in cui il deficit acquista valori più alti, cioè dove le precipitazioni scarseggiano rispetto ai fabbisogni irrigui; in blu sono indicate, invece le zone per le quali il cambiamento delle precipitazioni è più favorevole e quindi, dove il deficit è diminuito. Un forte aumento del deficit nel periodo dal 1995 al 2015 si riscontra in vaste parti dell'Europa meridionale e orientale, una diminuzione riguarda invece parti dell'Europa Nord-occidentale (European Environment Agency, 2016).

L'eventuale assenza di acqua per l'irrigazione in alcune aree europee potrebbe potenzialmente portare all'abbandono di diversi territori e quindi a perdite economiche (European Environment Agency, 2009)

In agricoltura, il risparmio idrico può essere realizzato con miglioramenti nelle infrastrutture e nelle tecnologie di irrigazione. I potenziali di risparmio idrico derivanti dal miglioramento dell'efficienza di trasporto dei sistemi di irrigazione e di applicazione dei metodi irrigui oscillano tra il 10% e il 25% dei prelievi e tra il 15% e il 60% del consumo di acqua, rispettivamente. Ci si può aspettare un ulteriore miglioramento dai cambiamenti nelle pratiche di irrigazione (30%), dall'utilizzo di più colture resistenti alla siccità (fino al 50%) o dal riutilizzo degli effluenti delle acque reflue trattate (circa il 10%). I potenziali risparmi idrici nel settore irriguo ammonterebbero al 43% dell'attuale volume agricolo sottratto ([http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/exec\\_summary.pdf](http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/exec_summary.pdf)).

## **1.2 Panorama normativo**

Considerata la rilevanza dell'argomento, l'Unione Europea si è attivata in ambito normativo. Il 17 dicembre 2013, il Parlamento e il Consiglio Europeo hanno emanato il regolamento UE n.1305. Esso è un atto giuridico vincolante diretto agli Stati membri che ha portata generale. Questo regolamento definisce le misure per il sostegno allo sviluppo rurale, abrogando il Regolamento 1698/05/CE, al fine di stimolare la competitività del settore agricolo, garantire la gestione sostenibile delle risorse naturali e l'azione per il clima e realizzare uno sviluppo territoriale equilibrato delle economie e comunità rurali, comprendendosi la creazione e il

mantenimento di posti di lavoro. Tra le considerazioni contenute, troviamo il punto 35° che riguarda i termini entro cui i fondi possono essere disposti per investimenti in materia di irrigazione: *“Dovrebbe essere possibile per il Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale (FEASR) finanziare investimenti in materia di irrigazione per apportare benefici economici e ambientali, a condizione che la sostenibilità dell'irrigazione in questione sia assicurata. Di conseguenza, in ciascun caso, il sostegno dovrebbe essere accordato solo se esiste un piano di gestione del bacino idrografico come prescritto dalla direttiva quadro sulle acque e se la misurazione dell'acqua è già effettuata a livello dell'investimento o è prevista nell'ambito dell'investimento”*; inoltre l'articolo 46 del regolamento stabilisce che *“I contatori intesi a misurare il consumo di acqua relativo all'investimento oggetto del sostegno sono o devono essere installati a titolo dell'investimento”*, e quindi poter essere finanziati dal fondo.

L'Italia, come Stato membro dell'UE, al fine di accedere ai fondi europei ha prodotto il Programma di Sviluppo Rurale Nazionale (PSRN) 2014-2020, cofinanziato dal FEASR (Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale). Il PSRN è lo strumento attraverso cui il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali (MiPAAF) mira a sostenere e sviluppare le potenzialità delle zone rurali in tutto il territorio italiano.

In particolare, la misura 4 del PSRN riguardante *“Investimenti in immobilizzazioni materiali”* è declinata nella Sottomisura 4.3 (Sostegno a investimenti nell'infrastruttura necessaria allo sviluppo, all'ammodernamento e all'adeguamento dell'agricoltura e della silvicoltura, compresi l'accesso ai terreni agricoli e forestali, la ricomposizione e il miglioramento fondiari, l'approvvigionamento e il risparmio di energia e risorse idriche), Operazione 4.3.1 (Investimenti in infrastrutture irrigue). La sottomisura ha come obiettivo rendere più efficiente l'uso dell'acqua in agricoltura attraverso la realizzazione di investimenti che migliorino la capacità di accumulo delle acque e le modalità di gestione della risorsa idrica a fini irrigui. Le operazioni finanziate, a carattere extra-aziendale, devono essere finalizzate all'adeguamento, all'ammodernamento, al miglioramento ed al recupero dell'efficienza delle infrastrutture esistenti (reti e invasi), o alla realizzazione di nuovi bacini di accumulo, nonché al riutilizzo dei reflui a scopo irriguo. Tali operazioni contribuiranno alla competitività delle produzioni agricole e zootecniche nazionali e delle filiere produttive ad esse connesse. La maggior parte dei sistemi irrigui rendono meno rispetto alle loro capacità potenziali; il basso livello di produttività dell'acqua associato alla sua gestione non sempre corretta si traducono in mancati utilizzi efficienti della risorsa e mancati ritorni economici. La misura dell'efficienza di utilizzo dell'acqua lungo tutta la filiera

agroalimentare di produzione, partendo proprio dall'irrigazione, aiuterebbe sicuramente a risparmiare questa risorsa e a risparmiare energia.

### **1.2.1 Linee guida per la misura dei volumi idrici**

L'Italia già nel 2006 con l'articolo 95 del D.lgs. 152 aveva definito gli obblighi di installazione e manutenzione di dispositivi per la misurazione delle portate e dei volumi d'acqua pubblica derivati in corrispondenza dei punti di prelievo e, quando presenti, di restituzione. Inoltre, con il Decreto Ministeriale (DM) del 31 luglio 2015 sono state approvate le linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo al fine di promuovere l'impiego di misuratori e l'applicazione di prezzi dell'acqua in base ai volumi utilizzati, sia per gli utenti associati, sia per l'autoconsumo.

Le linee guida trovano nel Sistema Informativo Nazionale per la Gestione delle Risorse Idriche in Agricoltura (SIGRIAN) lo strumento per raccogliere tutte le informazioni di natura gestionale, infrastrutturale e agronomica relative all'irrigazione gestita in modo collettivo. Esso si configura, quindi, come un geodatabase nazionale gestito dal Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA). Per la quantificazione e il monitoraggio dei volumi prelevati e utilizzati ad uso irriguo il Decreto Ministeriale definisce:

- a) gli elementi da monitorare;
- b) i criteri e gli strumenti per la quantificazione dei volumi;
- c) i criteri e le modalità di acquisizione e trasmissione dei dati;
- d) la metodologia di stima.

Gli elementi da monitorare sono le fonti di approvvigionamento, i punti di consegna, i nodi di restituzione e i contributi alla falda per infiltrazione (da stimare). In particolare, è imposto l'obbligo di misurazione, quindi l'installazione di misuratori, dei volumi prelevati e restituiti nel caso in cui le portate siano uguali o superiori a 1 modulo cioè 100 l/s per l'irrigazione collettiva. È possibile richiedere il finanziamento pubblico nell'ambito del PSRN 2014-2020 per l'acquisto, l'installazione e la manutenzione di nuovi misuratori, e nel caso di investimenti per l'ammodernamento, l'efficientamento, o la riconversione di infrastrutture irrigue esistenti, se i misuratori non fossero già presenti. Il Decreto Ministeriale prevede anche dei casi di esclusione dall'obbligo di installazione di misuratori, per esempio in presenza di sistemi di

consiglio irriguo o quando essa sarebbe sconveniente dal punto di vista tecnico, economico o ambientale.

Le linee guida prevedono la presenza di misuratori che possono essere sia di tipo volumetrico, che consentono la misura diretta dei volumi in reti tubate, sia di portata, che consentono il calcolo indiretto dei volumi nelle reti di canali a superficie libera. Le tipologie di misuratori previste sono identificate nella Tabella 1 del Decreto qui riportata, in base alla tipologia di manufatto:

<b>Tipologia di manufatti</b>	<b>Tipologia di strumentazione</b>
Preso da acque superficiali/distribuzione mediante canale	Stramazzo o risalto con associata sonda di livello - previa taratura con misure di portata - altro
Preso da acque superficiali/distribuzione mediante condotte in pressione	Venturimetro, sensore magnetico (installato opportunamente lontano da pompe e curve), sensore ultrasuoni - altro
Preso da acque superficiali/distribuzione mediante condotte a pelo libero	Sensore sonico - altro
Preso da pozzo	Contatore totalizzatore woltman e tangenziale, analogico o digitale, elettromagnetico, a flusso libero - altro
Preso da sorgente	Venturimetro / elettromagnetico / ultrasuoni / contatore su tubazioni di derivazione - stramazzo con sonda - previa taratura con misure di portata

*Tabella 1. Tipologie di misuratori utilizzabili in funzione della tipologia di manufatto esistente  
Fonte: Decreto Ministeriale del 31 luglio 2015*

Il Decreto Ministeriale rimanda a un successivo provvedimento l'individuazione di una metodologia di stima per i volumi irrigui relativi a prelievi, restituzioni e utilizzi, sia per l'irrigazione collettiva, sia per quella autonoma, nel caso in cui non ci sia l'obbligo di installare i misuratori.

## **1.2.2 Stima dei volumi idrici prelevati**

Le metodologie di stima dei volumi idrici prelevati e utilizzati per l'irrigazione collettiva sono state definite da un Tavolo coordinato tecnicamente dal CREA e sono riportate nell'allegato

numero 9 del bando di selezione delle proposte progettuali nell'ambito del PSRN 2014-2020. L'allegato si divide in tre parti:

- I. metodologia per la stima dei volumi idrici prelevati e utilizzati per l'irrigazione collettiva;
- II. metodologia per la quantificazione dei volumi idrici prelevati/utilizzati per l'auto approvvigionamento;
- III. metodologia di stima delle restituzioni al reticolo idrografico e dei rilasci alla circolazione sotterranea.

Per la stima dei prelievi l'allegato individua, come da Linee Guida del DM del 31 luglio 2015, in 100 l/s la soglia sopra la quale è previsto l'obbligo di misurazione dei volumi d'acqua prelevati; tra i 50 e i 100 l/s è prevista la stima da parte degli Enti irrigui dei volumi prelevati; sotto i 50 l/s è prevista l'esclusione anche dall'obbligo di stima.

Per la stima dei volumi utilizzati la metodologia individuata propone di equiparare gli utilizzi ai fabbisogni irrigui.

Per fabbisogno irriguo il DM del 31 luglio 2015 indica la "*domanda d'acqua ad uso irriguo, comprensiva delle perdite fisiologiche*". Tale quantità d'acqua è necessaria per mantenere l'evapotraspirazione potenziale in periodi in cui gli apporti idrici naturali sono insufficienti. Per evapotraspirazione potenziale (ETp) si intende la quantità d'acqua (mm) dispersa nell'atmosfera per evaporazione e traspirazione da una superficie bagnata coperta di vegetazione pure bagnata, di ampia estensione, in condizioni non limitanti di rifornimento idrico, posta in determinate condizioni climatiche, durante un certo periodo di tempo (Giardini, 2012).

Per il calcolo dei fabbisogni irrigui inizialmente si definisce l'evapotraspirazione e, successivamente, si conteggiano gli apporti idrici naturali e le efficienze di adduzione e di distribuzione. L'allegato propone tra gli strumenti operativi per la stima dei volumi utilizzati, cioè dei fabbisogni irrigui, di avvalersi di sistemi di consiglio irriguo, opportunamente calibrati sulla metodologia FAO *Paper 56*; di altri modelli sviluppati dalle amministrazioni pubbliche per la pianificazione della risorsa idrica a fini irrigui; del modello FAO *Cropwat*.

I sistemi di consiglio irriguo presenti sul territorio nazionale sono diversi (IRRIFRAME, IRRINET, IRRISAT e altri) e si differenziano per la metodologia di stima e per la formula utilizzata nel calcolo dell'evapotraspirazione di riferimento (ET<sub>0</sub>).

IRRINET, la cui applicazione su scala nazionale IRRIFRAME è stata realizzata dall'Associazione Nazionale delle Bonifiche, delle irrigazioni e dei miglioramenti fondiari (ANBI) in collaborazione con il Consorzio di Bonifica di II grado per il Canale Emiliano-Romagnolo (CER), basa le sue stime sul bilancio idrologico. Il consiglio irriguo che IRRINET comunica agli agricoltori deriva da processi di simulazione della dinamica dell'acqua nel suolo, della crescita della coltura, dei suoi fabbisogni idrici e dei contributi della falda ipodermica (Mannini, 2013).

### 1.2.3 Stima dell'evapotraspirazione

Per la stima dell'evapotraspirazione l'allegato si riferisce alla metodologia codificata dalla FAO nella pubblicazione "*Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – Irrigation and drainage Paper 56*" curata da Allen et al. (1998).

La FAO individua nell'equazione di Penman-Monteith il metodo più adatto e più accettato scientificamente per la stima dell'evapotraspirazione:

$$\lambda ET = \frac{\Delta \cdot (R_n - G) + \rho_a \cdot c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \cdot \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}$$

Dove:

- ET è la frazione d'acqua evapotraspirata dalla coltura (Kg/m<sup>2</sup>/s)
- λ è il calore latente di evapotraspirazione (MJ/Kg);
- Δ è il coefficiente di correlazione fra la pressione di vapore saturo e la temperatura (KPa/°C);
- R<sub>n</sub> è la radiazione solare netta (MJ/m<sup>2</sup>/d);
- G è il flusso di calore nel terreno (MJ/m<sup>2</sup>/d);
- ρ<sub>a</sub> è la densità dell'aria (Kg/m<sup>3</sup>);
- c<sub>p</sub> è il calore specifico dell'aria (KJ/Kg/°C);
- e<sub>s</sub> è la tensione di vapore saturo dell'aria (KPa);
- e<sub>a</sub> è la tensione di vapore dell'aria (KPa); la differenza esprime il deficit di saturazione;
- r<sub>a</sub> è la resistenza aerodinamica al flusso di vapore (s/m);

- $r_s$  è la resistenza degli stomi al flusso di vapore (s/m);
- $\gamma$  è la costante psicrometrica (KPa/°C).

Il valore di  $ET_p$  (mm/d) è funzione dei parametri colturali e delle variabili meteorologiche secondo l'equazione (D'Urso e Palladino, 2007):

$$ET_p = f\{r, LAI, hc; Ta, RH, St, U\}$$

I parametri colturali sono l'albedo ( $r$ ), l'indice di area fogliare (LAI) e l'altezza media del manto vegetale ( $hc$ ).

Le variabili meteorologiche sono la temperatura ( $T_a$ ), l'umidità relativa dell'aria (RH), la radiazione solare incidente ( $St$ ) e la velocità media del vento ( $U$ ).

L'equazione di Penman-Monteith può essere quindi scritta in funzione dei parametri colturali e di quelli meteorologici (D'Urso e Palladino, 2007):

$$ET_p = \frac{86400}{\lambda} \cdot \left[ \frac{s \cdot (1 - 0,4e^{-0,5LAI}) \cdot (1 - \alpha) \cdot (S_t + L^*) + c_p \cdot \rho_a \cdot (e_s - e_a) \cdot U / (a - b \ln(cLAI))}{s + \gamma \left(1 + \frac{U}{a + b \ln(cLAI)} \cdot LAI\right)} \right]$$

Dove:

- $ET_p$  è l'evapotraspirazione potenziale (mm/d);
- $s$  è la pendenza di vapor saturo (KPa/°C);
- LAI è l'indice di area fogliare, cioè un indice per la misura della superficie fogliare per unità di superficie del suolo (m<sup>2</sup> di foglie/m<sup>2</sup> di suolo);
- $L^*$  è la radiazione a onde lunghe (MJ/m<sup>2</sup>/d);
- $c_p$  è il calore specifico dell'aria (KJ/Kg/°C);
- $\rho_a$  è la densità dell'aria (Kg/m<sup>3</sup>);
- $(e_s - e_a)$  è il deficit di vapor saturo (KPa);
- $\lambda$  è il calore latente di evaporazione dell'acqua (MJ/Kg);
- $\gamma$  è la costante psicrometrica (KPa/°C);
- $U$  è la velocità del vento (m/s).

Adottando i valori standard dei parametri vegetazionali ( $r=0,23$  /  $LAI=2,88$  /  $h_c=0,12m$ ) si ricava l'evapotraspirazione di riferimento ( $ET_0$ ) definibile come la quantità di acqua (mm) dispersa nell'atmosfera, per evaporazione e traspirazione, da una superficie di ampia estensione interamente coperta da un'ideale coltura non bagnata e con caratteristiche standard (altezza, resistenza del manto vegetale al flusso del vapore e albedo) in condizioni di disponibilità e rifornimento idrico non limitanti, posta in determinate condizioni climatiche, durante un certo periodo di tempo (Giardini, 2012). Si ottiene quindi:

$$ET_0 = \frac{86400}{\lambda} \left[ \frac{0,697 \cdot s \cdot (S_t - L^*) + c_p \cdot \rho_a \cdot (e_s - e_a) \cdot U/102,4}{s + \gamma(1 + U/294,93)} \right]$$

Dove:

- $ET_0$  è l'evapotraspirazione di riferimento (mm/d);
- $s$  è la pendenza di vapor saturo (KPa/°C);
- $S_t$  è la radiazione solare incidente (MJ/m<sup>2</sup>/d);
- $L^*$  è la radiazione a onde lunghe (MJ/m<sup>2</sup>/d);
- $c_p$  è il calore specifico dell'aria (KJ/Kg/°C);
- $\rho_a$  è la densità dell'aria (Kg/m<sup>3</sup>);
- $(e_s - e_a)$  è il deficit di vapor saturo (KPa);
- $\lambda$  è il calore latente di evaporazione dell'acqua (MJ/Kg);
- $\gamma$  è la costante psicrometrica (KPa/°C);
- $U$  è la velocità del vento (m/s).

La determinazione dell'ETp a partire dall'ET<sub>0</sub> è possibile grazie al coefficiente colturale Kc tipico di ogni coltura, definito come il rapporto tra ETp e ET<sub>0</sub>. Quindi:

$$ETp = ET_0 \cdot Kc$$

Dove:

- $ET_p$  è l'evapotraspirazione potenziale (mm/d);
- $ET_0$  è l'evapotraspirazione di riferimento (mm/d);
- $K_c$  è il coefficiente colturale (-).

Il coefficiente colturale tiene conto delle caratteristiche della coltura e la rappresenta in termini di: intercettazione della radiazione, numero di foglie, resistenza aereodinamica, fisiologia, fase fenologica e bagnatura della superficie. Il  $K_c$  di una stessa coltura cambia durante il ciclo colturale per ogni fenofase: l'andamento tipico è quello descritto in Figura 2.

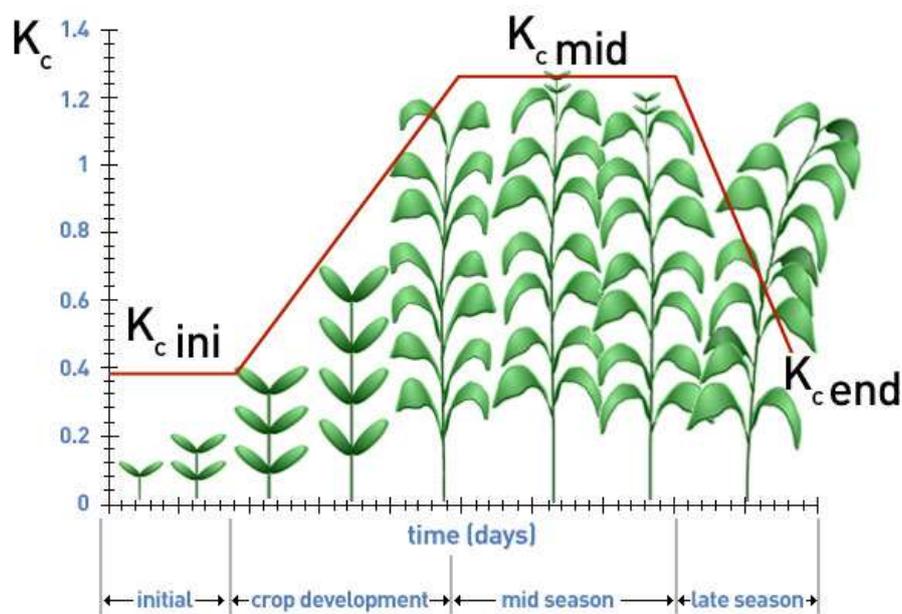


Figura 2. Valori tipici assunti dal coefficiente colturale  $K_c$  nel corso del ciclo colturale di una pianta  
Fonte: [www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information](http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information).

I valori necessari per descrivere e per costruire la curva del coefficiente colturale sono tre:

- 1)  $K_c$  dello stato iniziale ( $K_c\ ini$ ): il coefficiente è basso perché la traspirazione è poco attiva in quanto la pianta è ancora piccola e con poche foglie, il contributo maggiore all'evapotraspirazione è dato dall'evaporazione del terreno ancora nudo;
- 2)  $K_c$  dello stadio intermedio ( $K_c\ mid$ ): il coefficiente cresce rapidamente in parallelo con l'aumento del LAI fino al raggiungimento del valore massimo;
- 3)  $K_c$  finale ( $K_c\ end$ ): il coefficiente diminuisce a causa dell'invecchiamento delle foglie.

I valori di Kc per ogni coltura sono disponibili nel *Paper 56* della FAO. Di seguito sono riportati alcuni esempi:

<b>Coltura</b>	<b>Kc ini (-)</b>	<b>Kc mid (-)</b>	<b>Kc end (-)</b>
<i>Solanaceae</i>	0,60	1,15	0,80
<i>Cucurbitaceae</i>	0,50	1,00	0,80
<b>Radici e tuberi</b>	0,50	1,10	0,95
<i>Leguminosae</i>	0,40	1,15	0,55
<b>Cereali</b>	0,30	1,15	0,40
<b>Vite</b>	0,30	0,70	0,45
<b>Actinidia</b>	0,40	1,05	1,05

*Tabella 2. Valori di Kc ini, Kc mid, Kc end per alcuni tra i principali gruppi di colture in Italia.  
Fonte: Paper 56 FAO*

Nel caso in cui la radiazione solare, l'umidità relativa e la velocità del vento non siano disponibili, l'allegato 9 prevede di poter stimare l' $ET_0$  con la formula di Hargreaves-Samani (Hargreaves, 1994):

$$ET_0 = HC \cdot Re(T + 17,8) \cdot \Delta T^{0,5}$$

Dove:

- $ET_0$  è l'evapotraspirazione di riferimento (mm/d);
- HC è un coefficiente empirico il cui valore standard è 0,0023;
- Re è la radiazione solare extraterrestre (MJ/m<sup>2</sup>/d);
- T è la temperatura media giornaliera (°C);
- $\Delta T$  è la differenza tra la temperatura massima e minima del giorno (°C).

## 1.2.4 Stima del fabbisogno irriguo

L'allegato propone come modalità di stima del fabbisogno irriguo ( $W$ ) l'utilizzo di un'equazione semplificata che trascura le risalite capillari (ipotesi accettabile per profondità della falda ipodermica superiori a 2,5 m rispetto al piano di campagna):

$$W = 10 \frac{|ET_p - P_n|}{e_{ap} \cdot e_d \cdot e_a} \cdot A \cdot \Delta t$$

Dove:

- $W$  è il fabbisogno irriguo ( $m^3$ );
- $ET_p$  è l'evapotraspirazione potenziale (mm/d);
- $P_n$  è la pioggia efficace netta (mm/d);
- $A$  è l'area in esame (ha);
- $e_{ap}$  è il coefficiente di applicazione (-);
- $e_d$  è il coefficiente di distribuzione nel distretto (-);
- $e_a$  è il coefficiente di adduzione fino al distretto (-).

$P_n$  è la pioggia efficace netta (stesso valore impiegato da IRRIFRAME/IRRINET), cioè la frazione di precipitazione  $P$  che effettivamente raggiunge la superficie del suolo (Dastane, 1974), ovvero la precipitazione ridotta della quantità d'acqua intercettata dalla vegetazione (Vuolo et al., 2015). Al denominatore sono presenti dei coefficienti di efficienza irrigua (di applicazione, di distribuzione e di adduzione) per ottenere i fabbisogni idrici alla testa del distretto. I coefficienti possono acquisire diversi valori in base alle caratteristiche della rete di trasporto, distribuzione e all'utilizzo. L'efficienza irrigua ( $e$ ) è esprimibile come:

$$e = \frac{(V - P)}{V}$$

$$\text{con } 0 \leq e < 1$$

Dove:

- $V$  è il volume d'acqua entrante in uno tratto generico della rete ( $m^3$ );
- $P$  sono le perdite in quel tratto di rete ( $m^3$ ).

Valori possibili dei coefficienti di efficienza irrigua di adduzione o di distribuzione possono essere: 0,45 - 0,85 per canali a superficie libera, 0,70 - 0,90 per canali rivestiti o 0,85 - 0,95 per condotte in pressione; valori di efficienza irrigua di applicazione (efficienza di adacquamento) sono assumibili pari a 0,60 - 0,85 per l'aspersione o 0,75 - 0,90 per la microirrigazione.

Nel caso in cui la stima del fabbisogno irriguo si riferisca solo al distretto, il coefficiente di distribuzione, cioè quello che descrive l'efficienza nel tratto precedente al distretto, può essere posto uguale a 1.

Per la stima dei fabbisogni irrigui nel caso di apprestamenti protetti è proposta la stessa formula, ma utilizzando  $ET_0$  (evapotraspirazione di riferimento secondo il *Paper 56* FAO) al posto di  $ET_p$  e non considerando le precipitazioni poiché l'ambiente è chiuso.

Il fabbisogno irriguo deve essere calcolato per intervalli di tempo non superiori a un mese, per estensioni di aree definite, tenendo conto della variabilità spaziale e temporale dei dati.

Infine, per la stima dei fabbisogni irrigui l'allegato propone di utilizzare il bilancio idrologico che tiene conto di tutte le componenti in ingresso e uscita dal sistema in analisi. Per utilizzare il metodo del bilancio idrologico è necessario conoscere le caratteristiche idrauliche del suolo, le eventuali interazioni della falda ipodermica e le informazioni sullo sviluppo degli apparati radicali.

Il bilancio idrologico è espresso in forma generica dalla seguente formula:

$$\Delta V = [(P_n + I_n + f) - (ET_{act} + v)] \cdot \Delta t$$

Dove:

- $\Delta V$  è la variazione del contenuto d'acqua nella porzione di suolo occupata dalle radici (mm);
- $P_n$  è la pioggia efficace netta (mm/d);
- $I_n$  è l'irrigazione netta (mm/d);
- $f$  è l'apporto per risalita capillare dalla falda ipodermica (mm/d);
- $ET_{act}$  è l'evapotraspirazione effettiva della coltura (mm/d);
- $v$  è la velocità di percolazione verso la falda (mm/d);
- $\Delta t$  è l'intervallo di tempo considerato (d).

Per evapotraspirazione effettiva della coltura si intende la quantità d'acqua (mm) persa nell'atmosfera per evaporazione e traspirazione, da una superficie coperta da una determinata coltura per specifici periodi di tempo e condizioni climatiche e soggetta a varie condizioni di rifornimento idrico (Giardini, 2012). L'evapotraspirazione effettiva è ricavabile dalla formula:

$$ET_{act} = ETp \cdot Ks$$

Dove:

- $ET_{act}$  è l'evapotraspirazione effettiva della coltura (mm/d);
- $ETp$  è l'evapotraspirazione potenziale (mm/d);
- $Ks$  è il coefficiente di stress idrico, descrive l'effetto dello stress idrico sulla coltura (-).

### **1.3 Stime di perdite aziendali e di sistema**

Un fattore incisivo rispetto al trasporto dell'acqua ad uso irriguo sono le perdite. Queste sono presenti ai vari livelli nel sistema di distribuzione idrica partendo dal prelievo alla fonte fino alla distribuzione in campo.

I prelievi d'acqua irrigua spesso avvengono a notevoli distanze dal punto di consegna. Le perdite sono principalmente dovute a fenomeni di infiltrazione ed evaporazione. Il primo risulta particolarmente consistente nei canali in terra mentre minore o quasi nullo rispettivamente in canali rivestiti e in condotte tubate. Il secondo risulta funzione della tessitura del suolo, in particolare aumenta più quest'ultimo risulta sciolto (Mannini, 2004).

Le perdite idriche dovute al trasporto dell'acqua nelle canalizzazioni non sono delle assolute negatività, infatti la porzione d'acqua generata determina effetti positivi sull'ambiente e sul paesaggio (Mannini, 2004).

Le perdite nel trasporto dell'acqua attraverso canali in terra sono circa del 41% (Mannini, 2004), mentre quelle nelle reti tubate possono essere considerate, come dichiarato dai tecnici della Bonifica Renana, circa del 5%; questo valore è accettabile in quanto si tratta di reti tubate in pressione, spesso di recente costruzione, gestite e mantenute in maniera molto accorta.

Il trasporto dell'acqua termina con la distribuzione in campo, perciò sono da considerare anche le perdite, e quindi le efficienze, dei metodi irrigui. Esse sono diverse in funzione del metodo irriguo utilizzato. Tipici valori sono riportati in Tabella 3 (Mipaaf, 2016).

<i>Metodo irriguo</i>	<i>Efficienza</i>
<b>Sommersione</b>	< 25%
<b>Scorrimento</b>	40 – 50 %
<b>Infiltrazione laterale da solchi</b>	55 – 60 %
<b>Aspersione</b>	70 – 80 %
<b>Microirrigazione</b>	85 – 90 %

*Tabella 3. Valori di efficienze dei metodi irrigui*

## **1.4 Obiettivo del presente lavoro**

Il presente lavoro si pone come obiettivo quello di confrontare dati provenienti da stime e da misurazioni di risorsa idrica a fini irrigui. Essi fanno riferimento a cinque distretti irrigui presenti nel Consorzio della Bonifica Renana, sia in pressione, sia a gravità. Le informazioni riguardanti le stime derivano da letteratura e dal sistema di consiglio irriguo attivo nel territorio consortile IRRINET. Quelle sulle misure, invece, provengono da rilevamenti effettuati periodicamente dal Consorzio della Bonifica Renana.

L'analisi si riferisce al biennio 2016 e 2017 e riporta, oltre alle colture irrigue presenti nei distretti e ai metodi irrigui utilizzati, anche le condizioni metereologiche che si sono presentate al fine di ottenere una visione completa e capire le scelte effettuate dagli agricoltori riguardanti l'irrigazione.

Il confronto tra questi dati servirà per dare un'ulteriore conferma di validità ai metodi di stima dei fabbisogni irrigui utilizzati e determinare eventuali casi di mancata corrispondenza tra i modelli utilizzati per la stima e la realtà, evidenziando le motivazioni di questi.

La metodologia con cui è stato eseguito il confronto e i risultati di questo sono descritti rispettivamente nei Capitoli 2 e 3.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Il Consorzio della Bonifica Renana

Il Consorzio della Bonifica Renana è persona giuridica di diritto pubblico che, in virtù delle norme statali e regionali assicura la regimazione e il corretto allontanamento dell'acqua di pioggia, mantenendo il presidio idrogeologico in montagna e curando l'esercizio e la manutenzione della propria rete idraulica in pianura.

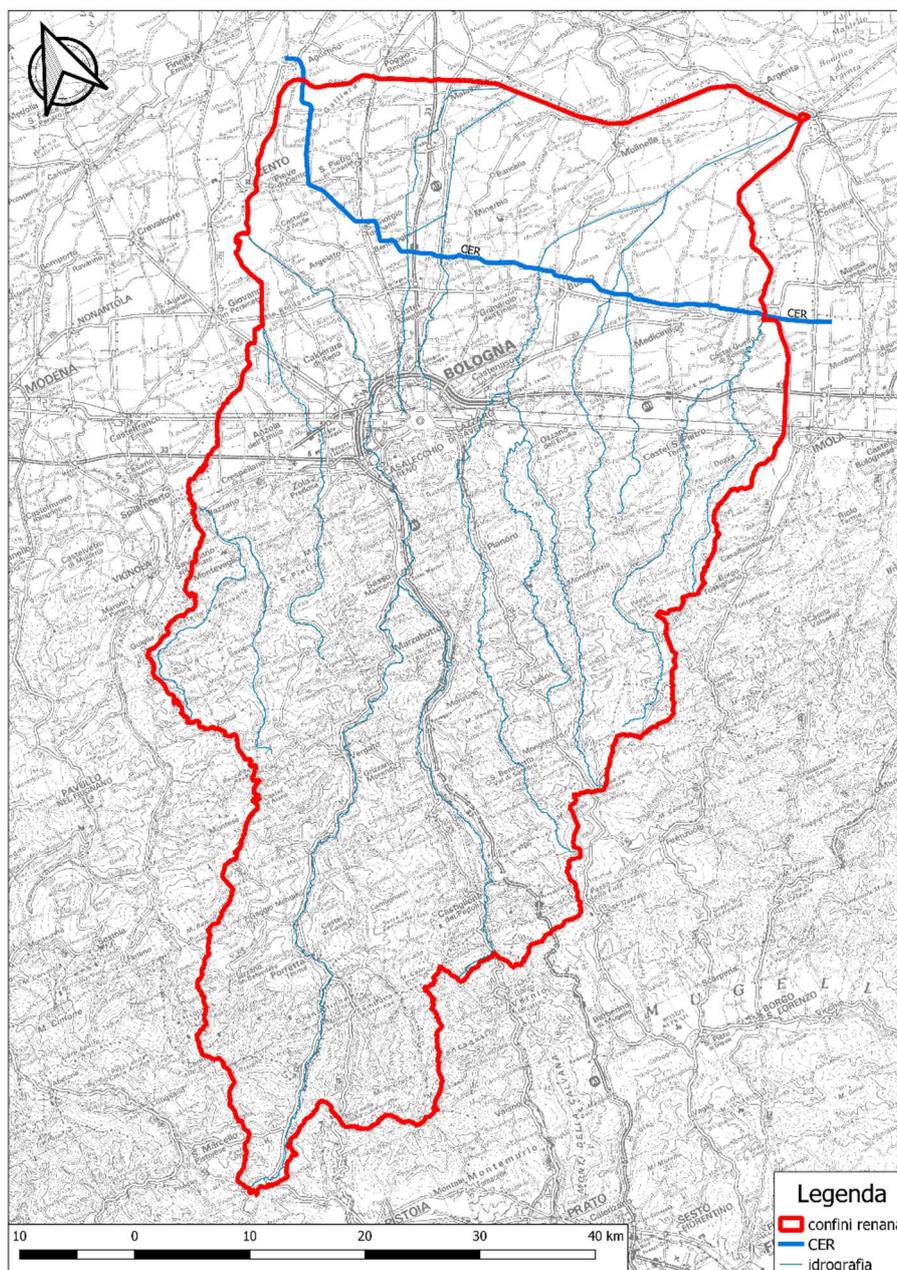


Figura 3. Consorzio della Bonifica Renana

Il Consorzio della Bonifica Renana è uno degli otto Consorzi di Bonifica dell'Emilia-Romagna. Il comprensorio di competenza della Renana corrisponde a 341.953 ettari, pari a 3.419 chilometri quadrati. Il territorio su cui opera comprende tutti i bacini idrografici che scolano le loro acque nel fiume Reno, ossia il bacino stesso del Reno, compreso tra i torrenti Samoggia e Sillaro; questa area interessa 68 comuni e 7 province: Bologna, Modena, Ferrara, Ravenna, Pistoia, Prato e Firenze (Tabella 4). I consorziati proprietari di immobili, cioè di terreni e/o fabbricati, situati nel comprensorio di bonifica sono oltre 259 mila.

<i>Provincia</i>	<i>Superficie (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% di comprensorio</i>
<i>Bologna</i>	3061,12	89,52 %
<i>Pistoia</i>	154,52	4,52 %
<i>Firenze</i>	64,79	1,89 %
<i>Modena</i>	61,45	1,80 %
<i>Prato</i>	40,07	1,17 %
<i>Ferrara</i>	37,26	1,09 %
<i>Ravenna</i>	0,32	0,01 %
<b>TOTALE</b>	<b>3419,53</b>	<b>100 %</b>

*Tabella 4. Distribuzione dei territori del Consorzio della Bonifica Renana secondo la suddivisione delle diverse province*

*Fonte: [www.bonificarenana.it](http://www.bonificarenana.it)*

Il territorio su cui si estende il comprensorio è diviso in due distretti: il primo è dei bacini di pianura mentre il secondo di quelli collinari e montani. La divisione tra i due distretti segue il criterio dell'unitarietà idrografica, cioè i confini corrispondono a linee di spartiacque tra bacini idrografici. Il comprensorio di pianura, che occupa il 41% dell'area totale è composto da una fitta rete di canali artificiali di scolo pari a 1.777 km totale di lunghezza, con presenza di manufatti di regolazione idraulica e irrigua direttamente gestiti dal Consorzio. In particolari zone, vista la morfologia e l'altimetria, la presenza dei canali di scolo non è sufficiente a garantire l'allontanamento delle acque in eccesso e si rende quindi necessaria l'azione aggiuntiva di 26 impianti idrovori (alcuni di importanza storica, come quello di Saiarino). Inoltre, per gestire le masse d'acqua derivanti dalle abbondanti precipitazioni sul resto del comprensorio, sono presenti 26 casse di espansione con funzione di stoccaggio idrico in attesa che i livelli dei corsi d'acqua riceventi ne consentano l'immissione o, in altri casi, di limitare la

portata verso valle. Una tra le più importanti casse di espansione è quella del Dosolo che ha un forte impatto positivo a livello ambientale in quanto possiede un altissimo livello in biodiversità di flora e fauna locali. Lo stesso sistema di canali atto a svolgere l'azione di allontanamento delle acque in eccesso, nel periodo dell'anno compreso tra aprile e ottobre, durante la stagione irrigua, diventa la base del sistema di fornitura dell'acqua irrigua per i terreni di pianura; inoltre, a tale scopo, vengono anche utilizzati 49 impianti di pompaggio e appositi sistemi di tubazioni a bassa (fino a 3 bar), media (da 3 a 6 bar) e alta pressione (oltre 6 bar) per garantire l'approvvigionamento idrico in buona parte del comprensorio di pianura. I chilometri totali della rete tubata in pressione sono 292 km che si suddividono in 39% di condotte a bassa pressione, 11% a media pressione e 50% ad alta pressione. La risorsa per fini irrigui deriva esclusivamente da fonti idriche di superficie: in grande parte dal fiume Po (73%) attraverso il Canale Emiliano Romagnolo (CER), per la restante quantità dal fiume Reno (16%) e da invasi consortili e depuratori.

Nella parte di montagna del comprensorio (59% dell'area totale), la Renana progetta, realizza e cofinanzia interventi contro il dissesto idraulico e idrogeologico, per il recupero della viabilità e la fruizione ambientale, in collaborazione con gli enti locali.

## **2.2 Il progetto Acqua Virtuosa**

Il progetto Acqua Virtuosa portato avanti dal Consorzio della Bonifica Renana, ha avuto ufficialmente inizio nel 2014. Esso nasce dall'esigenza di conoscere le esigenze irrigue del proprio territorio. Gli obiettivi del progetto sono molteplici ed in seguito sinteticamente riportati per punti:

- il risparmio della risorsa idrica sia a livello di sistema (risorsa totale erogata), sia a livello di azienda agricola (ottimizzazione nell'impiego della risorsa attraverso una corretta pratica irrigua);
- la creazione di un canale per il dialogo con le aziende del comprensorio;
- la conoscenza anticipata rispetto all'inizio della stagione irrigua dell'assetto culturale delle aziende, per prevederne il fabbisogno irriguo, area per area;
- l'ottenimento di una banca dati annuale sulle scelte colturali e sulle conseguenti esigenze irrigue;

- la possibilità di consiglio agli agricoltori in termini di migliori tempistiche di irrigazione;
- il conseguimento di previsioni di breve termine sul fabbisogno irriguo dei vari distretti irrigui, aggiornati sulla base dell'andamento stagionale, per razionalizzare la quantità di acqua prelevata e messa a disposizione;
- l'individuazione di eventuali situazioni di sbilancio idrico tra fabbisogno e disponibilità di risorse;
- la disposizione dei dati finalizzati al calcolo della tariffa irrigua binomia.

Per il funzionamento di Acqua Virtuosa, prima dell'inizio della stagione irrigua, gli agricoltori vengono chiamati a dichiarare le superfici che intendono irrigare e, attraverso una piattaforma informatica (WebGis TOLOMEO), vengono inseriti i poligoni relativi agli appezzamenti irrigui previsti dall'agricoltore. I dati di Acqua Virtuosa sono poi trasmessi al sistema IRRINET che durante la stagione consiglia gli agricoltori in termini di frequenza, durata e portata degli interventi irrigui.

## **2.3 Il caso studio**

### **2.3.1 Distretti irrigui analizzati**

I distretti irrigui presi in analisi sono cinque:

- distretto irriguo in pressione "Medesano Sud";
- distretto irriguo in pressione "Ladello";
- distretto irriguo in pressione "Medicina Nord";
- distretto irriguo a gravità "Venenta";
- distretto irriguo a gravità "Calcarata".

Questi distretti (Tabella 5) sono tutti interamente dislocati nel territorio di competenza del Consorzio della Bonifica Renana.

Nome distretto	Tipo di impianto	Anno di costruzione	Superficie distretto (ha)	Lunghezza condotte / canali (km)	Potenza (kW/h)	Portata massima nominale (m <sup>3</sup> /s)	Fonte di prelievo
<i>Medesano Sud</i>	Alta pressione	1989	790	13,839	565,00	0,325	CER
<i>Ladello</i>	Alta Pressione	2013	1 117	21,090	1335,00	0,920	CER
<i>Medicina Nord</i>	Alta pressione	2000/2002	900	16,136	637,00	0,475	CER
<i>Venenta</i>	Canale a superficie libera	-	1 446	10,757	-	-	Fiume Reno
<i>Calcarata</i>	Canale a superficie libera	-	752	19,680	-	-	CER

Tabella 5. Distretti presi in analisi e loro caratterizzazione  
Fonte: Report 2017 - Bonifica Renana

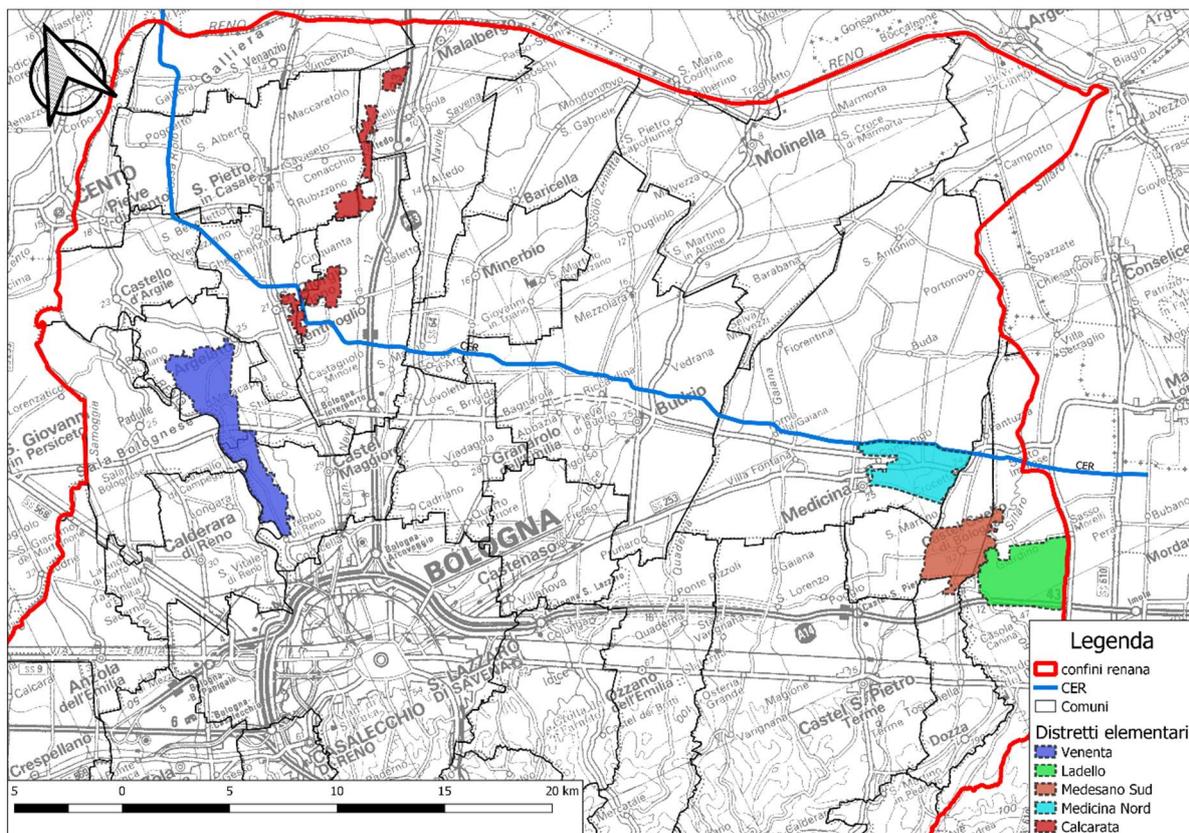
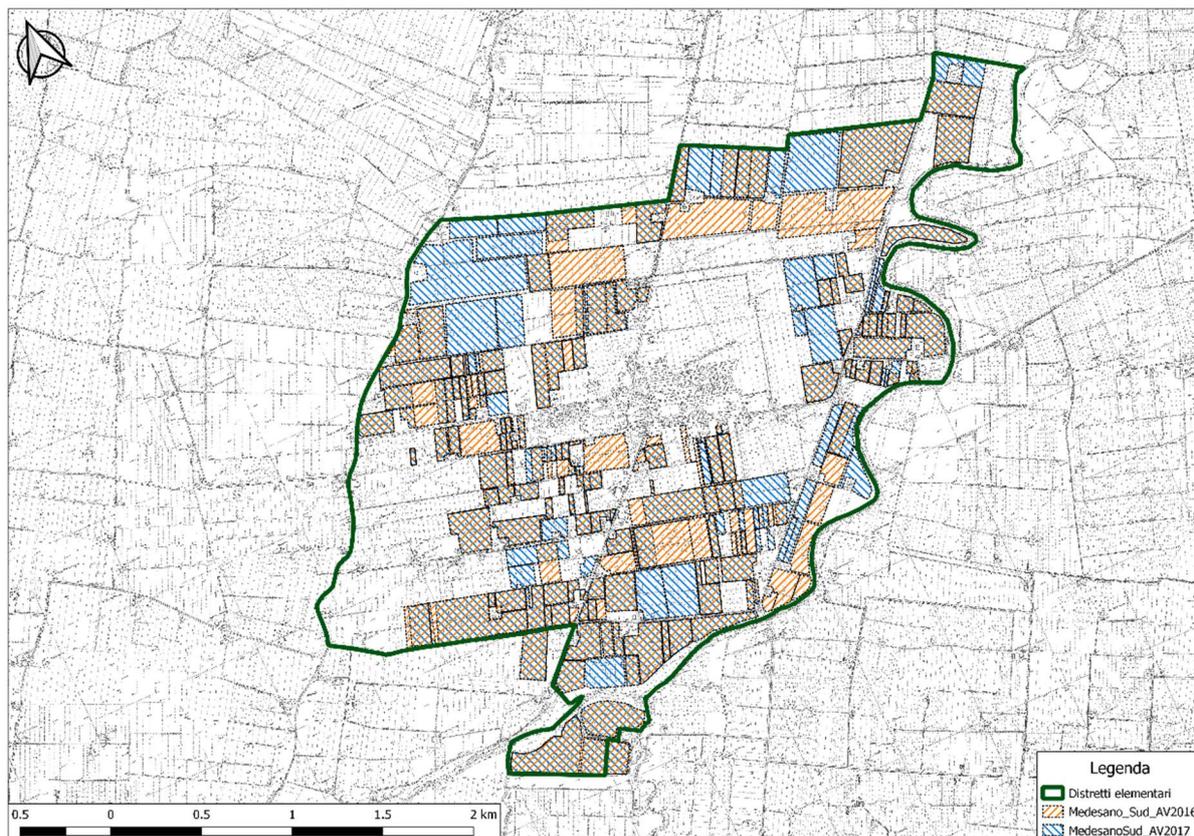


Figura 4. Distretti analizzati

Il distretto “Medesano Sud” si colloca nella zona orientale del Consorzio. Per la maggior parte esso ricade nel comune di Castel Guelfo di Bologna, seguono i comuni di Imola e Dozza. Il confine orientale del distretto coincide con il torrente Sillaro.



*Figura 5. Il distretto “Medesano Sud” con le dichiarazioni di Acqua Virtuosa (AV) 2016 e 2017*

Il distretto “Ladello” si trova anch’esso nella zona orientale del Consorzio e ricade totalmente nel comune di Imola. Il confine occidentale del distretto è rappresentato dal torrente Sillaro, mentre quello orientale dal confine consortile della Renana.



Figura 6. Il distretto “Ladello” con le dichiarazioni di Acqua Virtuosa (AV) 2016 e 2017

Il distretto “Medicina Nord” si trova più a Nord rispetto ai primi due distretti ed è compreso totalmente nel comune di Medicina; il confine settentrionale è dato dal CER. Un altro piccolo sottodistretto che prende acqua dal “Medicina Nord” si trova valle del CER. Per il lavoro sono stati considerati entrambi.

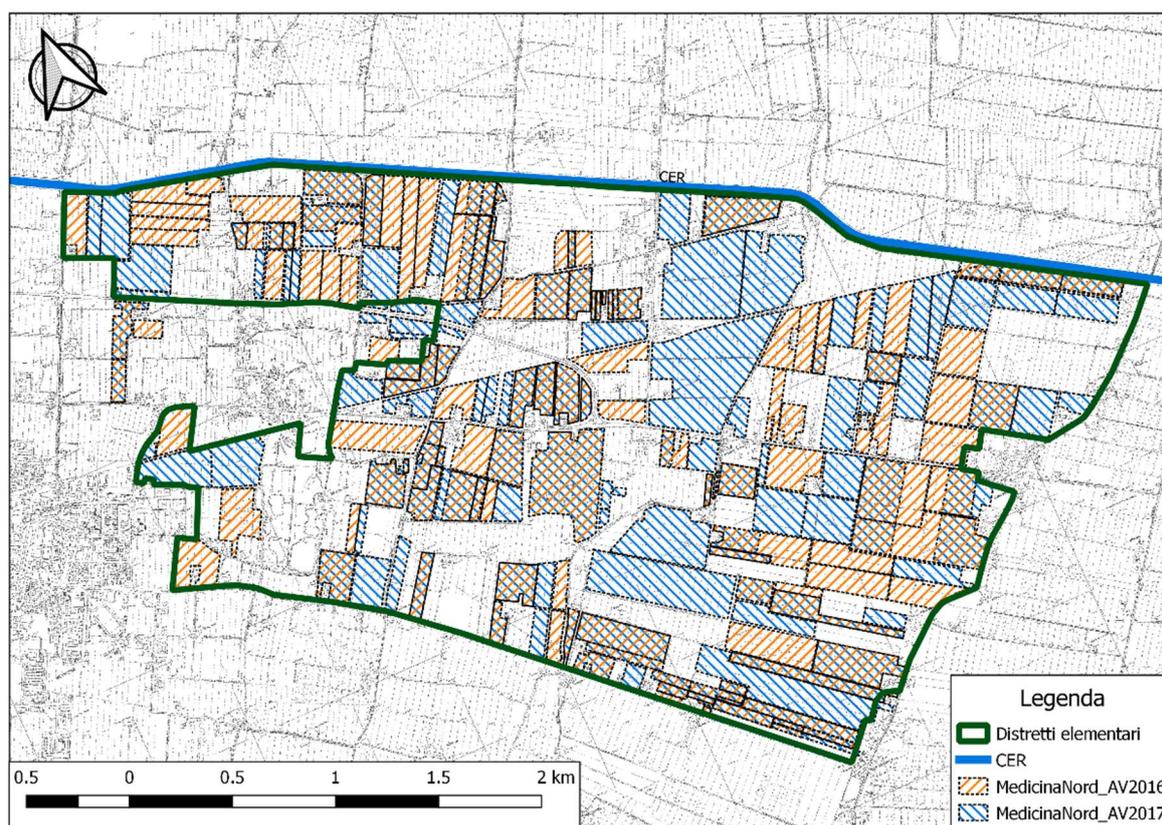


Figura 7. Il distretto “Medicina Nord” con le dichiarazioni di Acqua Virtuosa (AV) 2016 e 2017

Il distretto “Venenta” si trova nella parte occidentale del Consorzio e si estende tra i comuni di Argelato e Castel Maggiore. Il confine Ovest del distretto coincide per la parte meridionale con il fiume Reno, mentre per quella settentrionale si discosta leggermente da questo. Il distretto “Venenta” rifornisce anche due sottodistretti: il “Fossa quadra” e il “Casadio”. Nel calcolo della risorsa sono state prese in considerazione anche le colture di questi sottodistretti.

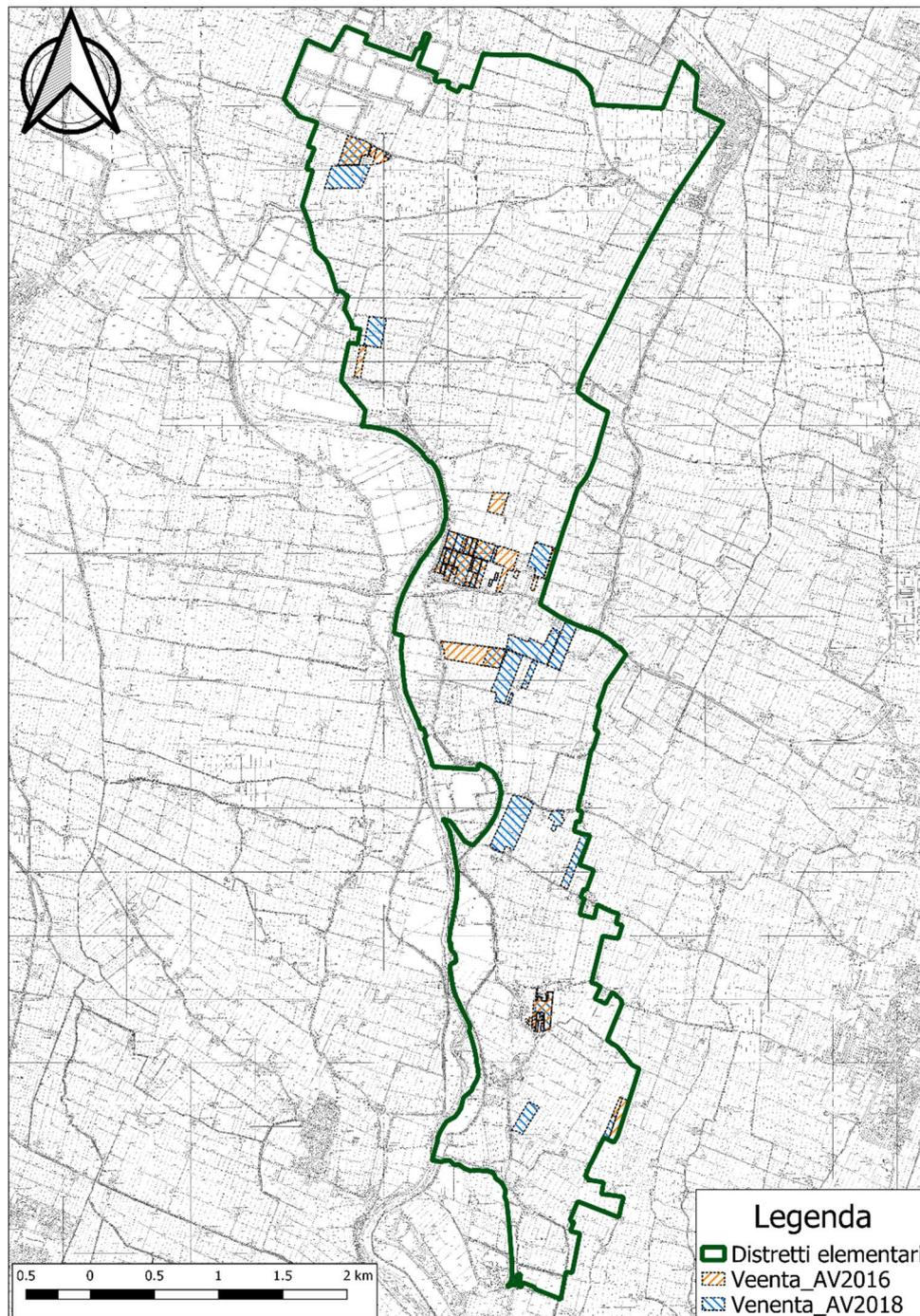


Figura 8. Il distretto “Venenta” con le dichiarazioni di Acqua Virtuosa (AV) 2016 e 2017

Il distretto “Calcarata” si trova nella zona Nord-Ovest del territorio consortile e per la maggior parte, è situato a valle del CER e in piccola parte a monte; il distretto è compreso tra i comuni di Bentivoglio, San Giorgio di Piano, San Pietro in Casale e Malalbergo. Dal distretto “Calcarata” viene immessa acqua anche nel sottodistretto “Tombe”; le colture praticate in questo sottodistretto sono quindi state prese in considerazione nell’analisi.

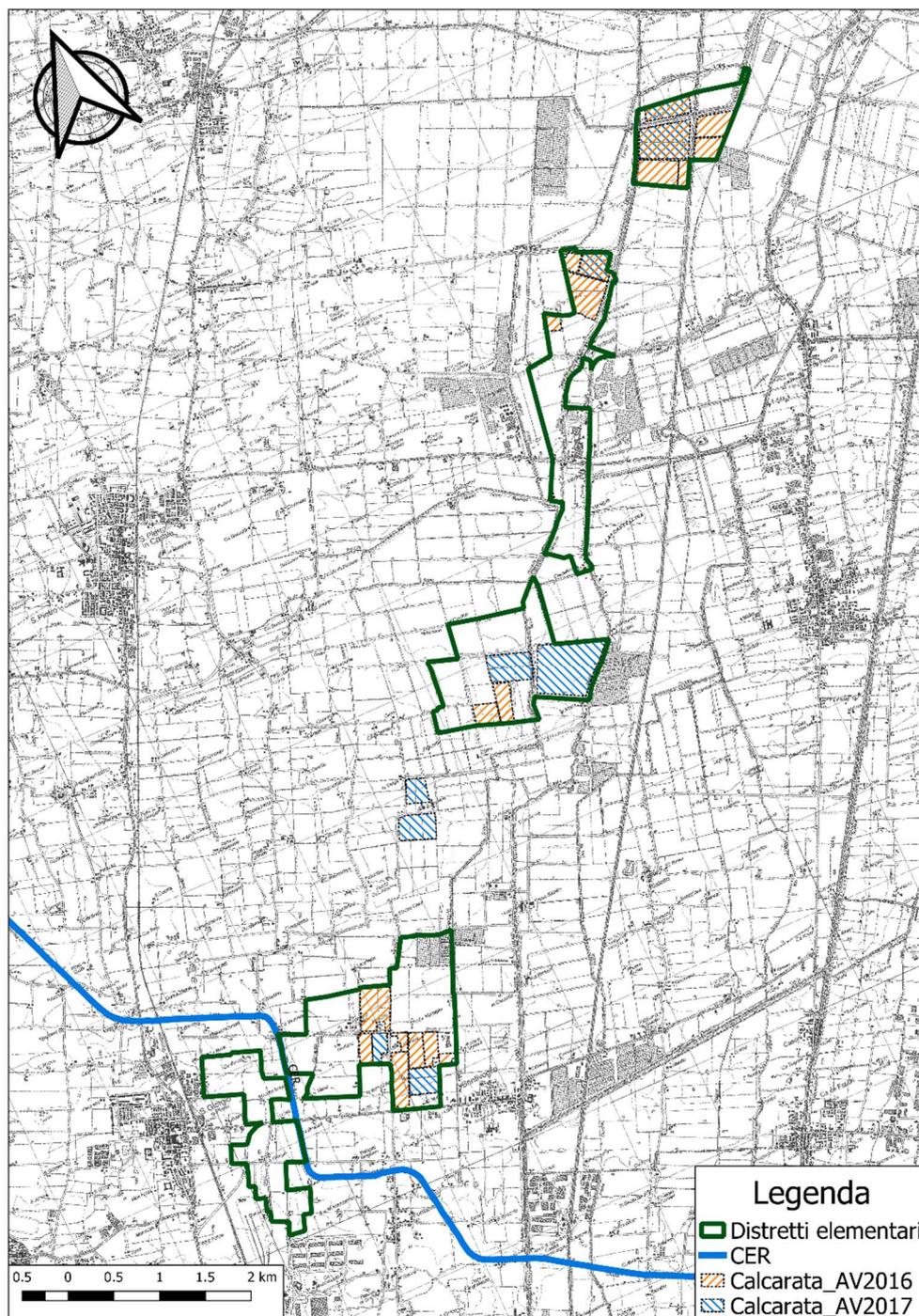


Figura 9. Il distretto “Calcarata” con le dichiarazioni di Acqua Virtuosa (AV) 2016 e 2017

### 2.3.2 Colture irrigue presenti nei due anni di analisi

I dati raccolti nel progetto Acqua Virtuosa riguardano in primo luogo i tipi di coltura da irrigare. Dall'elaborazione si desumono quindi le superfici interessate (in ettari) e la percentuale di presenza di una specifica coltura nel distretto.

In totale nel 2016 nei cinque distretti analizzati sono stati irrigati 1 225,45 ha, mentre nel 2017 sono stati irrigati 1 374,84 ha. Le superfici irrigate in ogni distretto sono riportate nella Tabella 6.

Nome distretto	Superficie irrigata 2016 (ha)	Superficie irrigata 2017 (ha)
<i>Calcarata</i>	192,86	98,96
<i>Ladello</i>	361,13	399,87
<i>Medesano Sud</i>	277,16	278,94
<i>Medicina Nord</i>	322,88	317,33
<i>Venenta</i>	49,85	103,97
<b>Totale</b>	<b>1203,88</b>	<b>1199,07</b>

Tabella 6. Superfici irrigate in ogni distretto nei due anni di analisi

Anche se i distretti si trovano in zone diverse del Consorzio, le colture irrigue che vengono praticate non sono molto differenti. Le principali sono:

- seminativi tra cui la patata, la barbabietola da zucchero, il mais e la cipolla;
- legnose agrarie tra cui la vite, il pero, il melo, l'actinidia e altri fruttiferi.

In modo più generale, per tutta la regione, i dati del VI Censimento dell'agricoltura del 2010 (ISTAT, 2010) in Emilia-Romagna (zona altimetrica: pianura) confermano che queste sono le colture più praticate nella zona.

Nelle figure seguenti, per ogni distretto sono riportati i dati più in dettaglio relativi alle colture presenti nei distretti differenziando i due anni di analisi. Le percentuali che risultano per ogni coltura sono calcolate sul totale della superficie irrigata in ogni distretto (Tabella 6).

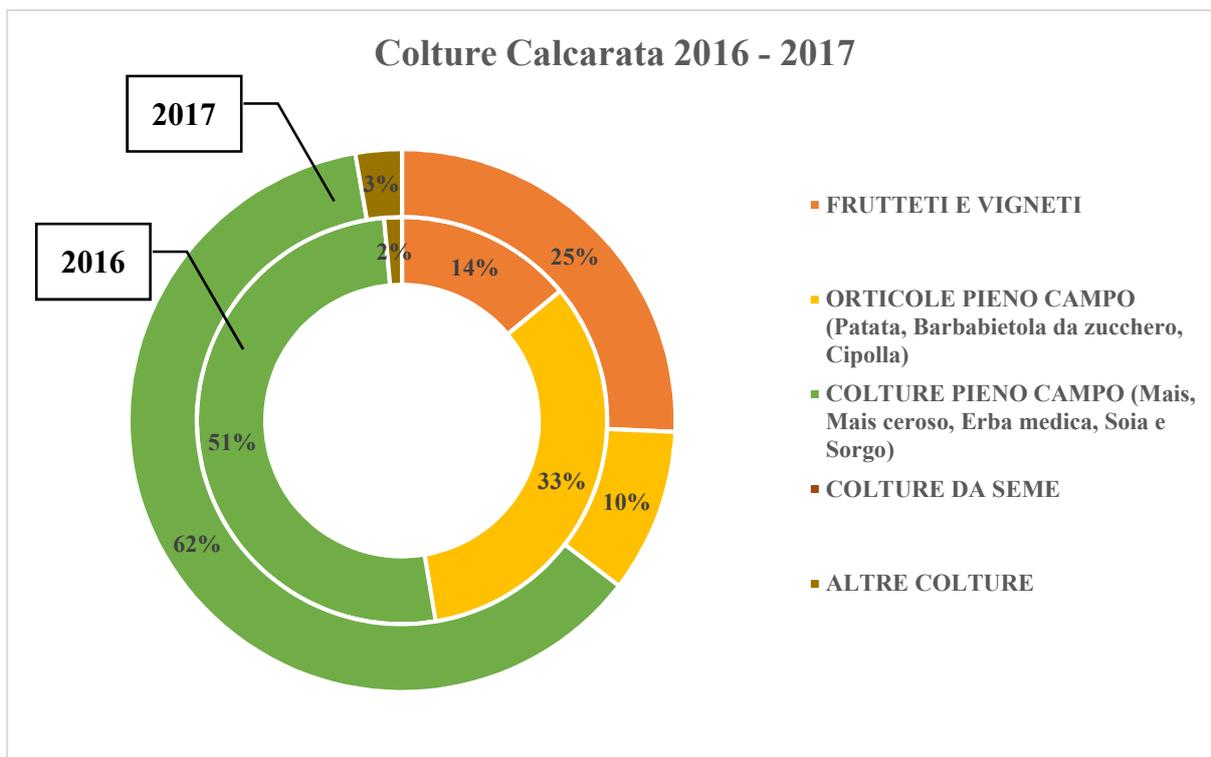


Figura 10. Colture praticate nel distretto "Calcarata" negli anni 2016 e 2017

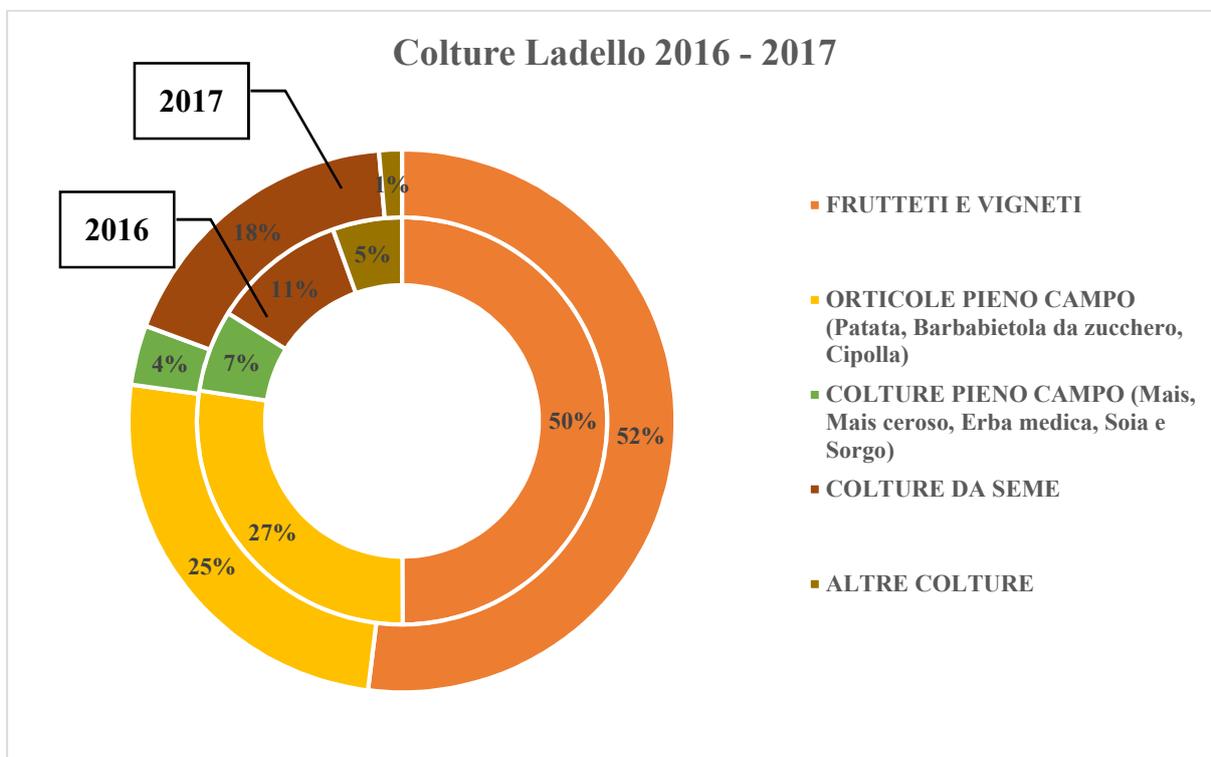


Figura 11. Colture praticate nel distretto "Ladello" negli anni 2016 e 2017

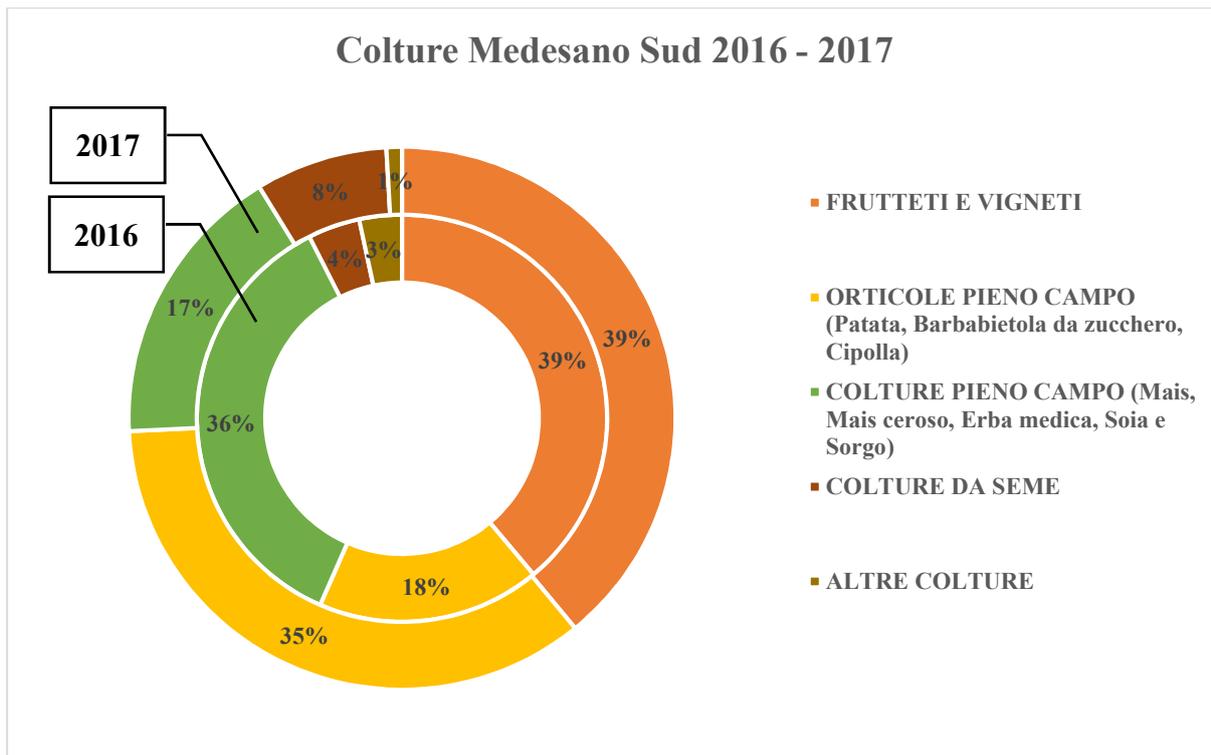


Figura 12. Colture praticate nel distretto “Medesano Sud” negli anni 2016 e 2017

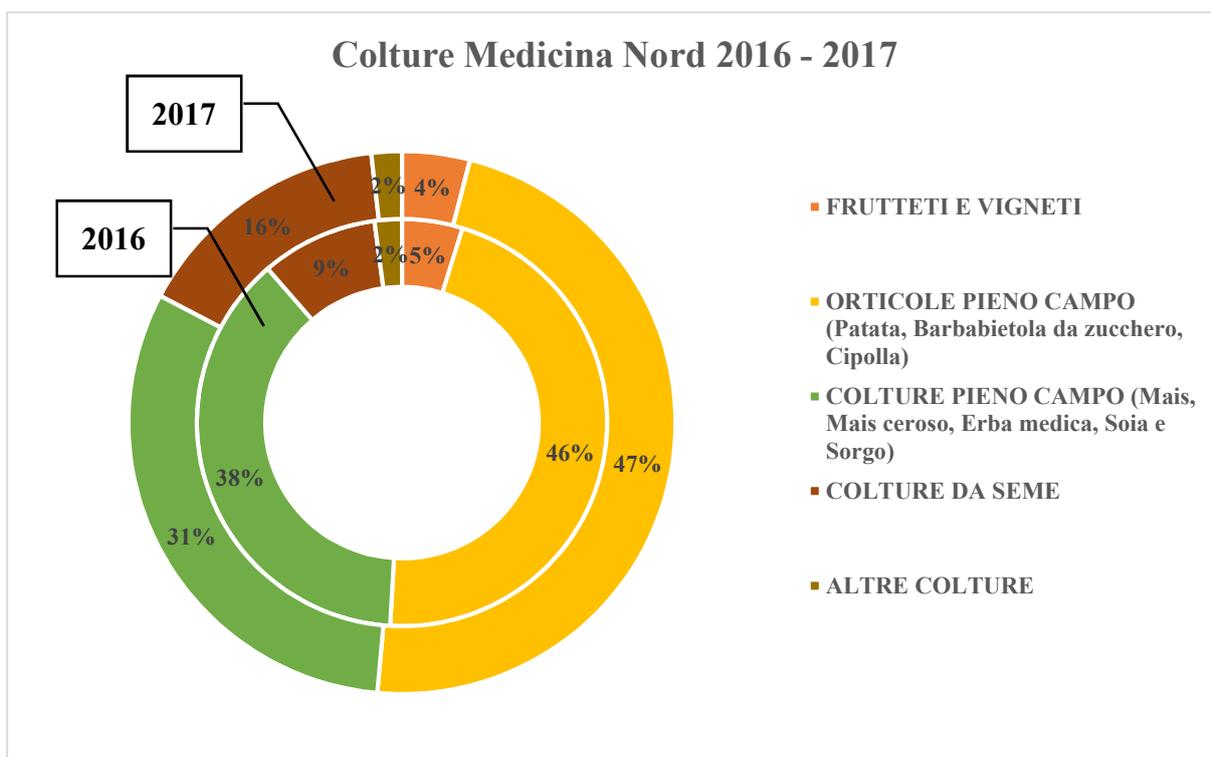


Figura 13. Colture praticate nel distretto “Medicina Nord” negli anni 2016 e 2017

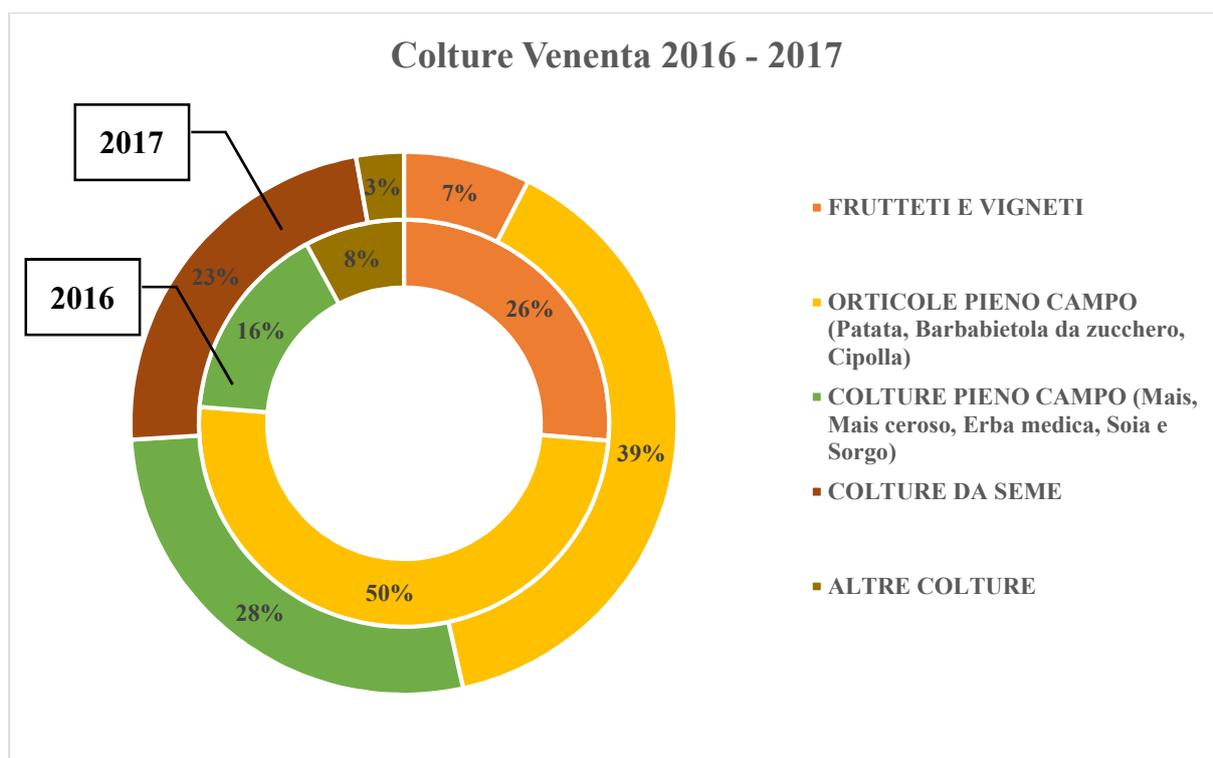


Figura 14. Colture praticate nel distretto "Veneta" negli anni 2016 e 2017

### 2.3.3 Metodi irrigui utilizzati

Da Acqua Virtuosa derivano anche informazioni relative al metodo irriguo utilizzato per ogni appezzamento irrigato nel Consorzio.

I metodi irrigui che vengono presi in analisi sono suddivisibili in tre categorie principali:

- metodi irrigui gravitazionali: sfruttano la gravità per movimentare l'acqua attraverso particolari sistemazioni e pendenza del terreno; hanno un indice di efficienza irrigua basso (0,40-0,60) (Giardini, 2012).
- metodi irrigui in pressione ad aspersione: distribuiscono l'acqua sotto forma di pioggia artificiale, hanno bisogno di alte pressioni (2-6 bar) e hanno efficienze irrigue intermedie (0,70-0,80), che possono essere anche molto inferiori in caso di vento (Giardini, 2012).
- metodi irrigui in pressione a microirrigazione: irrigazione localizzata con portate di erogazione ridotte e basse pressioni (0,5-3 bar), l'efficienza irrigua è molto alta e arriva anche a 0,90.

In Figura 15 e Figura 16 sono rappresentate le percentuali di utilizzo delle tre categorie di metodo irriguo per ogni distretto.

I metodi irrigui gravitazionali, i più antichi, stanno sempre di più scomparendo a causa della difficoltà delle lavorazioni per le sistemazioni del terreno e delle basse efficienze; dall'analisi dei dati si può notare, infatti, che essi sono utilizzati in bassissime percentuali quasi esclusivamente per irrigare prati umidi.

I metodi irrigui ad aspersione sono, invece, i più utilizzati nei distretti analizzati. Essi sono rappresentati in larga parte dal rotolone che permette di dominare elevate superfici con bassi investimenti fondiari e di manodopera.

La microirrigazione è stata scelta in percentuale minore in molti distretti rispetto all'aspersione. I distretti maggiormente interessati da tale metodo sono: "Ladello", con più del 50% degli appezzamenti irrigati, e "Medesano Sud" con poco meno della metà. La microirrigazione viene praticata prevalentemente con impianti a goccia e manichette forate.

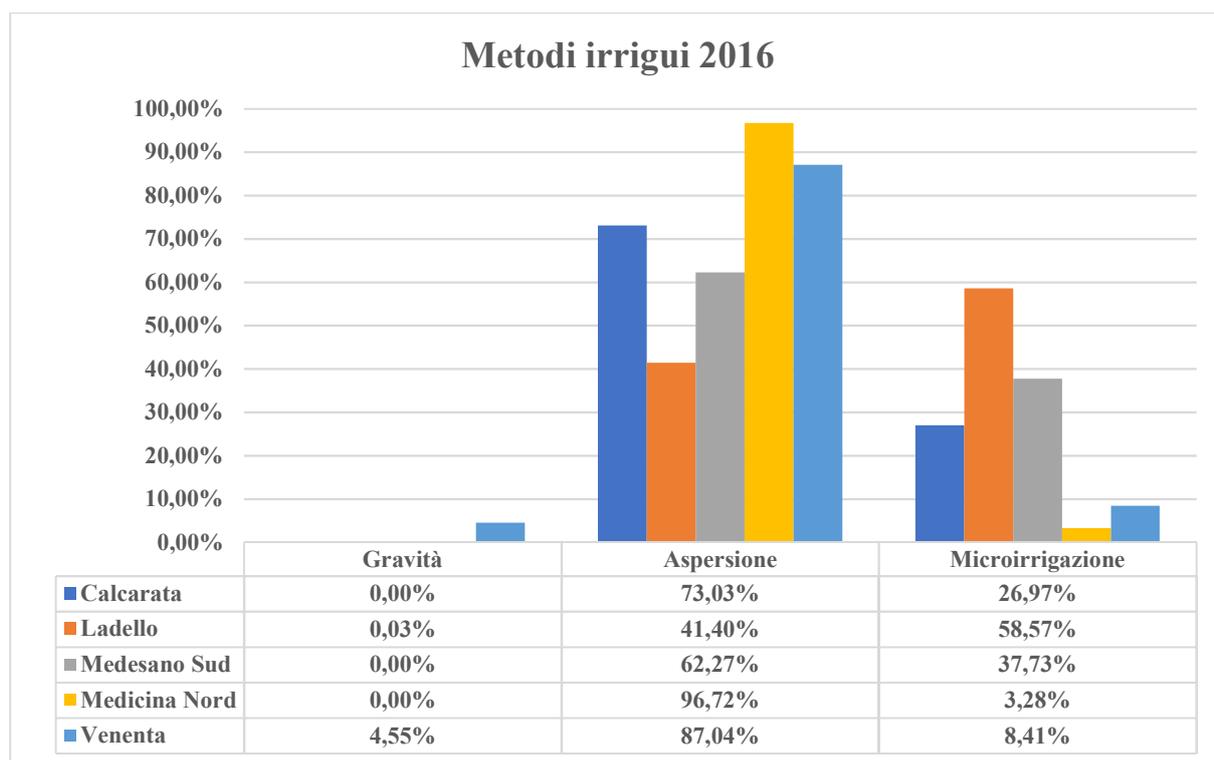


Figura 15. Per l'anno 2016, metodi irrigui utilizzati in ciascuno dei distretti analizzati

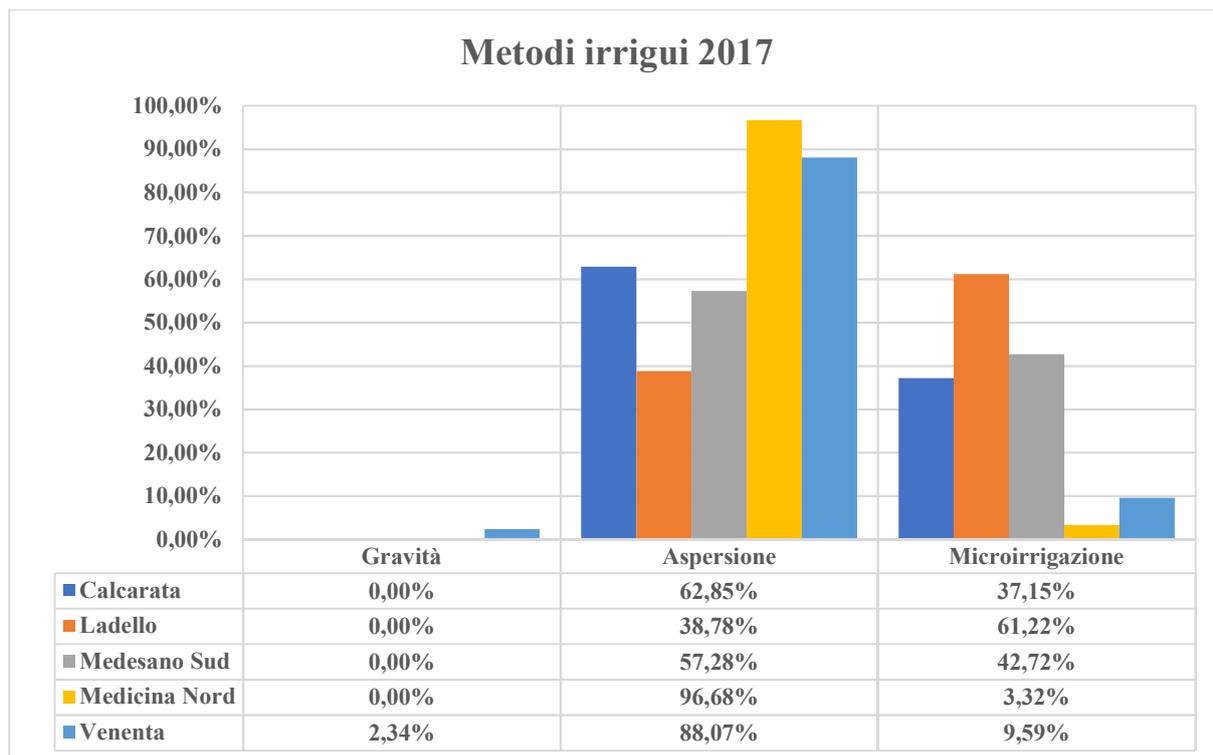


Figura 16. Per l'anno 2017, metodi irrigui utilizzati in ciascuno dei distretti analizzati

### 2.3.4 Condizioni meteorologiche dei due anni in Emilia-Romagna

La stagione irrigua, cioè il periodo in cui è possibile irrigare, ha inizio tipicamente nel mese di aprile e termina nel mese di settembre.

#### *La stagione irrigua del 2016*

L'inverno 2015 è stato mite con piogge quasi del tutto assenti che hanno portato, a fine 2015, una carenza rispetto alle precipitazioni attese dal 60% al 90%. Esse sono tornate ad essere abbondanti dal mese di febbraio 2016 continuando poi anche a marzo. Nei mesi estivi le piogge si sono presentate nella norma, ma con cattive distribuzioni di tipo temporalesco, ad esclusione di luglio in cui è piovuto solo un quarto rispetto alla norma. Le temperature nei primi mesi, in particolare febbraio e aprile del 2016 hanno fatto registrare diverse anomalie positive; in compenso maggio è stato leggermente più fresco. Nell'estate 2016 le temperature si sono mantenute nella norma, tranne in luglio in cui si è registrato un lieve aumento; a inizio autunno nel mese di settembre invece le temperature sono state superiori alle attese (Osservatorio Agro-Industriale, Fanfani e Pieri, 2016).

## La stagione irrigua del 2017

L'inverno 2016, in particolare il mese di dicembre in cui è piovuta l'80% in meno dell'acqua attesa, non ha contribuito alla ricarica delle riserve idriche profonde; anche con l'inizio del 2017 si sono registrate precipitazioni piovose molto inferiori alla norma e quelle nevose quasi del tutto assenti. Dopo febbraio, in cui le piogge sono state lievemente sopra le aspettative climatiche, a marzo, esse sono state praticamente nulle su tutta la pianura regionale facendo già parlare di siccità in alcune zone. Per tutti i mesi estivi si sono registrate fortissime carenze di precipitazione dal 30% al 90% in tutta la Regione. Esse, unitamente alle alte temperature molto superiori alla norma, verificatesi costantemente in quei mesi, hanno portato il 15 settembre 2016 il Consiglio dei Ministri a dichiarare lo stato di emergenza nazionale dovuto alla siccità per tutta la regione Emilia-Romagna (ARPAER, disponibili on line sul sito: [https://www.arpae.it/sim/?agrometeo/bollettino\\_mensile&2017](https://www.arpae.it/sim/?agrometeo/bollettino_mensile&2017)).

A titolo di esempio, nelle figure seguenti sono riportati i dati registrati dalla stazione meteorologica del Consorzio del Canale Emiliano Romagnolo situata in località Mezzolara nel comune di Budrio in provincia di Bologna.

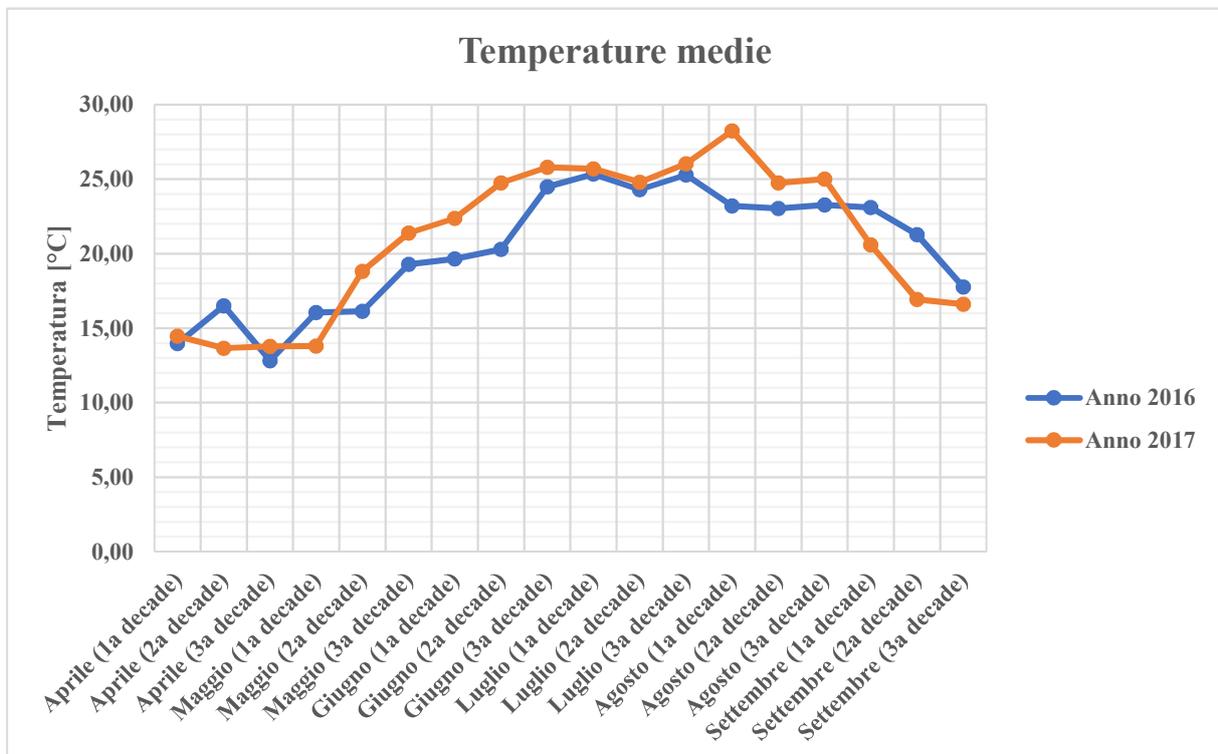


Figura 17. Andamento delle temperature medie negli anni 2016 e 2017

Fonte: Consorzio del Canale Emiliano-Romagnolo

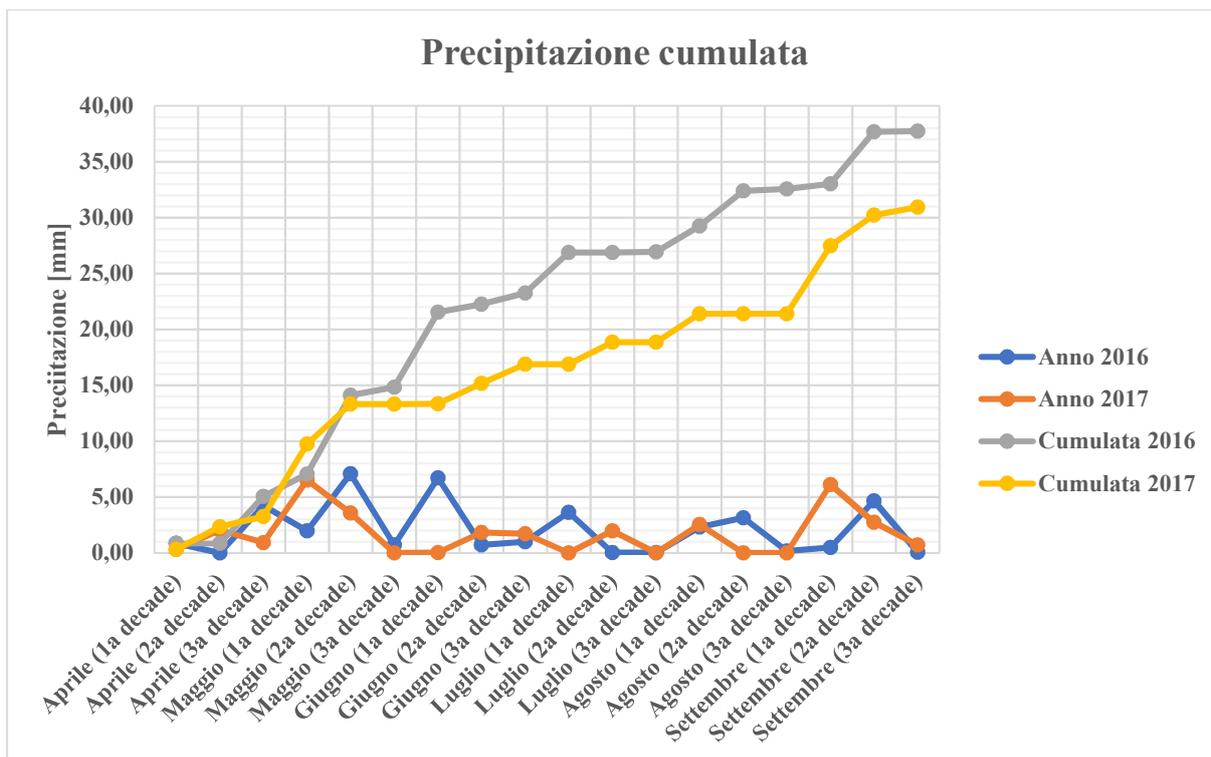


Figura 18. In località Mezzolara di Budrio, andamento delle precipitazioni negli anni 2016 e 2017

Fonte: Consorzio del Canale Emiliano-Romagnolo

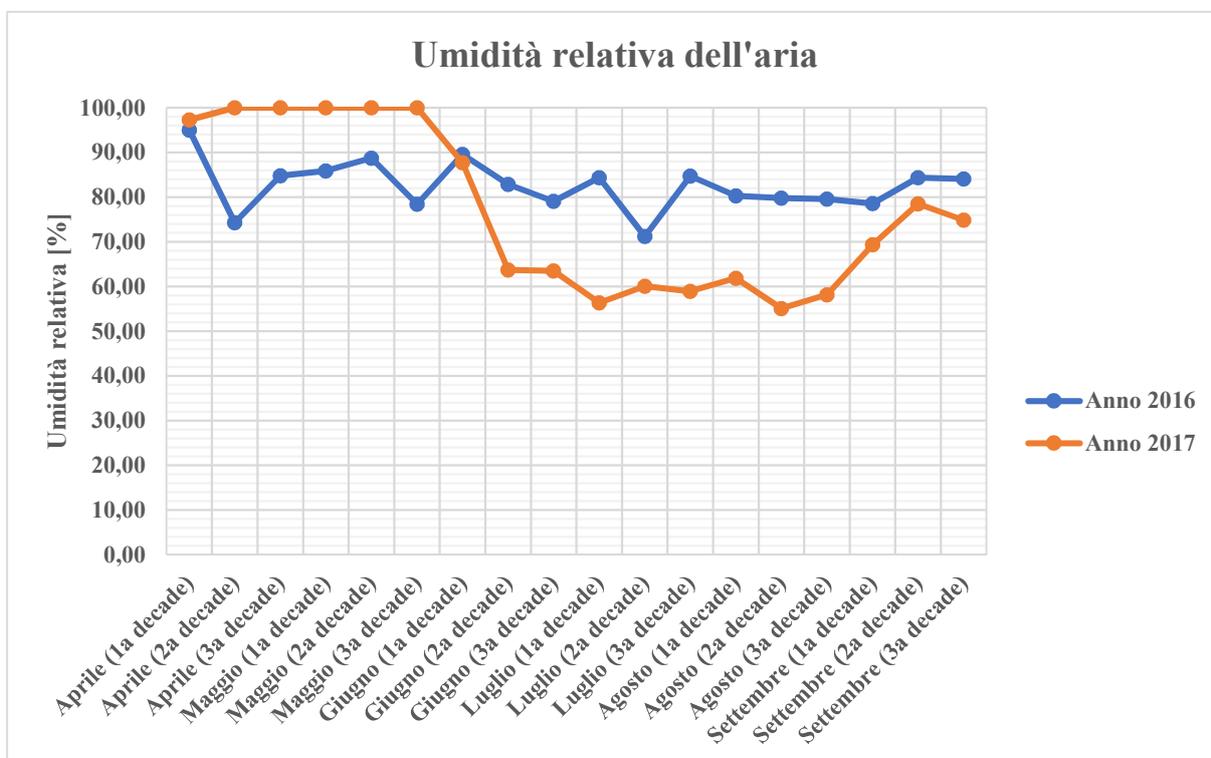


Figura 19. In località Mezzolara di Budrio, andamento dell'umidità relativa negli anni 2016 e 2017

Fonte: Consorzio del Canale Emiliano-Romagnolo

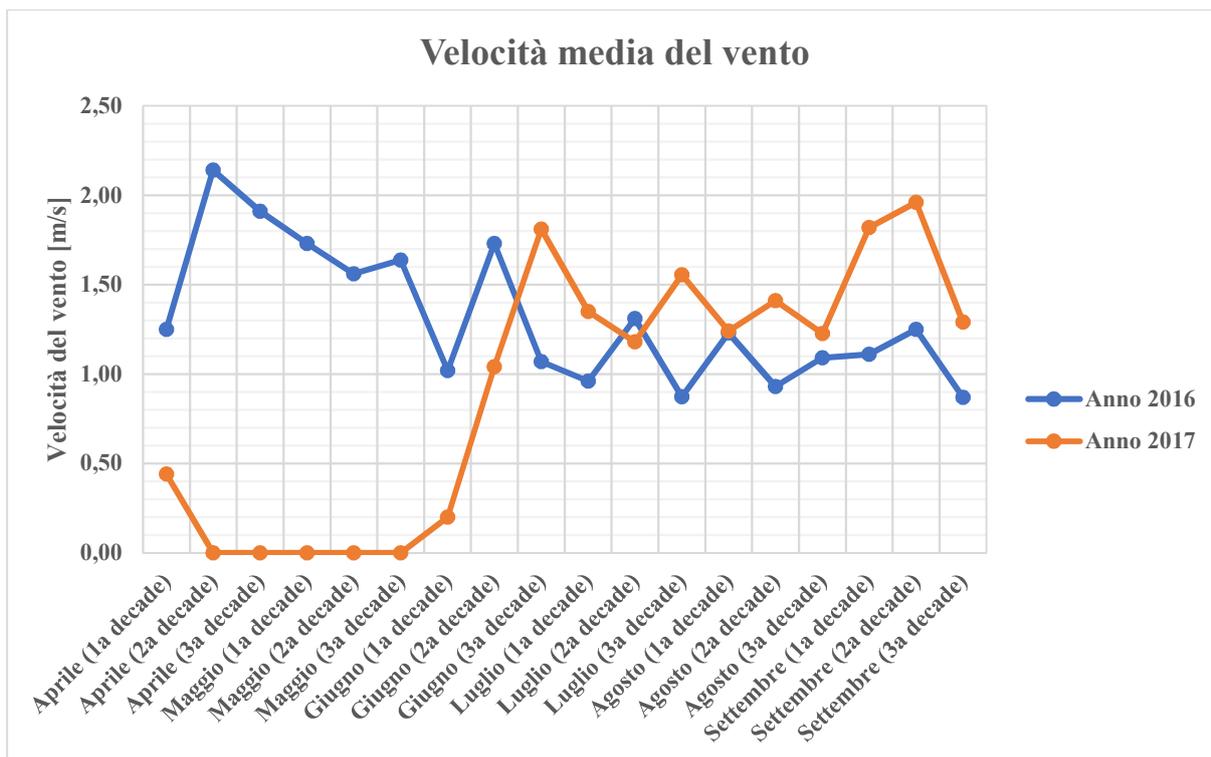


Figura 20. In località Mezzolara di Budrio, andamento della velocità del vento negli anni 2016 e 2017

Fonte: Consorzio del Canale Emiliano-Romagnolo

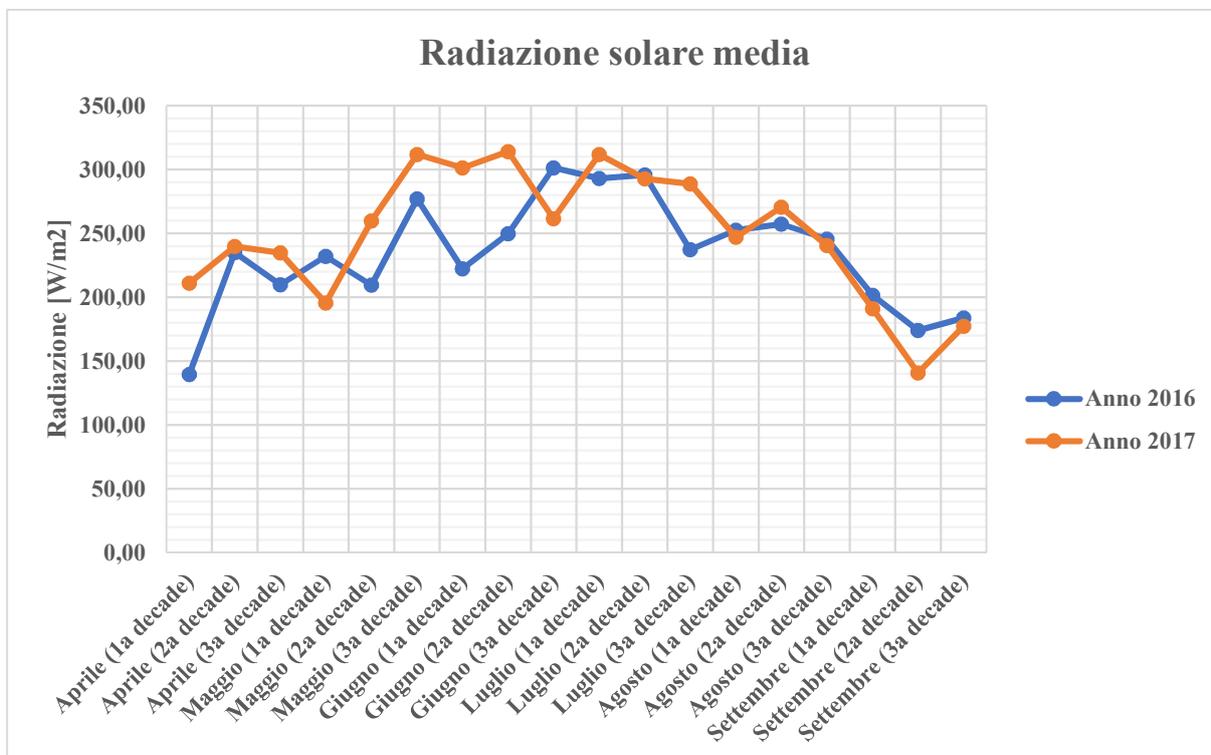


Figura 21. In località Mezzolara di Budrio, andamento della radiazione solare negli anni 2016 e 2017

Fonte: Consorzio del Canale Emiliano-Romagnolo

## **2.4 Il Consorzio del Canale Emiliano Romagnolo e IRRINET**

### **2.4.1 Il Consorzio del Canale Emiliano Romagnolo**

Il Canale Emiliano Romagnolo (CER) è una delle più importanti opere idrauliche dell'Emilia-Romagna e d'Italia. Esso ha lo scopo di trasportare l'acqua per uso irriguo, ma non solo, attraverso tutta la pianura emiliano romagnola partendo dal fiume Po in provincia di Ferrara e arrivando fino alla provincia di Rimini. Il CER è gestito dal Consorzio di Bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo, organismo di diritto pubblico costituito per lo studio, la realizzazione e l'esercizio del canale e delle opere irrigue di interesse comune dei Consorzi di Bonifica Emiliano Romagnoli associati. È affidata, invece, ai Consorzi Associati la distribuzione irrigua della risorsa nel territorio, secondo le dotazioni idriche ad esse assegnate.

Il territorio interessato dal sistema del canale ha una superficie di 336.000 ha di cui 227.000 ha di superficie agraria, distribuiti in Emilia-Romagna nelle province di Ferrara, Bologna, Ravenna, Forlì-Cesena, Modena e Rimini.

Lungo il canale principale non è presente alcuno sversamento degli scarichi di natura antropica o dalla rete di drenaggio. Esso, quindi, si trova in una condizione di isolamento idraulico rispetto alle immissioni.

La portata di risorsa veicolata si riduce progressivamente lungo il percorso del CER, passando da 60 m<sup>3</sup>/s a 6 m<sup>3</sup>/s al suo termine; questo è dovuto sia alle perdite di trasporto ed evaporazione dell'acqua, ma soprattutto è dovuto ai prelievi effettuati sia dai frontisti sia dai Consorzi di Bonifica associati che poi si adoperano per trasportare l'acqua alle aziende del Comprensorio. Le derivazioni dal CER possono essere principalmente di due tipi: tramite pompe o tramite paratoie. Il Consorzio della Bonifica Renana si configura come Associato del Consorzio del CER. Le seguenti figure riportano alcuni esempi di derivazioni di sua competenza, tramite paratoie o pompe, sul canale (Figura 22 a, b, c).

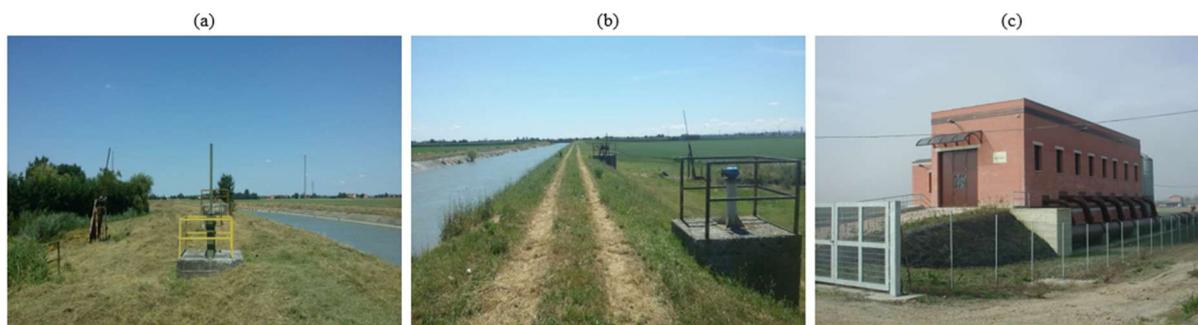


Figura 22. Tre esempi di derivazioni irrigue in fregio al CER gestite dal Consorzio Associato della Bonifica Renana: attraverso paratoie (a e b) (Chiaviche Menata Sellaro e Sillaretto Fiorentina) e un impianto di sollevamento secondario (c) (Impianto Morella-Medicina)

## 2.4.2 Il servizio IRRINET

IRRINET è il servizio irrigazione realizzato dal Consorzio di Bonifica di Secondo Grado per il Canale Emiliano Romagnolo, a disposizione gratuitamente di tutte le aziende agricole dell'Emilia-Romagna. Esso restituisce come output: momento di intervento e volume da impiegare per ottenere un prodotto di qualità risparmiando risorse idriche. IRRINET si basa sul calcolo del bilancio idrico giornalmente con l'utilizzo di dati meteorologici, pedologici, di altezza di falda e di parametri colturali derivanti dall'attività sperimentale del CER. Sono richiesti invece all'agricoltore specifiche in termini di tipo d'impianto irriguo utilizzato in campo, varietà colturale e date previste di semina e raccolta. Il quando e quanto irrigare, unitamente al grafico rappresentante l'andamento dell'umidità nel terreno dall'inizio della stagione irrigua vengono visualizzati sul portale di iscrizione dell'agricoltore. Il modello utilizzato per calcolare tutte le uscite e le entrate d'acqua nel sistema colturale (bilancio idrico) è piuttosto complesso e prevede numerose operazioni per poter ottenere la stima dei consumi delle colture:

- calcolo del quantitativo di acqua piovana infiltratosi effettivamente nel terreno;
- simulazione della crescita dell'apparato radicale e dell'avvicendamento delle fasi fenologiche delle colture;
- stima dell'eventuale stato di stress idrico della coltura e dell'apporto di falda;
- calcolo del flusso dell'acqua attraverso i tre strati di suolo (strato superficiale a contatto con l'aria, strato occupato dalle radici, strato sottostante alle radici);

- determinazione dell'esatto volume d'acqua necessaria per lo strato di terreno occupato dalle radici delle colture nel giorno in cui viene effettuata l'interrogazione.

In questo modo è sempre nota la quantità d'acqua a disposizione delle colture e, unitamente alle informazioni sul tipo di terreno e di impianto irriguo, viene consigliato il volume ottimale teorico di irrigazione (Mannini, 2007).

## **2.5 Valutazione dei consumi irrigui nel caso studio**

### **2.5.1 Volumi derivati misurati dal Consorzio della Bonifica Renana**

Le misure disponibili alle derivazioni da CER sono state fornite dal Consorzio della Bonifica Renana in termini di volumi d'acqua prelevati:

- per mezzo di pompe e immessi reti tubate → distretti “Medesano Sud”, “Ladello” e “Medicina Nord”;
- per mezzo di paratoie ed immessi in canali a gravità → distretto “Calcarata”.

Nel caso in cui la derivazione si avvalga dell'utilizzo di pompe, queste ultime presentano un totalizzatore di metri cubi che calcola per ogni pompa della derivazione i volumi pompati.

Per il distretto “Medesano Sud”, in assenza di un totalizzatore di metri cubi, la misura del volume derivato da pompe è stata ricavata indirettamente moltiplicando le ore di lavoro delle pompe per la portata nominale di ogni pompa.

Per il distretto “Venenta” l'acqua viene invece derivata dal Fiume Reno tramite la chiusa di Casalecchio e poi immessa nella canaletta Ghisiliera; la misura dell'acqua in entrata è effettuata attraverso una paratoia dotata di sonda di livello.

I volumi misurati o indirettamente calcolati prelevati in corrispondenza di ciascuna derivazione irrigua sul CER sono quelli immessi a monte di ciascun distretto irriguo. I loro valori sono riportati in Tabella 7.

<b>Distretto</b>	<b>V<sub>M</sub> 2016</b> <b>Volumi d'acqua immessi nei</b> <b>distretti nel 2016</b> <b>(m<sup>3</sup>)</b>	<b>V<sub>M</sub> 2017</b> <b>Volumi d'acqua immessi nei</b> <b>distretti nel 2017</b> <b>(m<sup>3</sup>)</b>
<i>Calcarata</i>	741.790,52	145.490,73
<i>Ladello</i>	952.541,29	1.533.938,00
<i>Medesano Sud</i>	912.258,00	1.097.802,00
<i>Medicina Nord</i>	1.075.102,68	1.018.773,20
<i>Venenta</i>	1.041.356,50	1.712.251,52
<b>Totale</b>	<b>4.723.048,98</b>	<b>5.508.255,45</b>

*Tabella 7. Volumi d'acqua misurati o indirettamente calcolati, immessi in ciascun distretto per i due anni di analisi*

## **2.5.2 Volumi derivati calcolati da dati IRRINET**

I dati provenienti dal sistema di consiglio irriguo IRRINET sono stati forniti come altezza d'acqua in millimetri (mm) cumulata alla fine della stagione irrigua, cioè come somma di tutti i millimetri che il sistema di consiglio irriguo ha calcolato come distribuiti teoricamente a fine stagione. I dati si riferiscono ad ogni appezzamento dichiarato, quindi, coltura, metodo irriguo e dimensioni sono conosciute, già da inizio stagione irrigua grazie ad Acqua Virtuosa.

I dati relativi ai singoli appezzamenti sono stati raggruppati in base al tipo di coltura e al metodo irriguo utilizzato, così da ottenere dati omogenei in ogni distretto per ogni coltura.

Per ciascun appezzamento occupato da una coltura irrigata, i dati provenienti da IRRINET rappresentanti l'altezza d'acqua (mm) che l'agricoltore avrebbe dovuto distribuire durante tutta la stagione irrigua sono stati trasformati in volumi d'acqua (m<sup>3</sup>) moltiplicando la prima per la superficie dell'appezzamento occupato e applicando le necessarie conversioni dell'unità di misura. Si ottiene l'espressione:

$$V_I = h \cdot S \cdot 10$$

Dove:

- $V_I$  è il volume d'acqua che l'agricoltore avrebbe dovuto distribuire sull'appezzamento occupato dalla specifica coltura secondo le stime IRRINET durante tutta la stagione irrigua ( $m^3$ );
- $h$  è l'altezza d'acqua consigliata da IRRINET per quell'appezzamento in funzione della coltura praticata (mm);
- $S$  è la superficie dell'appezzamento (ha);
- 10 è un correttivo per avere il volume in  $m^3$ .

$V_I$  rappresenta il volume distribuito a livello di campo. Per poterlo ricondurre al punto di prelievo, ove cioè è collocata ciascuna derivazione irrigua, si devono conteggiare tutte le perdite che si verificano durante il trasporto e l'applicazione in campo dell'acqua, cioè le efficienze di distribuzione e di applicazione. Per questo scopo, sono stati utilizzati coefficienti di efficienza sia relativi al metodo irriguo, sia relativi al metodo di trasporto dell'acqua all'interno del distretto coerentemente con quanto riportato nel Capitolo 1.2.4. Si ottiene, quindi, l'espressione:

$$V_C = \frac{V_I}{e_{ap} \cdot e_d}$$

Dove:

- $V_C$  è il volume d'acqua calcolato che dovrebbe essere immesso in corrispondenza della derivazione irrigua ( $m^3$ );
- $V_I$  è il volume d'acqua che l'agricoltore avrebbe dovuto distribuire sull'appezzamento occupato dalla specifica coltura secondo le stime IRRINET durante tutta la stagione irrigua ( $m^3$ );
- $e_{ap}$  è il coefficiente di applicazione che rappresenta l'efficienza del metodo irriguo (-);
- $e_d$  è il coefficiente di distribuzione nel distretto (-).

A partire dai confini di competenza di ciascuna derivazione irrigua forniti dal Consorzio della Bonifica Renana, si sono andati ad individuare gli appezzamenti coltivati insistenti. In particolare, per ogni derivazione, si sono sommati tutti i contributi  $V_C$  degli appezzamenti

compresi entro i confini di pertinenza. In questo modo si ottiene il volume complessivo prelevato in corrispondenza di ciascuna derivazione irrigua al punto di prelievo ( $V_{CT}$ ). Tali quantitativi saranno poi confrontati con quelli misurati o calcolati indirettamente dal Consorzio della Bonifica Renana.

### 2.5.3 Dati mancanti

Le due serie di dati, discusse nei capitoli 2.5.1 e 2.5.2, presentano alcune mancate corrispondenze. I dati provenienti da IRRINET non sono completi in termini di fabbisogno idrico cumulato relativo ad alcuni appezzamenti. Viene di seguito riportato in Tabella 8 l'entità dei dati mancanti come differenza tra la superficie dichiarata ad Acqua Virtuosa, che è identificata come superficie totale effettivamente irrigata, e quella dei dati provenienti da IRRINET rifacendosi anche in termini percentuali. Nello specifico le colture per cui IRRINET non ha dato corrispondenze sono nella quasi totalità quelle da seme, valli in cui sono presenti maceri e frutteti e orticole di tipo misto. È da sottolineare che queste mancate corrispondenze non andranno a pregiudicare il lavoro poiché riguardano percentuali relativamente piccole rispetto al totale.

Distretto	Superficie irrigata dichiarata ad Acqua Virtuosa (ha)		Superficie irrigata derivata dai dati IRRINET (ha)		Superficie mancante nei dati IRRINET (ha)		Superficie mancante nei dati IRRINET (% rispetto al dichiarato AV)	
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
<b>ANNO</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<i>Calcarata</i>	192,86	98,96	190,15	96,25	2,71	2,71	1%	3%
<i>Ladello</i>	361,13	399,87	326,52	366,29	34,61	33,58	10%	8%
<i>Medesano Sud</i>	277,16	278,94	262,82	261,46	14,34	17,48	5%	6%
<i>Medicina Nord</i>	322,88	317,33	302,98	284,34	19,9	32,99	6%	10%
<i>Venenta</i>	49,85	103,97	43,47	96,64	6,38	7,33	13%	7%
<b>Totale</b>	<b>1203,88</b>	<b>1199,07</b>	<b>1125,94</b>	<b>1104,98</b>	<b>77,94</b>	<b>94,09</b>	<b>6%</b>	<b>8%</b>

Tabella 8. Quantificazione delle superfici non prese in considerazione da IRRINET

## 2.5.4 Volumi derivati calcolati da dati bibliografici regionali

Come ulteriore serie di confronto si è scelto di utilizzare dati relativi ai volumi irrigui necessari alle colture in Emilia-Romagna presenti in letteratura. Il confronto è stato eseguito partendo dai volumi per ettaro descritti dalla Delibera della Giunta Regionale n. 1415 del 05/09/2016. Essi sono stati moltiplicati per le superfici relative ad ogni coltura e poi sommati tra loro; per tener conto delle perdite nella distribuzione della risorsa idrica i risultati ottenuti sono stati poi divisi per il coefficiente di distribuzione relativo a ciascun distretto.

I dati scelti sono contenuti nella Delibera della Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n. 1415 del 05/09/2016, che nel primo allegato identifica i fabbisogni irrigui medi al 75esimo percentile stagionali nel periodo 2003-2014 per gruppi colturali nelle diverse province regionali. In Tabella 9 sono riportati alcuni esempi per le colture principali dell'area oggetto di studio.

<b>Gruppo colturale</b>	<b>V<sub>R</sub></b> <b>Fabbisogno irriguo per la provincia di</b> <b>Bologna</b> <b>(m<sup>3</sup>/ha)</b>
<i>Bietola e barbabietola da zucchero</i>	1800
<i>Cipolla</i>	2800
<i>Foraggio irriguo (es. erba medica)</i>	2650
<i>Mais</i>	3000
<i>Melo</i>	4750
<i>Patata</i>	1850
<i>Pero</i>	3900
<i>Drupaceae</i>	2400
<i>Soia</i>	1900
<i>Vite</i>	1900

Tabella 9. Fabbisogni irrigui dei gruppi colturali più diffusi nell'area di studio riferiti alla provincia di Bologna

I fabbisogni sono espressi in m<sup>3</sup>/ha, perciò sono stati prima moltiplicati per l'area totale espressa in ettari di ciascun gruppo colturale presente nel distretto secondo la formulazione:

$$V'_R = V_R \cdot S$$

Dove:

- $V'_R$  è il volume d'acqua che l'agricoltore avrebbe dovuto distribuire sull'appezzamento occupato dalla specifica coltura secondo la Delibera Regionale durante tutta la stagione irrigua ( $m^3$ );
- $V_R$  è il fabbisogno irriguo identificato dalla Delibera Regionale espresso per unità di superficie ( $m^3/ha$ );
- $S$  è la superficie totale degli appezzamenti coltivati con lo stesso gruppo colturale (ha).

Questi fabbisogni irrigui sono al lordo delle perdite relative all'applicazione in campo, perciò già comprendono il coefficiente di efficienza del metodo irriguo ( $e_{ap}$ ). Per poterli, tuttavia, ricondurre al punto di prelievo, ove cioè è collocata ciascuna derivazione irrigua, si devono conteggiare le perdite che si verificano durante il trasporto e quindi, utilizzare il coefficiente di efficienza di distribuzione ( $e_d$ ). Si utilizza la formulazione:

$$V_{RC} = \frac{V'_R}{e_d}$$

Dove:

- $V_{RC}$  è il volume d'acqua calcolato dai dati della Delibera Regionale che dovrebbe essere immesso in corrispondenza della derivazione irrigua ( $m^3$ );
- $V'_R$  è il volume d'acqua che l'agricoltore avrebbe dovuto distribuire sull'appezzamento occupato dalla specifica coltura secondo la Delibera Regionale durante tutta la stagione irrigua ( $m^3$ );
- $e_d$  è il coefficiente di distribuzione nel distretto (-).

A partire dai confini di competenza di ciascuna derivazione irrigua forniti dal Consorzio della Bonifica Renana, si sono andati ad individuare gli appezzamenti coltivati insistenti. In particolare, per ogni derivazione, si sono sommati tutti i contributi  $V_{RC}$  degli appezzamenti compresi entro i confini di pertinenza. In questo modo si ottiene il volume complessivo prelevato in corrispondenza di ciascuna derivazione irrigua al punto di prelievo ( $V_{RCT}$ ). Tali quantitativi sono confrontati con quelli misurati o calcolati indirettamente dal Consorzio della Bonifica Renana.

## **3. RISULTATI E DISCUSSIONE**

### **3.1 Valutazione volumi derivati misurati e calcolati**

Il confronto tra i dati è stato eseguito come descritto nel Capitolo 2.5.

Il primo passo ha trattato le serie di dati provenienti dal sistema di consiglio irriguo IRRINET. Per il calcolo del volume necessario alla derivazione per ogni distretto è stato prima determinato  $V_I$  e poi  $V_C$  tenendo conto delle efficienze sia del metodo irriguo ( $e_{ap}$ ) sia di distribuzione nel distretto ( $e_d$ ).

Successivamente, sono stati analizzati i volumi riportati nella Delibera della Giunta Regionale 1415 del 2016. In particolare, è stato calcolato il volume necessario ad ogni appezzamento ( $V'_R$ ) e moltiplicato per le efficienze di distribuzione nel distretto ( $e_d$ ) al fine di determinare il volume necessario alla derivazione per ogni distretto ( $V_{RC}$ ).

Queste operazioni sono state eseguite sia per l'anno 2016 sia per l'anno 2017.

Per la valutazione dei risultati ottenuti sono da considerare eventuali errori relativi agli strumenti di misura e alle metodologie di stima, tra cui le superfici non prese in considerazione nelle stime di IRRINET descritte nella Capitolo 2.5.3.

#### **3.1.1 Volumi derivati misurati-calcolati da dati IRRINET**

Il risultato del confronto tra i volumi d'acqua misurati alla derivazione di ogni distretto e i volumi d'acqua calcolati tramite le stime IRRINET, riportati nelle Tabelle 10 e 11, sono stati eseguiti con la metodologia descritta nel Capitolo 2.5.2.

<b>Distretti</b>	<b>V<sub>M 2016</sub></b>	<b>V<sub>C 2016</sub></b>	<b>V<sub>C 2016</sub> - V<sub>M 2016</sub></b>	<b>V<sub>C 2016</sub> - V<sub>M 2016</sub></b>
	<b>Volumi misurati alla derivazione dei distretti  (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumi calcolati alla derivazione da dati IRRINET  (m<sup>3</sup>)</b>	<b>(m<sup>3</sup>)</b>	<b>(%)</b>
<i>Calcarata</i>	741.790,52	787.517,15	+ 45.726,63	+ 6%
<i>Ladello</i>	952.541,29	864.984,40	- 87.556,88	- 9%
<i>Medesano Sud</i>	912.258,00	742.009,31	- 333.093,37	- 31%
<i>Medicina Nord</i>	1.075.102,68	927.160,13	- 147.942,55	- 14%
<i>Venenta</i>	1.041.356,50	175.763,16	- 865.593,34	- 83%

*Tabella 10. Per l'anno 2016, confronto tra misura e stima, effettuata tramite IRRINET, di volumi idrici*

Dall'elaborazione dei dati e dal loro confronto, per quanto riguarda l'anno 2016, è risultato che nella maggior parte dei casi i dati provenienti da IRRINET sottostimano i reali fabbisogni irrigui delle colture. Infatti, prendendo in considerazione i distretti "Ladello", "Medesano Sud" e "Medicina Nord" le differenze tra i volumi calcolati (V<sub>C 2016</sub>) e i volumi misurati alla derivazione (V<sub>M 2016</sub>) sono, in misure diverse, negative. Per quanto riguarda il distretto "Venenta" la differenza è particolarmente significativa (-83%).

Essa è giustificabile considerando che in questo distretto sono presenti diversi maceri riempiti automaticamente per gravità nel momento in cui si hanno i rilasci di risorsa idrica nella canaletta. L'acqua immessa nel distretto sarà quindi sicuramente superiore rispetto a quella per uso esclusivamente irriguo. Questo diverso tipo di utilizzo non viene preso in considerazione dal metodo di stima che fa risultare, infatti, volumi nettamente inferiori.

<b>Distretti</b>	<b>V<sub>M</sub> 2017</b>	<b>V<sub>C</sub> 2017</b>		
	<b>Volumi misurati alla derivazione dei distretti (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumi calcolati alla derivazione da dati IRRINET (m<sup>3</sup>)</b>	<b>V<sub>C</sub> 2017 - V<sub>M</sub> 2017 (m<sup>3</sup>)</b>	<b>V<sub>C</sub> 2017 - V<sub>M</sub> 2017 (%)</b>
<i>Calcarata</i>	145.490,73	722.706,34	+ 577.215,62	+ 397%
<i>Ladello</i>	1.533.938,00	1.263.935,80	- 270.002,20	- 18%
<i>Medesano Sud</i>	1.097.802,00	1.075.097,17	- 22.704,83	- 2%
<i>Medicina Nord</i>	1.018.773,20	1.136.851,08	+118.077,88	+ 12%
<i>Venenta</i>	1.712.251,52	617.087,21	- 1.095.164,31	- 64%

*Tabella 11. Per l'anno 2017, confronto tra misura e stima, effettuata tramite IRRINET, di volumi idrici*

Il 2017 è da considerare come un anno estremo poiché la sua caratterizzazione prevede eccezionale siccità e scarsità di precipitazioni.

Per il distretto “Venenta” la discordanza dei dati si ripresenta ed è giustificabile come per l’anno 2016.

Per il distretto “Calcarata” la quantità immessa nel distretto è molto minore rispetto a quella stimata. Il distretto, infatti, è alimentato, oltre che dalla derivazione da CER, anche da altre fonti, come lo scolo Riolo o altre fonti minori (dichiarazione tecnici del Consorzio della Bonifica Renana). Per il 2017 si può dedurre che la maggior parte del volume idrico immesso nel distretto sia stata derivata da fonti alternative al CER.

### 3.1.2 Volumi derivati misurati-calcolati da dati bibliografici regionali

Il risultato del confronto tra i volumi d'acqua misurati alla derivazione di ogni distretto e quelli calcolati tramite le stime di volumi irrigui provenienti dalla Delibera della Giunta Regionale 1415/2016, riportati nelle Tabelle 12 e 13, sono stati eseguiti con la metodologia descritta nel Capitolo 2.5.4.

Distretti	$V_{M2016}$	$V_{RC2016}$	$V_{RC2016}-V_{M2016}$ ( $m^3$ )	$V_{RC2016}-V_{M2016}$ (%)
	Volumi misurati alla derivazione dei distretti ( $m^3$ )	Volumi calcolati alla derivazione da dati DGR 1415/2016 ( $m^3$ )		
<i>Calcarata</i>	741.790,52	893.092,37	+ 151.301,85	+ 20%
<i>Ladello</i>	952.541,29	897.902,63	- 54.638,65	- 6%
<i>Medesano Sud</i>	912.258,00	768.575,26	- 143.682,74	- 16%
<i>Medicina Nord</i>	1.075.102,68	812.854,21	- 262.248,47	- 24%
<i>Venenta</i>	1.041.356,50	199.913,56	- 841.442,94	- 81%

Tabella 12. Per l'anno 2016, confronto tra misura e stima, effettuata tramite dati provenienti dal DGR 1415/2016, di volumi idrici

I risultati ottenuti per il 2016 mostrano che anche i dati bibliografici sottostimano il reale fabbisogno irriguo. Per la maggior parte dei distretti, infatti, la differenza percentuale tra volume d'acqua calcolato da stime del DGR ( $V_{RC2016}$ ) e volume d'acqua misurato alla derivazione ( $V_{M2016}$ ) è di segno negativo.

Anche il metodo di stima utilizzato per questo confronto non tiene conto di utilizzi non propriamente irrigui della risorsa idrica, perciò nel distretto “Venenta” si ripresentano le discordanze descritte nella Capitolo 3.1.1.

Distretti	$V_{M\ 2017}$	$V_{RC\ 2017}$		
	Volumi misurati alla derivazione dei distretti ( $m^3$ )	Volumi calcolati alla derivazione da dati DGR 1415/2016 ( $m^3$ )	$V_{RC2017}-V_{M2017}$ ( $m^3$ )	$V_{RC2017}-V_{M2017}$ (%)
<i>Calcarata</i>	145.490,73	529.094,07	+ 383.603,34	+ 264%
<i>Ladello</i>	1.533.938,00	970.050,00	- 563.888,00	- 37%
<i>Medesano Sud</i>	1.097.802,00	768.222,11	- 329.579,89	- 30%
<i>Medicina Nord</i>	1.018.773,20	785.251,05	- 233.522,15	- 23%
<i>Venenta</i>	1.712.251,52	401.660,17	- 1.310.591,35	- 77%

Tabella 13. Per l'anno 2017, confronto tra misura e stima, effettuata tramite dati provenienti dal DGR 1415/2016, di volumi idrici

Nel 2017, anno caratterizzato da particolari condizioni metereologiche, le stime effettuate tramite i volumi proposti dalla Delibera Regionale sono, nella quasi totalità dei casi, nettamente inferiori rispetto alle misurazioni poiché questo tipo di stima per sua natura è rigido e non segue gli andamenti stagionali. Tali dati, infatti, sono mediati nel tempo (periodo irriguo su 11 anni, arco temporale 2003-2014) e nello spazio (comprensorio intero della provincia di Bologna) come esposto nel Capitolo 2.5.4.

## 3.2 Confronto volumi calcolati ottenuti

In seguito all'elaborazione dei dati è stato possibile eseguire un confronto tra le quantità di metri cubi stimate e misurate a partire dalle tre serie:

- misura effettiva dei volumi idrici derivati;
- stime dei volumi idrici calcolati a partire da dati IRRINET;
- stime di volumi idrici calcolati a partire da dati del DGR 1415/2016.

Le misure dei volumi idrici derivati sono stati forniti come volume cumulato stagionale dai tecnici della Bonifica Renana (vedi Capitolo 2.5.1).

I volumi idrici calcolati a partire dai dati IRRINET, che sono stati forniti come altezza d'acqua cumulata da restituire alle colture, sono stati ricondotti alla derivazione attraverso la metodologia descritta nella Capitolo 2.5.2.

I volumi idrici calcolati a partire dalle stime del DGR 1415/2016, che si riferiscono all'acqua necessaria stagionalmente per determinati gruppi colturali, tenendo già in considerazione anche l'efficienza del metodo irriguo, sono stati elaborati utilizzando la metodologia descritta nella Capitolo 2.5.4.

In questo modo è stato possibile eseguire un confronto tra volumi allo stesso livello della rete di distribuzione.

Dalle elaborazioni effettuate per l'anno 2016 è risultato che sia i volumi calcolati a partire dai dati del DGR 1415/2016, sia quelli da IRRINET, nella maggior parte dei casi, risultano inferiori rispetto alle misurazioni effettuate in corrispondenza delle derivazioni (Figura 23).

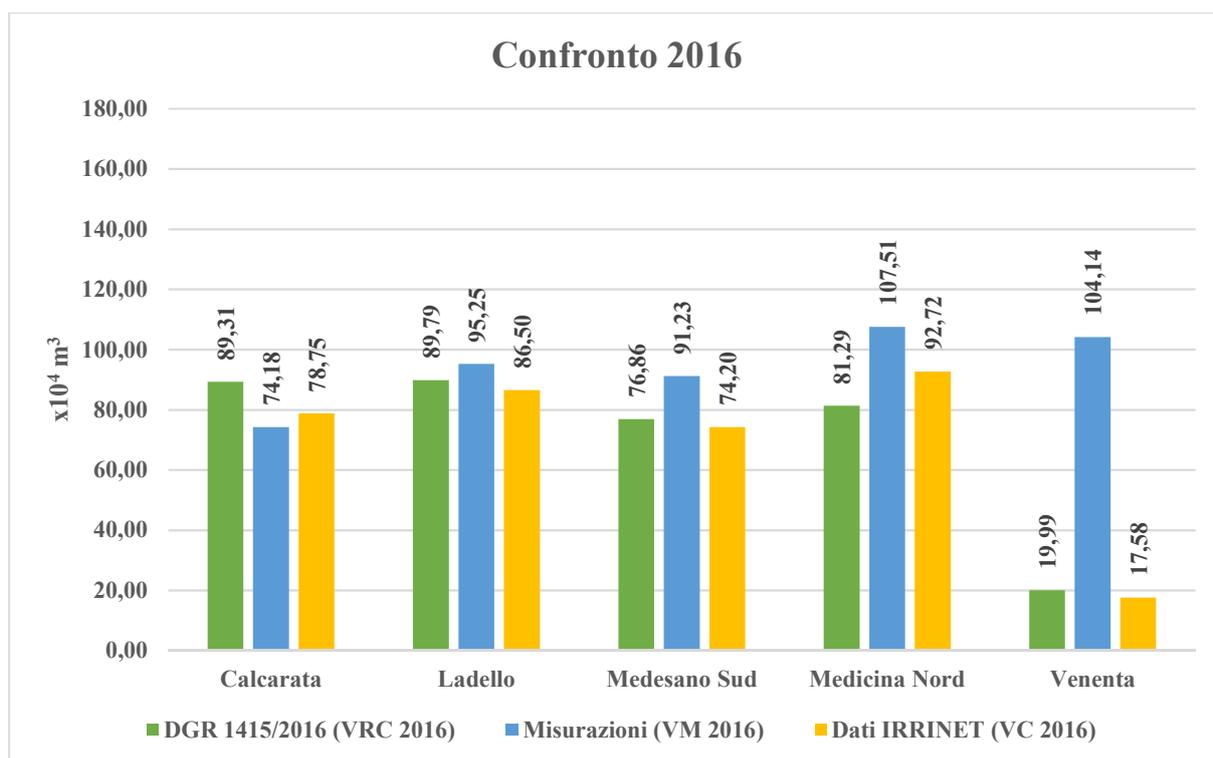


Figura 23. Per l'anno 2016, confronto tra misurazioni e stime volumetriche a partire da dati DGR1415/2016 e IRRINET per ogni derivazione irrigua

Per il distretto “Venenta” la discrepanza tra le serie di dati è giustificabile secondo quanto esposto nel Capitolo 3.1.1. L'utilizzo non strettamente irriguo della risorsa non viene preso in considerazione da nessuna delle due tipologie di stima, che infatti risultano essere nettamente più basse ma confrontabili tra loro.

È da notare che le variazioni di entrambe le metodologie di stima, rispetto alle misure, sono sempre nella stessa direzione, cioè o entrambe positive o entrambe negative. Inoltre, nei distretti in pressione (“Ladello”, “Medesano Sud” e “Medicina Nord”) esse ottengono variazioni minori rispetto a quelli a gravità (“Calcarata” e “Venenta”). In questi ultimi, infatti, si ha un minore controllo sia dell'adduzione, sia della distribuzione e sia dell'utilizzo dell'acqua.

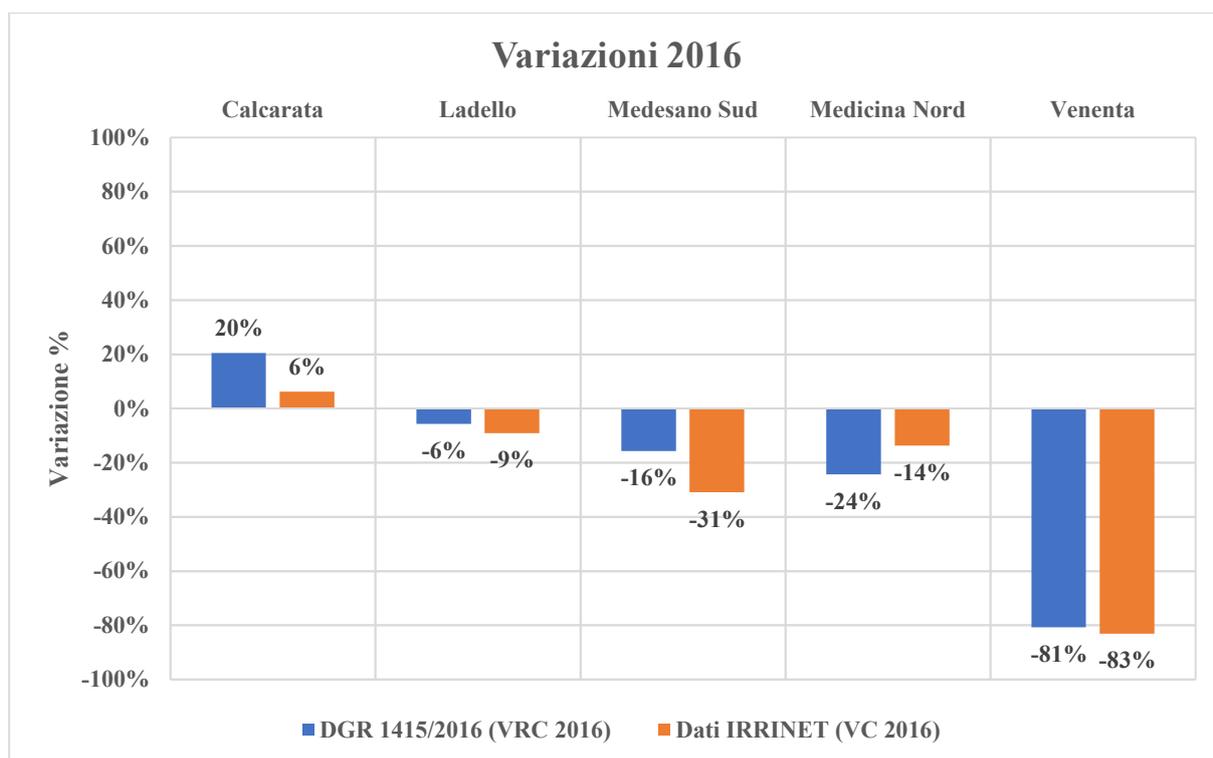


Figura 24. Per l'anno 2016, variazione, in termini percentuali, tra misurazioni e stime volumetriche a partire da dati DGR1415/2016 e IRRINET per ogni derivazione irrigua

Nel 2017, anno caratterizzato da condizioni meteo estreme, il confronto tra queste serie di dati mette in evidenza la differenza che intercorre tra i due metodi di stima. Mentre le stime effettuate tramite dati IRRINET si avvicinano, pur essendo comunque inferiori, ai volumi immessi nei distretti, le stime effettuate tramite i volumi proposti dal DGR 1415/2016 sono nettamente inferiori (Figura 25).

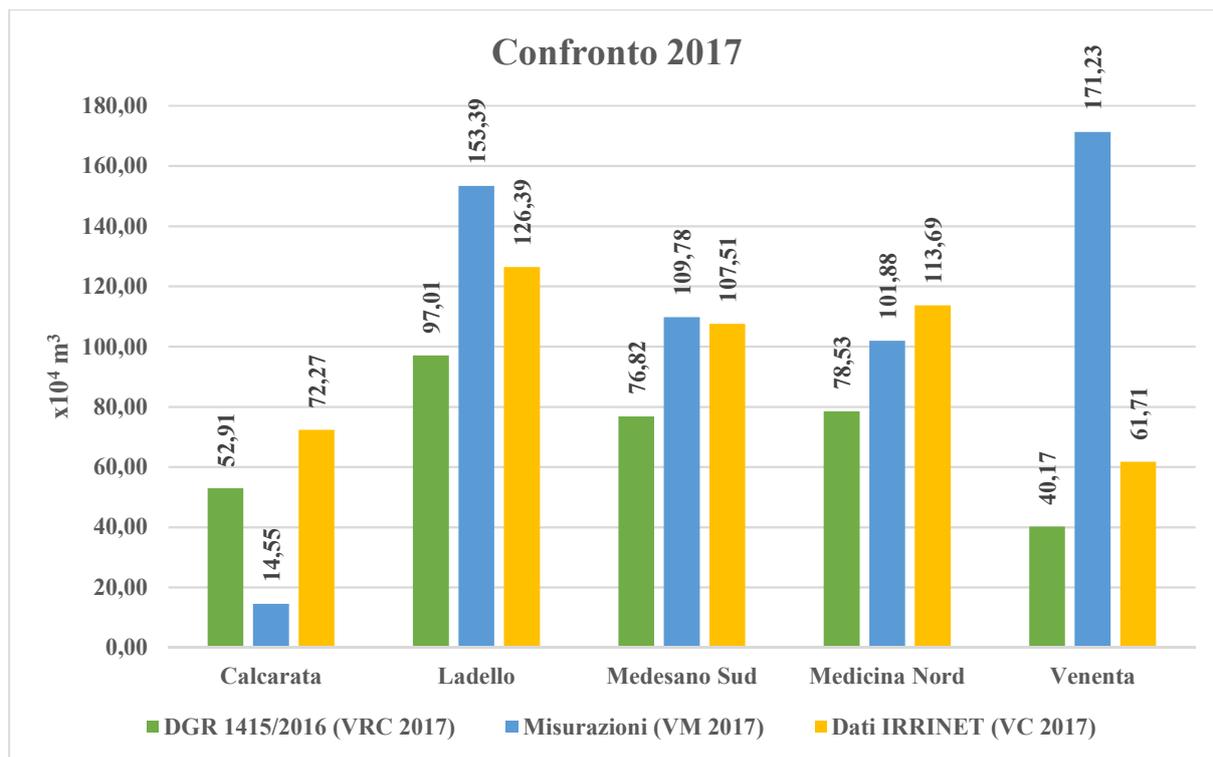


Figura 25. Per l'anno 2017, confronto tra misurazioni e stime volumetriche a partire da dati DGR1415/2016 e IRRINET per ogni derivazione irrigua

La motivazione di questo si può ritrovare nella natura dei due metodi di stima: quello avente base IRRINET prevede un andamento dei dati secondo il tipo di stagione irrigua presentata mentre quello facente riferimento al DGR1415/2016 risulta rigido data la caratterizzazione media a scala temporale e spaziale. Pertanto, si può incorrere in errori di sovrastima o, come in questo caso, di sottostima eccessiva dei fabbisogni irrigui delle piante.

Anche per l'anno 2017, le variazioni di entrambe le metodologie di stima, rispetto alle misure, sono sempre nella stessa direzione, cioè o entrambe positive o entrambe negative. Nei distretti in pressione ("Ladello", "Medesano Sud" e "Medicina Nord") esse ottengono variazioni minori rispetto a quelli a gravità ("Calcarata" e "Venenta"). In questi ultimi, infatti, si ha un minore controllo sia dell'adduzione, sia della distribuzione e sia dell'utilizzo dell'acqua.

Le maggiori variazioni dai volumi misurati si ritrovano nel distretto "Calcarata" per quanto riguarda l'anno 2017. Lo scostamento è dovuto alla mancata esclusività nella fonte di approvvigionamento di quel determinato distretto e quindi alla mancata corrispondenza tra volume immesso nel distretto a quella derivazione e volume irriguo effettivamente utilizzato.

Nel distretto “Venenta” in cui gli scostamenti delle stime rispetto ai volumi misurati sono dovuti alla presenza di superfici in cui l’acqua del consorzio viene utilizzata per fini agricoli e ambientali non rilevati con le metodologie di stima.

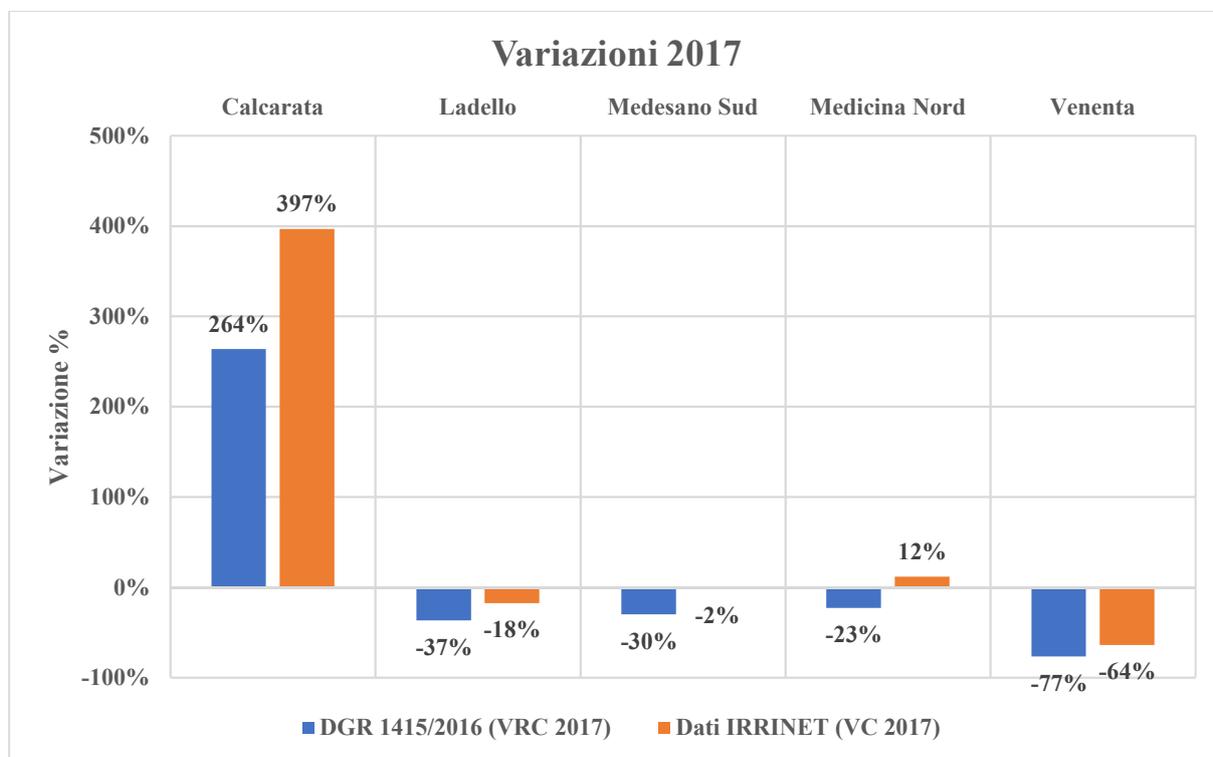


Figura 26. Per l’anno 2017, variazione, in termini percentuali, tra misurazioni e stime volumetriche a partire da dati DGR1415/2016 e IRRINET per ogni derivazione irrigua

È possibile, infine, rappresentare il confronto tra i volumi calcolati a partire dai dati DGR1415/2016 e dai dati IRRINET. Nelle figure 24 e 26 è rappresentata in percentuale la variazione dei volumi calcolati con i due metodi di stima rispetto ai volumi misurati alla derivazione per gli anni 2016 e 2017; i dati numerici sono riportati nelle Tabelle 10, 11, 12 e 13.

Particolarmente interessante risulta essere, infine, esplicitare un confronto tra i volumi calcolati a partire dai dati IRRINET e DGR1415/2016. In particolare, per l'anno 2016, da Figura 27 e 28 si può notare come i primi risultino sempre inferiori rispetto ai secondi eccetto per la derivazione Medicina Nord. Se si considerano inoltre i valori assoluti delle differenze si nota che in sua corrispondenza si attesta il valore maggiore pari a 114305,92 m<sup>3</sup>.

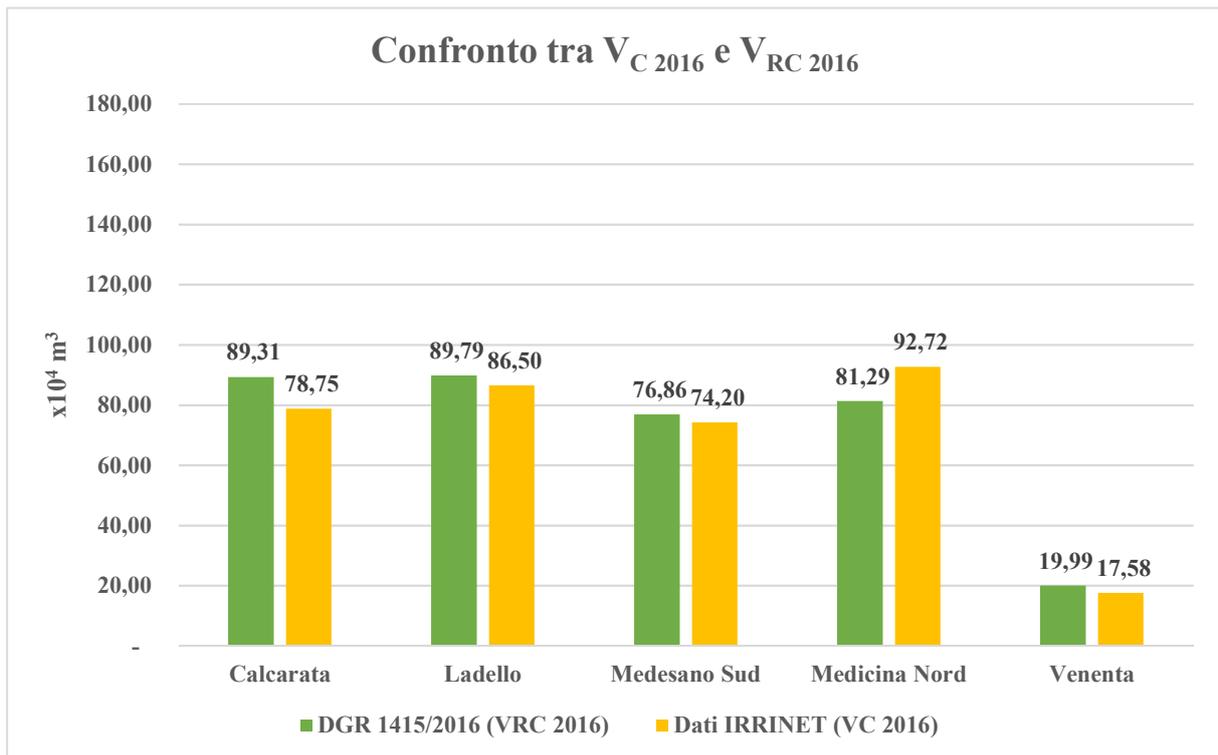
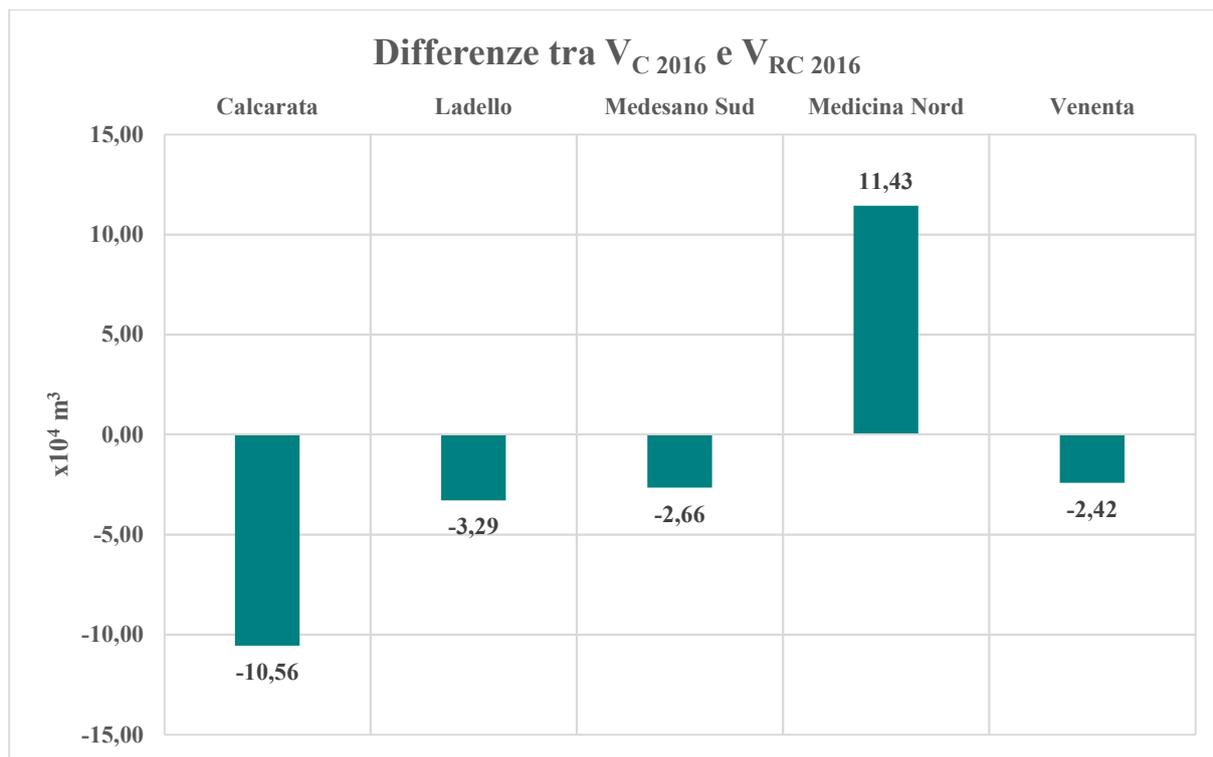


Figura 27. Per l'anno 2016, confronto tra le stime volumetriche a partire da dati DGR1415/2016 e IRRINET per ogni derivazione irrigua



*Figura 28. Per l'anno 2016, differenza tra i volumi calcolati da stime a partire da dati DGR1415/2016 e IRRINET per ogni derivazione irrigua*

Per l'anno 2017, invece, si considerano i dati volumetrici riportati in Figura 29 e 30. Si riscontra come le differenze tra  $V_C$  e  $V_{RC}$  siano sempre positive ad indicare come i primi siano maggiori dei secondi anche in modo significativo, basti considerare che il massimo valore si attesta a  $351600 \text{ m}^3$ .

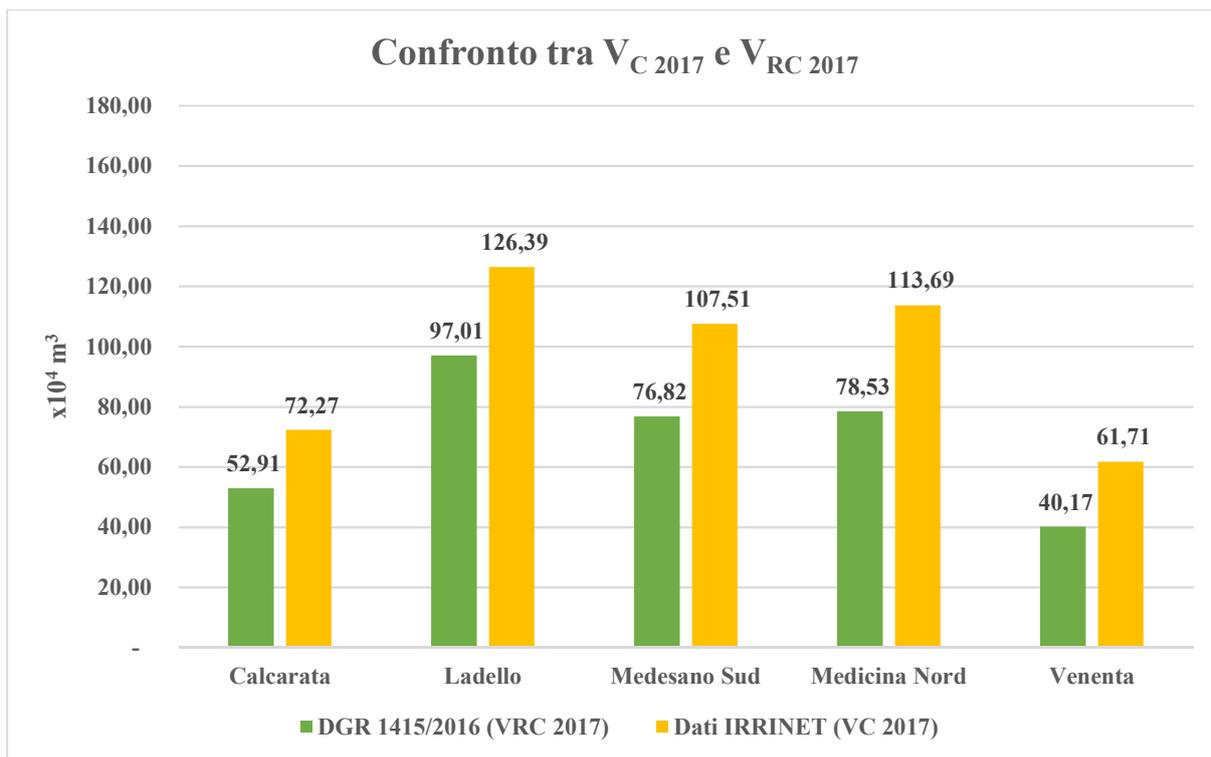


Figura 29. Per l'anno 2017, confronto tra stime volumetriche a partire da dati DGR1415/2016 e IRRINET per ogni derivazione irrigua

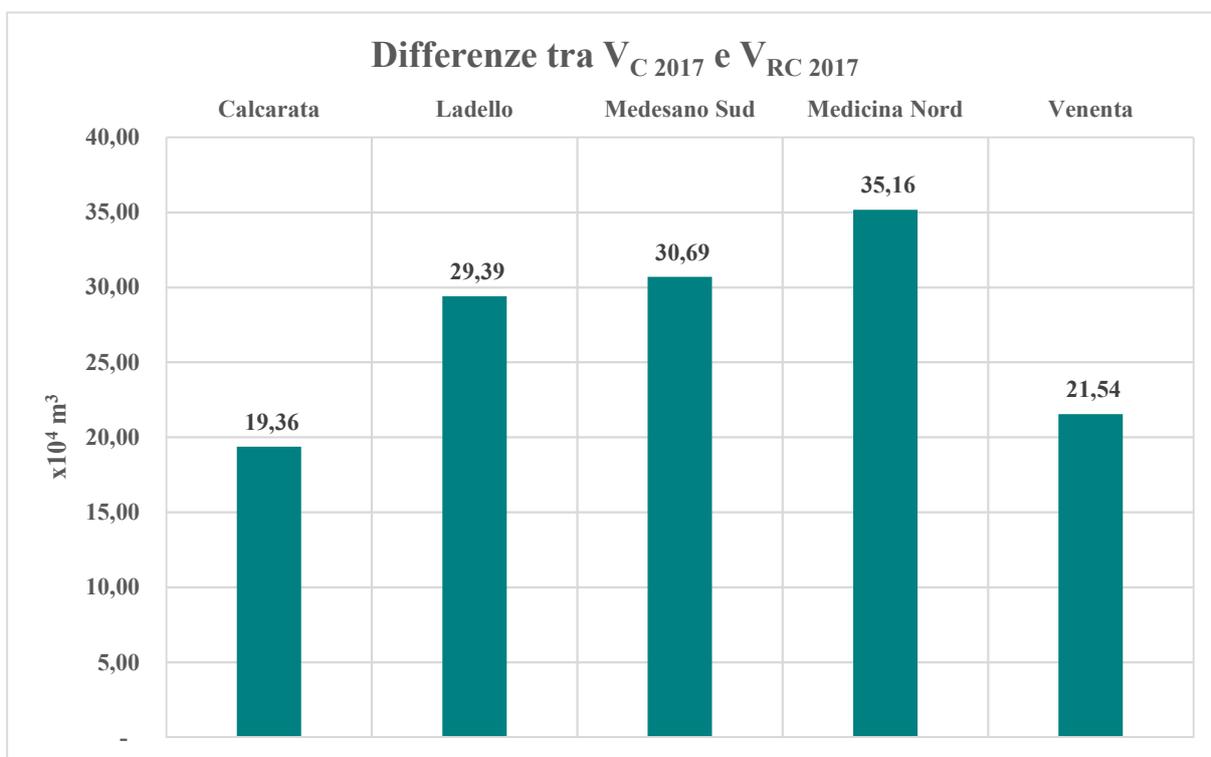


Figura 30. Per l'anno 2017, differenza tra i volumi calcolati da stime a partire da dati DGR1415/2016 e IRRINET per ogni derivazione irrigua

## 4. CONCLUSIONI

Con il presente lavoro si è voluto eseguire un'analisi per mettere a confronto dati provenienti da metodi di stima di fabbisogni idrici, relativi ai volumi d'acqua consigliati da restituire alle colture e le effettive misurazioni effettuate alla derivazione di distretti, così da validare ulteriormente questi metodi o da individuarne le criticità. Sono stati analizzati cinque distretti (tre in pressione e due a gravità) nel comprensorio del Consorzio della Bonifica Renana, da cui sono stati messi a disposizione i dati. L'analisi è stata svolta su due anni (2016 e 2017) e ha riguardato le caratteristiche dei distretti, le colture praticate su di essi e i metodi irrigui utilizzati per ogni coltura. Sono state riportate poi le condizioni metereologiche poiché esse hanno rappresentato sicuramente un elemento di grande influenza sui consumi irrigui. Il confronto è stato svolto su tre serie di dati per ognuno dei cinque distretti: misure alla derivazione, stime in base al sistema di consiglio irriguo IRRINET e stime in base al Decreto della Giunta Regionale 1415/2016. I risultati hanno evidenziato complessivamente corrispondenza tra quanto stimato dalle metodologie prese in analisi e l'effettivo dato misurato. Ma, sono anche emerse, tramite queste elaborazioni, particolari criticità in isolati casi specifici dovute alla non perfetta aderenza dei modelli alla variabile realtà. Ad esempio, nel distretto "Venenta" in cui i metodi di stima non hanno preso in considerazione gli usi non propriamente irrigui, o nel distretto "Calcarata" nell'anno 2017 in cui la metodologia utilizzata per il confronto non ha previsto eventuali fonti alternative di approvvigionamento del distretto, oppure alla mancata attenzione alle condizioni metereologiche della stagione di alcuni metodi di stima non variabili in base a questa e rigidi.

Sviluppo futuro per questo lavoro sarà l'individuazione di una metodologia per la validazione in campo di metodi di stima partendo dall'acqua realmente utilizzata, cioè immessa a monte dell'areale in cui è praticata l'irrigazione oggetto delle stime; questo potrà essere applicato sia a distretti in pressione sia a distretti a gravità. Inoltre, esso potrebbe rappresentare un punto di partenza per la progettazione di reti di distribuzione caratterizzate dalla totale automazione delle derivazioni e della distribuzione di risorsa idrica.

## 5. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56*. Disponibile online su: <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm> (consultato il 6 maggio 2018).

Brouwer, C., Prins, K., & Heibloem, M. (1989). *Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling - Training manual n.4*. Disponibile online su: <http://www.fao.org/docrep/T7202E/T7202E00.htm> (consultato il 6 maggio 2018).

Consorzio della Bonifica Renana. (2015). *Report 2015*.

Consorzio della Bonifica Renana. (2016). *Report 2016*.

Consorzio della Bonifica Renana. (2017). *Report 2017*.

Dastane, N. G. (1974). *Effective rainfall in irrigated agriculture*. Roma: Food and Agriculture Organization (FAO).

D'Urso, G. (2015). *Nuove tecnologie per la stima dei fabbisogni irrigui a scala di bacino e di comprensorio*. In M. Mastrorilli, *L'acqua in agricoltura* (p. 119). Edagricole.

D'Urso, G., & Palladino, M. (2007). *Atti della I giornata di studio Progetto AQUATER*. Bari. Italia.

European Commission DG ENV. (2012). *Water saving potential in agriculture in Europe: findings from the existing studies and application to case studies*.

European Environment Agency (EEA). (2009). *Water resources across Europe - Confronting water scarcity and drought*. Report n.2.

European Environment Agency (EEA). (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*. Report n.1.

Eurostat. (2011). *From Farm to Fork - a statistical journey along the EU's food chain. Statistics in focus 27/2011*.

Fanfani, R., & Pieri, R. (2017). *Il Sistema Agro-Alimentare dell'Emilia-Romagna - Rapporto 2016*. Osservatorio Agro-Industriale Unioncamere e Regione Emilia-Romagna Assessorato Agricoltura, caccia e pesca - Bologna. Italia.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1989). *Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling*. Training Manual n.4. Disponibile online su: <http://www.fao.org/docrep/T7202E/T7202E00.htm> (consultato il 19 maggio 2018).

Giardini, L. (2012). *L'Agronomia per conservare il futuro*. Bologna: Pàtron editore.

Giunta regionale Emilia-Romagna. (2016). Delibera n. 1415 del 5 settembre 2016 - Definizione dei fabbisogni irrigui per coltura, ai sensi del D.M. 31 luglio 2015 "*Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo*".

Hargreaves, G. H. (1994). *Simplified coefficients for estimating monthly solar radiation in North America and Europe*. Departmental Paper, Department of Biology and Engineering, Utah. USA.

ISTAT. (2010). VI Censimento dell'agricoltura 2010. Disponibile online su: <http://censimentoagricoltura.istat.it/> (consultato il 3 giugno 2018).

Jensen, M. E., Burmann, R. D., & Allen, R. G. (1990). *Evapotranspiration and irrigation water requirements*. ASCE Manual n.70.

Mannini, P. (2004). Conservazione dell'acqua consortile. *Agricoltura* (n.18/2004).

Mannini, P. (2007). Risparmio idrico? Con Irrinet e Tecnirri si può. Disponibile online su: <http://cloud.consorziocer.it/CerAcqueNET/PubPDFPubblicer/0410.pdf> (consultato il 29 maggio 2018).

Mannini, P., Genovesi, R., & Letterio, T. (2013). *IRRINET: Large Scale DSS Application for On-farm Irrigation Scheduling*. *Procedia Environmental Sciences*, Volume 19, 823-829.

Mipaaf. (2018). *Bando di selezione delle proposte progettuali nell'ambito del PSRN 2014-2020 - sottomisura 4.3: Investimenti irrigui – Allegato 9: metodologia di stima dei volumi irrigui*.

Disponibile online su: <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/10905>

(consultato il 14 aprile 2018)

Montheith, J. L., & Unsworth, M. H. (1990). *Principles of Environmental Physics*. Edizioni E. Arnold.

Vuolo, F., D'Urso, G., De Michele, C., Bianchi, B., & Cutting, M. (2015). Satellite-based Irrigation Advisory Services: A common tool for different experiences from Europe to Australia. *Agriculture Water Management*, Volume 147, 82-95.

European Environment Agency (EEA)

[www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu) (consultato il 16 giugno 2018).

Consorzio della Bonifica Renana

[www.bonificarenana.it](http://www.bonificarenana.it) (consultato il 2 maggio 2018).

Consorzio del Canale Emiliano Romagnolo

<http://www.consorziocer.it/> (consultato il 15 giugno 2018).

Servizio regionale IRRINET

<https://www.irriframe.it/> (consultato il 15 giugno 2018).

Sezione del sito della Regione dedicate ai Bollettini Ufficiali

<http://bur.regione.emilia-romagna.it/anno> (consultato il 3 giugno 2018).