



STIMA DEL FABBISOGNO IRRIGUO NEL TERRITORIO DELLA CITTA' METROPOLITANA DI MILANO



GIUGNO 2020

Alberto Altomonte

Susanna Colombo

Paolo Sala

Matteo Bertoglio

SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE	4
2.	METODOLOGIA DI STIMA DEL FABBISOGNO IRRIGUO	4
2.1.	INDIVIDUAZIONE DI AREE CLIMATICHE OMOGENEE	5
2.2.	VARIABILITÀ CLIMATICA (Precipitazioni)	8
2.3.	STIMA DEL FABBISOGNO IDRICO COLTURALE	17
2.4.	STIMA DEL FABBISOGNO IRRIGUO	18
3.	CARTE TEMATICHE	19
4.	ESEMPI DI APPLICAZIONE	25
4.1.	AZIENDA A	25
4.2.	AZIENDA B.....	25
5.	BIBLIOGRAFIA.....	26

1. INTRODUZIONE

Il Regolamento regionale n. 2/2006 disciplina l'uso delle acque superficiali e sotterranee, l'utilizzo delle acque ad uso domestico, il risparmio idrico e il riutilizzo dell'acqua sottolineando la necessità di una gestione il più razionale possibile del suddetto bene pubblico affinché essa possa essere condivisa tra i differenti attori per il perseguimento degli obiettivi individuali e comuni. Nel Regolamento viene esplicitato il prioritario utilizzo a scopo potabile della risorsa ma viene posta particolare attenzione alla destinazione irrigua della stessa. In particolare è fatta menzione della necessità di una valutazione dell'effettivo fabbisogno idrico in funzione della estensione della superficie da irrigare, dei tipi delle colture praticate, anche a rotazione, dei consumi medi e dei metodi di irrigazione adottati per la concessione di derivazione delle acque. Risulta quindi fondamentale analizzare attentamente quale siano le reali necessità idriche delle colture per una oculata gestione della risorsa.

2. METODOLOGIA DI STIMA DEL FABBISOGNO IRRIGUO

Il fabbisogno idrico colturale è la quantità d'acqua necessaria per sopperire alle perdite per evapotraspirazione di una coltura in ottimo stato fitosanitario, che cresce in campi di dimensioni e condizioni edafiche non restrittive (contenuto idrico e fertilità ottimali) e che raggiunge la massima produzione possibile nell'ambiente di crescita considerato.

Numerose sono le pubblicazioni che applicano, mediante modelli matematici raffinati e complessi, il metodo del bilancio idrico per la valutazione dei fabbisogni idrici (ad esempio: IReR, 2009; Università degli Studi di Milano, 2003). Nel bilancio idrico si effettua una valutazione delle componenti di ingresso e di uscita dal sistema al fine di determinare una ottimizzazione della risorsa irrigua. Nel presente lavoro vengono considerate le precipitazioni e le irrigazioni come componenti positive (in entrata nel sistema suolo-coltura), mentre l'evapotraspirazione della coltura come componente negativa (acqua in uscita dal sistema).

Il fabbisogno idrico dipende principalmente da due fattori: le caratteristiche climatiche (temperatura, umidità relativa, radiazione solare, precipitazioni e velocità del vento) e colturali (tipologia, cultivar, stadio fenologico, area fogliare, ecc.).

In assenza di stress di altro tipo esso può essere calcolato mediante la metodologia proposta da FAO (FAO, 1998) con la formula di Penman-Monteith, che consente di quantificare il flusso evapotraspirativo in funzione dei dati meteorologici e delle caratteristiche colturali. Il fabbisogno idrico colturale può essere in parte soddisfatto attraverso gli apporti idrici naturali mediante le piogge stagionali.

Il fabbisogno irriguo, considerando l'efficienza di applicazione della modalità di irrigazione ed eventuali perdite di trasporto intra ed extra-aziendale, rappresenta la quantità necessaria di acqua da somministrare al campo posto in una determinata località per consentire la crescita della coltura in assenza di stress idrici qualora gli apporti naturali da precipitazione non siano sufficienti.

In questo lavoro, la stima del fabbisogno irriguo avviene attraverso la valutazione del fabbisogno idrico mediante il software CROPWAT 8.0, dopo aver caratterizzato il territorio in aree omogenee dal punto di vista climatico, il fabbisogno viene, inoltre, corretto attraverso un coefficiente empirico rappresentativo delle differenti tipologie di irrigazione e delle perdite di efficienza relative alla rete di distribuzione. A valle del

calcolo è stata, infine, considerata la variabile suolo come fattore percentuale, influenzante i fabbisogni irrigui totali. Da ultimo si precisa che nel risultato finale non è stato considerato l'afflusso idrico proveniente dalla risalita capillare.

2.1. INDIVIDUAZIONE DI AREE CLIMATICHE OMOGENEE

E' stato condotto uno studio climatologico del territorio della Città metropolitana di Milano con l'intento di individuare eventuali aree climatiche omogenee, da utilizzare all'interno della stessa, per il successivo calcolo dei fabbisogni idrici colturali. Sono state considerate, per l'acquisizione dei dati necessari, le seguenti sette stazioni meteorologiche, fornite da ARPA, ubicate entro e fuori il territorio metropolitano: Carate Brianza (MB), Castello d'Agogna (PV), Corsico (MI), Lambrate (MI), Landriano (PV), Somma Lombardo (VA) e Rivolta d'Adda (CR).

La caratterizzazione del territorio dal punto di vista climatico è stata effettuata mediante l'utilizzo del parametro 'evapotraspirazione di riferimento', calcolato per mezzo del software CROPWAT 8.0, sviluppato e fornito liberamente da FAO (Food and Agriculture Organization), per ogni stazione considerata. L'evapotraspirazione di riferimento rappresenta il consumo idrico di un prato di altezza e caratteristiche standard in assenza di limitazioni di fattori di crescita; è un parametro che ben evidenzia quanto l'ambiente possa influenzare l'idroesigenza delle colture. Per il calcolo si è reso necessario il reperimento delle seguenti variabili meteorologiche: umidità relativa, temperatura, piogge, radiazione solare e velocità del vento.

Dall'elaborazione dei dati climatici e' stato deciso di considerare due stazioni meteorologiche di riferimento Lambrate (MI) e Landriano (Pv) e di dividere, sotto il profilo climatico, il territorio in due macroaree in senso latitudinale, ciascuna afferente ad una delle due stazioni considerate. Nella porzione settentrionale i calcoli dell'evapotraspirazione di riferimento sono stati effettuati utilizzando i dati meteorologici provenienti dalla stazione di Lambrate, mentre per la porzione meridionale quelli provenienti dalla stazione di Landriano.

Si è proceduto inoltre, attraverso l'elaborazione dei dati provenienti dalle 7 centraline meteorologiche, all'identificazione di 3 fasce pluviometriche che descrivono la variabilità intraprovinciale relativa alla quantità di precipitazioni nel periodo estivo. Le tre fasce sono state determinate considerando le precipitazioni cumulate del trimestre giugno-agosto del periodo 2006-2019 e mostrano un andamento decrescente da nord a sud evidenziando i seguenti valori rispettivamente per le zone nord, centro e sud del territorio della Città metropolitana di Milano: 230 mm (fascia pluviometrica 1), 220 mm (fascia pluviometrica 2) e 200 mm (fascia pluviometrica 3).

La prima stesura del presente studio, eseguita nel 2012, era riferita al quinquennio di precipitazioni 2003-2007, particolarmente scarso nella piovosità, laddove anche i valori delle 3 fasce pluviometriche erano sensibilmente ridotti: 180 mm (fascia pluviometrica 1), 160 mm (fascia pluviometrica 2) e 140 mm (fascia pluviometrica 3).

La conoscenza delle precipitazioni è di fondamentale importanza nel calcolo del fabbisogno irriguo in quanto, rappresentando un quantitativo di acqua potenzialmente disponibile per la pianta, riduce le esigenze irrigue della coltura. La variabilità delle precipitazioni nel tempo è analizzata nel prossimo paragrafo.

Le carte tematiche elaborate secondo quanto sopra descritto sono raffigurate in figura 1A in relazione al quinquennio di precipitazioni 2003-2007, e in figura 1B in relazione al periodo 2006-2019.

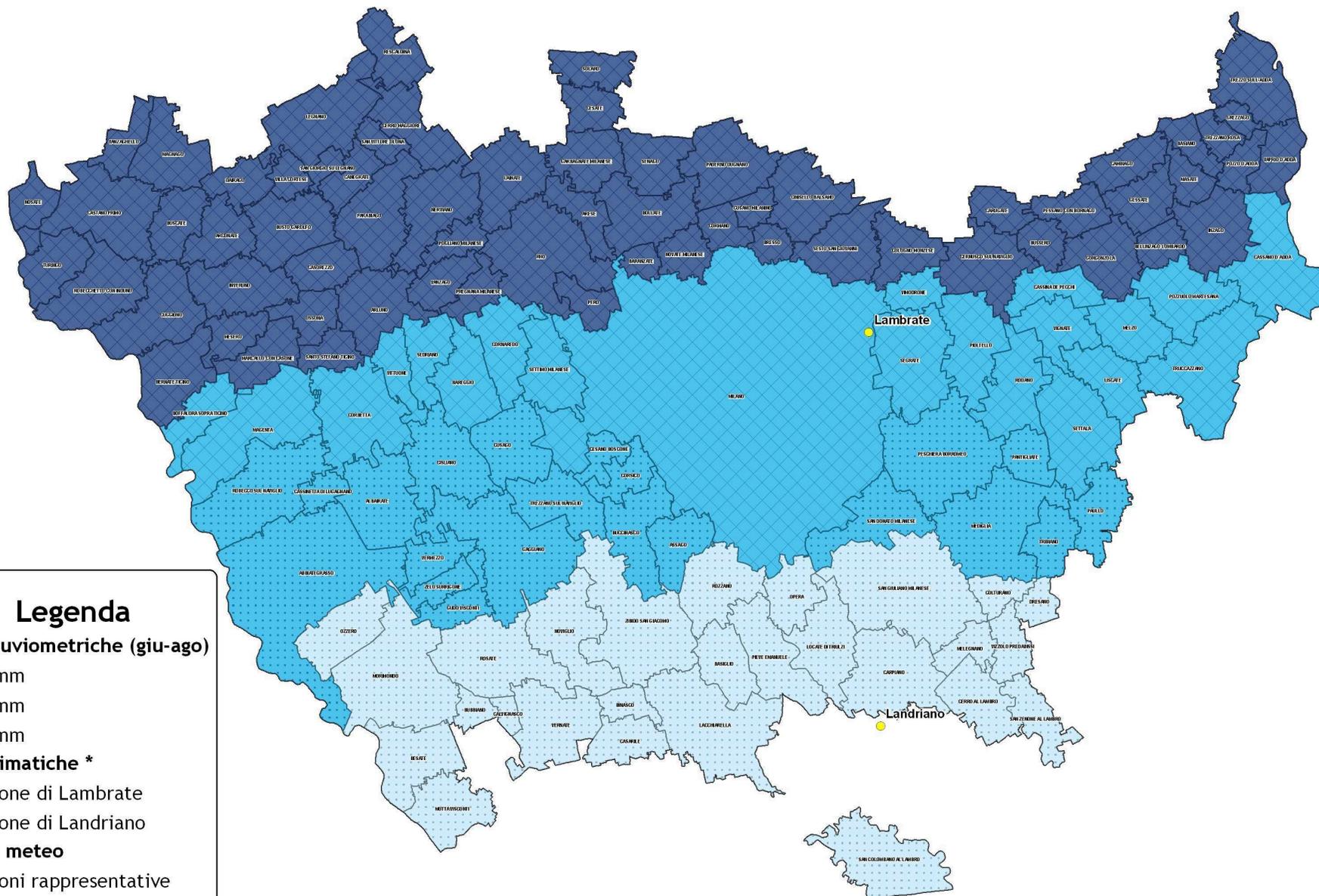


Città metropolitana di Milano

Area ambiente e tutela del territorio

Settore risorse idriche e attività estrattive

Fasce pluviometriche e climatiche per la valutazione del fabbisogno idrico agricolo nella Città metropolitana di Milano



scala grafica 1:175.000

FIGURA 1A: CARTA DELLE FASCE PLUVIOMETRICHE E CLIMATICHE DEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI MILANO (PERIODO 2003-2007)

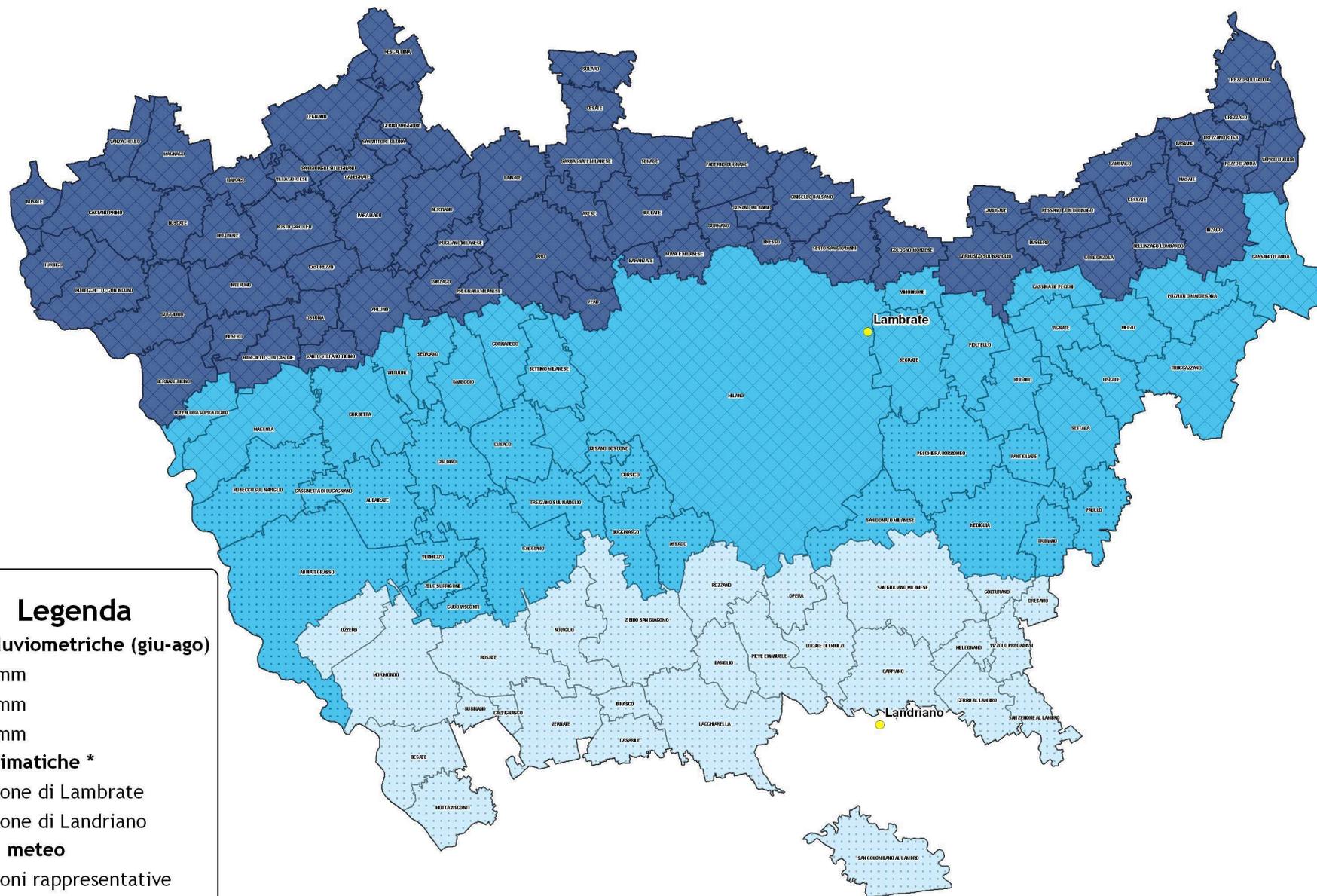


Città metropolitana di Milano

Area ambiente e tutela del territorio

Settore risorse idriche e attività estrattive

Fasce pluviometriche e climatiche per la valutazione del fabbisogno idrico agricolo nella Città metropolitana di Milano



Legenda

Fasce pluviometriche (giu-ago)

- 230 mm
- 220 mm
- 200 mm

Fasce climatiche *

- Stazione di Lambrate
- Stazione di Landriano

Stazioni meteo

- Stazioni rappresentative

* per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale

scala grafica 1:175.000

FIGURA 1B: CARTA DELLE FASCE PLUVIOMETRICHE E CLIMATICHE DEL TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI MILANO (PERIODO 2006-2019)

2.2. VARIABILITÀ CLIMATICA (PRECIPITAZIONI)

Come è noto, le condizioni climatiche locali variano nel tempo in funzione di più generali fattori meteorologici quali ad es. la pressione, l'umidità, il movimento delle masse d'aria a differenti quote e così via.

Ne consegue che anche il fabbisogno irriguo risente di tale variabilità climatica, ed è quindi necessario valutare quale possa essere l'ampiezza delle fluttuazioni e le conseguenze che ne possono derivare. Senza addentrarsi in analisi eccessivamente complesse, non in linea con il carattere del presente studio, si esaminano di seguito le indicazioni generali provenienti dalle fluttuazioni di precipitazione riscontrate nelle due stazioni di Lambrate (Mi) e Landriano (Pv) per il trimestre giugno-agosto.

I dati disponibili acquisiti dal sito di Arpa Lombardia¹ coprono un arco di 18 anni per la Stazione di Lambrate, dal 2002 al 2019 (il 2003 è mancante), e di 14 anni per la Stazione di Landriano, dal 2006 al 2019. Per ciascun anno sono stati considerati i seguenti parametri:

- Precipitazione cumulata nel trimestre giugno-agosto (in mm)
- Numero totale di giorni di pioggia nel trimestre
- Numero di giorni di pioggia nel trimestre con precipitazione cumulata giornaliera: inferiore a 10 mm , fra 10 e 30 mm , superiore a 30 mm
- Precipitazione cumulata giornaliera media nel trimestre (in mm)
- Precipitazione cumulata giornaliera massima nel trimestre (in mm).

Le Tabelle 1 e 2 nelle pagine seguenti riportano la sintesi di tali dati rispettivamente per la Stazione di Lambrate e per quella di Landriano.

Per la Stazione di Lambrate si osservano precipitazioni cumulate del trimestre variabili da un minimo di 76.4 mm (2007) ad un massimo di 442.4 mm (2014). Si noti però che il dato del 2007 è inficiato dalla mancanza di registrazione dei dati per 42 giorni sui 92 del trimestre; analogamente, il 2003 è privo di dati. Per gli anni 2009 e 2014 mancano le rilevazioni per soli 5 giorni.

La precipitazione trimestrale media del periodo è pari a 222.3 mm e non risente molto dell'effetto degli anni più estremi: infatti la moda si situa a 225.4 mm, molto ravvicinata, e la deviazione standard è elevata, pari a 97.1.

Per la Stazione di Landriano si osservano invece precipitazioni cumulate del trimestre variabili da un minimo di 68.2 mm (2017) ad un massimo di 409.4 mm (2014). Anche per questa stazione vi sono lacune nella registrazione dei dati: più significativa quella del 2008, dove mancano 23 giorni su 92, praticamente quasi trascurabili quelle del 2014 (2 giorni mancanti) e del 2015 (1 giorno mancante).

La precipitazione trimestrale media del periodo è pari a 194.4 mm, e in questo caso risente in maniera più sensibile delle fluttuazioni: infatti la moda si situa a 168.4 mm, sensibilmente al di sotto, e la deviazione standard è decisamente più bassa che per la stazione precedente e pari a 87.8.

Dal confronto si conferma il 2014 come anno di precipitazioni molto elevate, seguito dal 2002 (dato presente solo per Lambrate), mentre gli anni più siccitosi sono il 2017 e parzialmente il 2012 (solo a Landriano) e il 2004 (dato presente solo per Lambrate).

¹ Disponibili al link: <https://www.arpalombardia.it/Pages/Meteorologia/Richiesta-dati-misurati.aspx>

Anno	Σ Giu-Ago	Note	N° gg pioggia	gg < 10 mm	gg 10-30 mm	gg > 30 mm	Val. med	Val. max
2002	345,2		36	23	11	2	9,6	53,8
			39%	25%	12%	2%		
2003		Mancano le rilevazioni						
2004	101,0		18	14	3	1	5,6	32
			20%	15%	3%	1%		
2005	196,4		29	22	6	1	6,8	47
			32%	24%	7%	1%		
2006	225,4		26	20	3	3	8,7	49
			28%	22%	3%	3%		
2007	76,4	Mancano 42/92 giorni	14	11	2	0	5,5	24,8
			15%	12%	2%	0%		
2008	255,8		32	24	8	0	8,0	27,4
			35%	26%	9%	0%		
2009	260,0	Mancano 5/92 giorni	22	17	4	1	11,8	121,2
			24%	18%	4%	1%		
2010	235,2		24	17	5	2	9,8	58
			26%	18%	5%	2%		
2011	158,6		34	28	6	0	4,7	17,8
			37%	30%	7%	0%		
2012	226,8		16	10	2	4	14,2	44,2
			17%	11%	2%	4%		
2013	136,0		20	16	2	2	6,8	39,6
			22%	17%	2%	2%		
2014	442,4	Mancano 5/92 giorni	46	35	4	7	9,6	51,6
			50%	38%	4%	8%		
2015	203,4		25	17	7	1	8,1	34,8
			27%	18%	8%	1%		
2016	366,8		34	21	9	4	10,8	40,2
			37%	23%	10%	4%		
2017	101,6		18	13	5	0	5,6	17,8
			20%	14%	5%	0%		
2018	241,2		30	23	5	1	8,0	65,6
			33%	25%	5%	1%		
2019	206,4		17	11	3	3	12,1	49,2
			18%	12%	3%	3%		
Media	222,3	in 92 giorni	26	19	5	2	8,6	45,5

TABELLA 1: STAZIONE DI LAMBRATE (MI) - PRECIPITAZIONI DEL TRIMESTRE GIUGNO-AGOSTO

Anno	Σ Giu-Ago	Note	N° gg pioggia	gg < 10 mm	gg 10-30 mm	gg > 30 mm	Val. med	Val. max
2006	262,3		25	17	4	4	10,5	44,1
			27%	18%	4%	4%		
2007	151,6		22	16	5	1	6,9	31,3
			24%	17%	5%	1%		
2008	129,1	Mancano 23/92 giorni	23	18	5	0	5,6	28,1
			25%	20%	5%	0%		
2009	150,3		21	15	6	0	7,2	26,2
			23%	16%	7%	0%		
2010	239,5		16	10	4	2	15,0	96,3
			17%	11%	4%	2%		
2011	219,4		28	20	7	1	7,8	45,7
			30%	22%	8%	1%		
2012	110,0		16	11	5	0	6,9	26,6
			17%	12%	5%	0%		
2013	162,2		23	17	4	2	7,1	36,4
			25%	18%	4%	2%		
2014	409,4	Mancano 2/92 giorni	50	36	10	4	8,2	50,2
			54%	39%	11%	4%		
2015	174,6	Mancano 1/92 giorni	18	15	0	2	9,7	67,6
			20%	16%	0%	2%		
2016	268,8		27	19	4	3	10,0	46,2
			29%	21%	4%	3%		
2017	68,2		21	19	2	0	3,2	20,4
			23%	21%	2%	0%		
2018	253,0		26	19	4	3	9,7	49,2
			28%	21%	4%	3%		
2019	122,6		17	14	1	2	7,2	30,4
			18%	15%	1%	2%		
Media	194,4	in 92 giorni	24	18	4	2	8,2	42,8

TABELLA 2: STAZIONE DI LANDRIANO (PV) - PRECIPITAZIONI DEL TRIMESTRE GIUGNO-AGOSTO

Nella pagina seguente sono anche riportati i Grafici 1 e 2 che illustrano l'andamento della precipitazione cumulata del trimestre giugno-agosto rispettivamente alle stazioni di Lambrate e di Landriano, con indicata in linea rossa la media del periodo di anni considerato.

Per la Stazione di Lambrate si evidenzia che, dopo un picco del 2002, si ha un decennio con andamento "a campana", con crescita e decrescita delle cumulate abbastanza regolare (si ricorda che il 2007 è anomalo per forte carenza di dati). L'ultimo sessennio presenta invece una forte variabilità con incremento dei valori (media 260 mm).

Nella Stazione di Landriano l'andamento delle cumulate è più regolare negli anni fino al 2013, mentre presenta analogha variabilità nell'ultimo sessennio con analogo incremento di valori (media 216 mm).

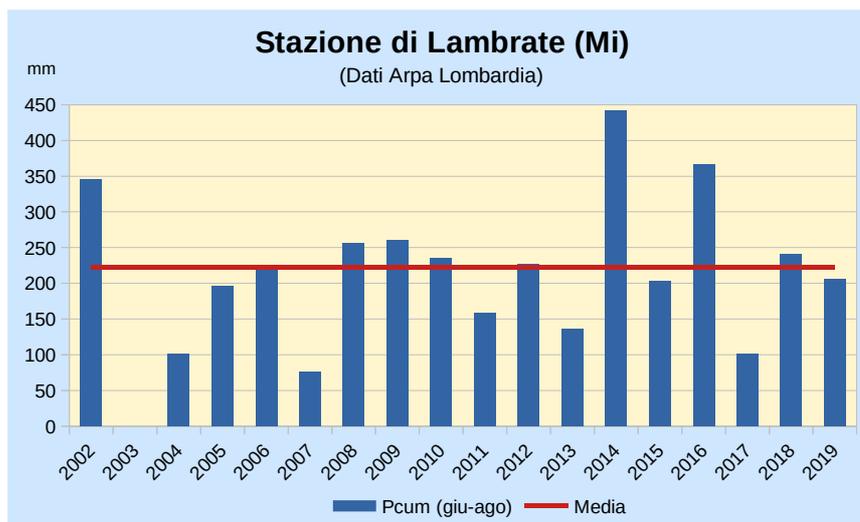


GRAFICO 1: STAZIONE DI LAMBRATE (MI) - PRECIPITAZIONI DEL TRIMESTRE GIUGNO-AGOSTO



GRAFICO 2: STAZIONE DI LANDRIANO (PV) - PRECIPITAZIONI DEL TRIMESTRE GIUGNO-AGOSTO

Per meglio comprendere la disponibilità reale di acqua proveniente dalle precipitazioni, oltre al totale del trimestre è significativo analizzare come questo si distribuisce a livello giornaliero: sono pertanto stati considerati per ciascun anno il Numero totale dei giorni di pioggia verificatisi nel trimestre nonché il Numero di giorni di pioggia nel trimestre con precipitazione cumulata giornaliera suddiviso in tre classi: inferiore a 10 mm , fra 10 e 30 mm , superiore a 30 mm.

Gli anni siccitosi sono evidentemente caratterizzati da pochi giorni di pioggia o da giorni di piovosità molto scarsa, quelli più favorevoli da un discreto numero di giorni di pioggia a media piovosità (ciò che ne favorisce l'infiltrazione), quelli piovosi da un eccesso di giorni di pioggia e da elevata piovosità.

I seguenti Grafici 3 e 4 riportano, rispettivamente per le Stazioni di Lambrate e Landriano, i dati sopra descritti (si tenga sempre conto degli anni in cui i dati sono lacunosi).

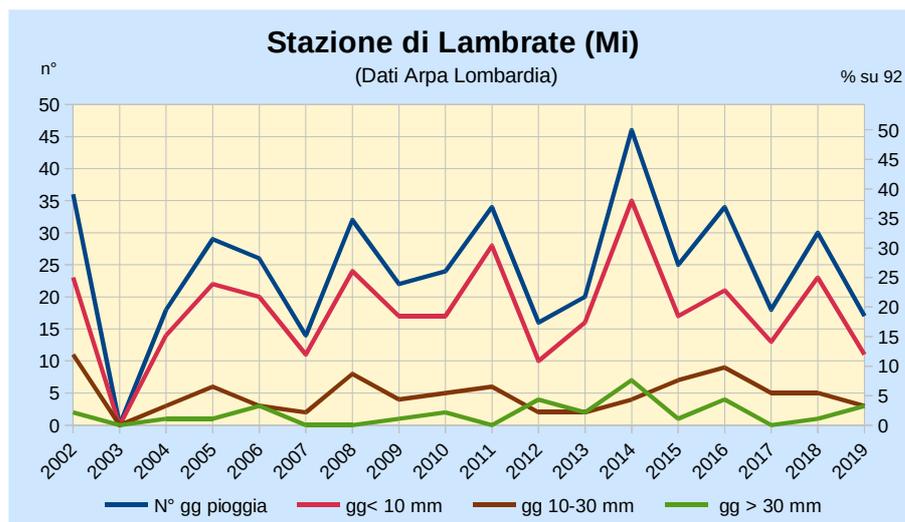


GRAFICO 3: STAZIONE DI LAMBRATE (MI) – NUMERO DI GIORNI DI PIOGGIA E PRECIPITAZIONI

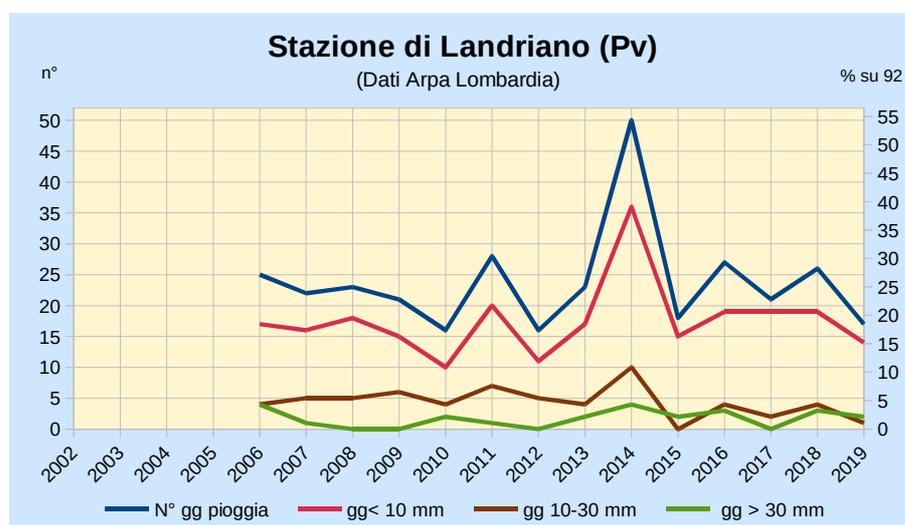


GRAFICO 4: STAZIONE DI LANDRIANO (Pv) – NUMERO DI GIORNI DI PIOGGIA E PRECIPITAZIONI

Entrambi i grafici visualizzano oscillazioni altalenanti dei valori durante gli anni considerati: poco frequenti gli anni che presentano consecutivamente valori uguali o simili. Altresì si nota che l'andamento del numero di giorni con precipitazione cumulata inferiore a 10 mm segue generalmente a poca distanza quello del totale dei giorni di pioggia: ciò sta a significare che le piogge di intensità media o elevata sono assai subordinate e di norma la condizione di siccità o di piovosità media o elevata è determinata prevalentemente dal numero dei giorni di pioggia con debole ma diffusa precipitazione.

Le medie trimestrali per il numero di anni considerato sono così riassumibili:

- giorni di pioggia : 26 giorni a Lambrate , 24 giorni a Landriano
- giorni con $P < 10$ mm : 19 giorni a Lambrate , 18 giorni a Landriano
- giorni con $10 < P < 30$ mm : 5 giorni a Lambrate , 4 giorni a Landriano
- giorni con $P > 30$ mm : 2 giorni a Lambrate , 2 giorni a Landriano.

Per la Stazione di Lambrate si assiste al fatto che gli anni di minore precipitazione trimestrale, 2004 con 101 mm e 2017 con 101.6 mm, hanno comunque un discreto numero di giorni di pioggia (18 giorni), ma scarsa, e pochi fenomeni intensi. Dal 2012 in poi diventano più significative le precipitazioni intense giornaliere (brevi e concentrate), mentre gli anni di maggiore piovosità (2002 con 345.2 mm, 2014 con 442.4 mm e 2016 con 366.8 mm) sono caratterizzati sia da numerosi giorni di pioggia a bassa intensità che da piogge forti e concentrate.

Per la Stazione di Landriano gli anni più siccitosi sono: il 2012 con 110 mm, basso numero di giorni di pioggia di cui un terzo superiore a 10 mm; il 2017 con 68.2 mm, discreto numero di giorni di pioggia, ma quasi tutti di intensità molto bassa. L'accentuazione delle piogge brevi e concentrate negli ultimi anni è meno significativa che nella precedente stazione. Anno di grande piovosità si conferma il 2014 con 409.4 mm, seguito a distanza dal 2006 (262.3 mm) e dal 2016 (268.8 mm), tutti analogamente caratterizzati sia da numerosi giorni di pioggia a bassa intensità che da piogge forti e concentrate.

Altri due grafici seguenti, n. 5 per la Stazione di Lambrate e n. 6 per la Stazione di Landriano, evidenziano l'andamento dei dati della Precipitazione cumulata giornaliera media nel trimestre (in mm) e della Precipitazione cumulata giornaliera massima nel trimestre (in mm) per gli anni considerati.

I grafici 5 e 6 confermano sostanzialmente quanto sopra illustrato, soprattutto l'andamento altalenante delle precipitazioni nel susseguirsi degli anni e l'apporto significativo delle precipitazioni di bassa intensità per un buon numero di giorni. Infatti le precipitazioni giornaliere medie non hanno grossi scostamenti e quelle massime, che presentano invece forti oscillazioni, sono per lo più destinate a fornire il surplus di apporto idrico.

Esistono però alcune eccezioni: nella Stazione di Lambrate la discreta precipitazione trimestrale del 2012 (226.8 mm) e del 2019 (206.4 mm) è dovuta ad un incremento della precipitazione giornaliera media a fronte di un calo del numero dei giorni di pioggia. Viceversa gli anni più piovosi hanno solo un debole incremento della precipitazione giornaliera media. Analogamente nella Stazione di Landriano nel 2010 si hanno 239.5 mm dovuti ad un incremento della precipitazione giornaliera media a fronte di un calo del numero dei giorni di pioggia. L'anno più piovoso, il 2014, vede invece una precipitazione giornaliera media perfettamente in linea col valore medio dei quattordici anni considerati.

Per la Stazione di Lambrate i valori più elevati della precipitazione giornaliera massima si situano in anni di precipitazione totale trimestrale poco oltre la media, confermando un surplus da precipitazione forte e concentrata: il 2009 con totale di 260 mm e massima precipitazione giornaliera di 121.2 mm, il 2018 con totale di 241.2 mm e massima precipitazione giornaliera di 65.6 mm.

Analogamente per la Stazione di Lambrate, dove si registra il 2010 con totale di 239.5 mm e massima precipitazione giornaliera di 96.3 mm, il 2015 con totale di 174.6 mm (inferiore alla media) e massima precipitazione giornaliera di 67.6 mm.

Ancora una volta, quindi, si rileva un qualche incremento dei valori delle piogge forti e concentrate nell'ultimo decennio, pur sottolineando che anche negli anni precedenti si assiste a valori di precipitazione giornaliera massima piuttosto elevati.

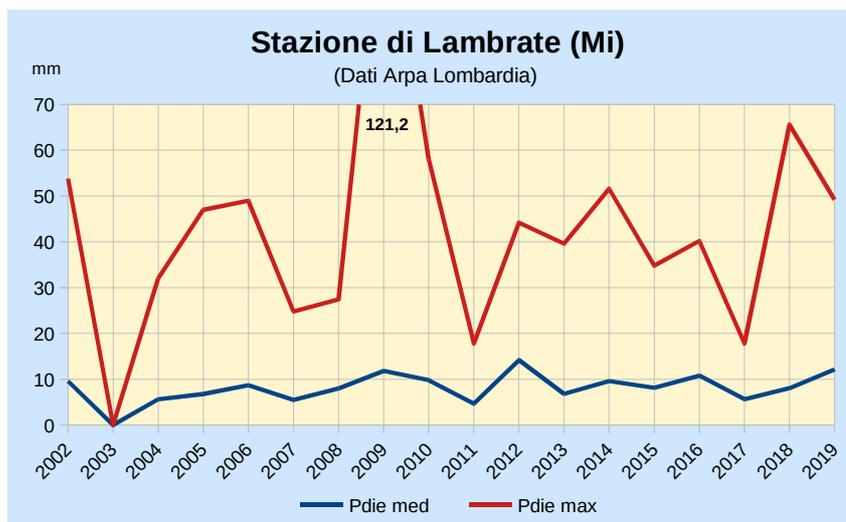


GRAFICO 5: STAZIONE DI LAMBRATE (MI) – PRECIPITAZIONI GIORNALIERE MEDIA E MASSIMA



GRAFICO 6: STAZIONE DI LANDRIANO (Pv) – PRECIPITAZIONI GIORNALIERE MEDIA E MASSIMA

Un ultimo tipo di grafico evidenzia per ciascun anno, nel trimestre considerato, il numero di giorni di pioggia (totale, con $P < 10$ mm, con $10 < P < 30$ mm, con $P > 30$ mm) in successione orizzontale invece che verticale, e fra ponendo la linea che rappresenta la media dei valori, per le Stazioni di Lambrate (grafico 7) e di Landriano (grafico 8).

Ciò consente di rilevare meglio la distribuzione degli apporti di piovosità e di rendere immediatamente visibile quali anni si situano sopra o sotto la media e perché. Per comodità di lettura gli anni al di sopra della media sono nelle tonalità di blu e verde, la media è rappresentata in rosso, gli anni al di sotto della media nelle tonalità del marrone e del giallo; in arancio il 2014 che costituisce l'anno di forte anomalia positiva.

Per la Stazione di Lambrate si rilevano 8 anni sopra la media (2002, 2005, 2006, 2008, 2011, 2014, 2016, 2018) e 9 anni al di sotto della media (2004, 2007, 2009, 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019).

Salvo alcune eccezioni, in particolare quella dell'anno 2014 che si è visto essere ben al di sopra degli altri anni considerati, le linee si raggruppano comunque in un fascio abbastanza ristretto, soprattutto per i giorni a piovosità più elevata.

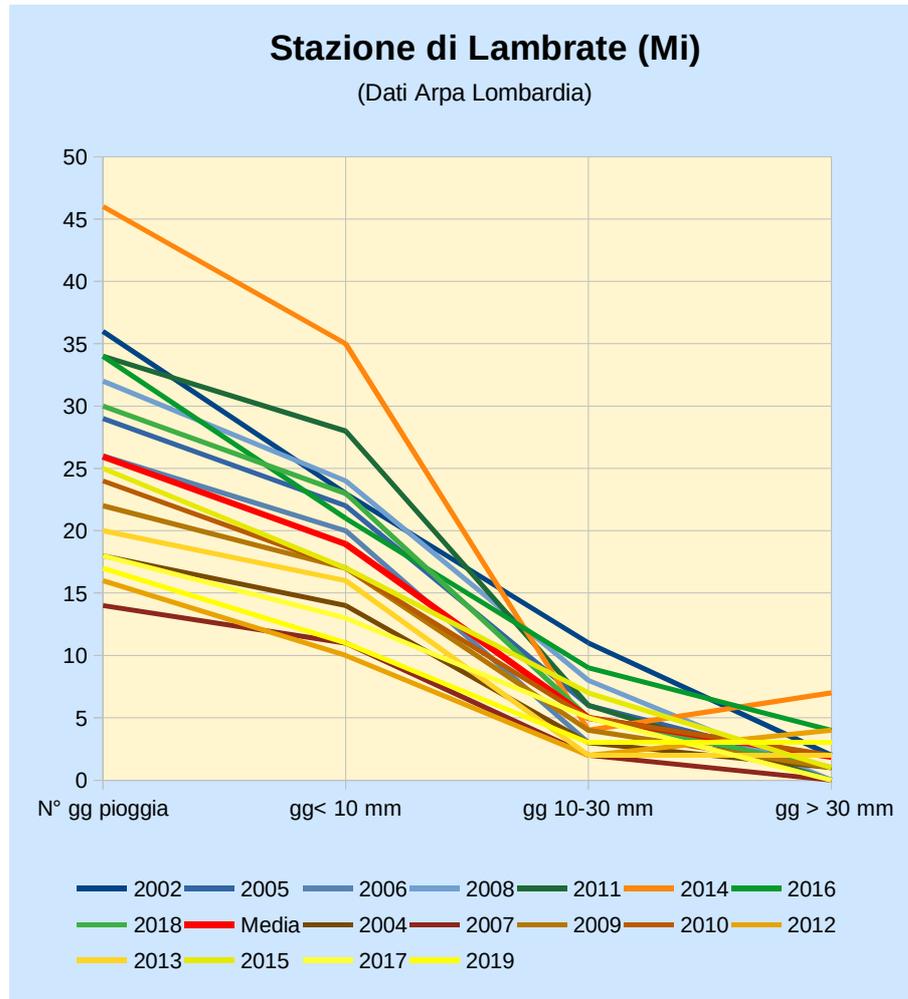


GRAFICO 7: STAZIONE DI LAMBRATE (MI) – NUMERO DI GIORNI DI PIOGGIA E PRECIPITAZIONI

Per la Stazione di Landriano si rilevano invece 5 anni sopra la media (2006, 2011, 2014, 2016, 2018) e 9 anni al di sotto della media (2007, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019).

La concentrazione delle linee in un fascio piuttosto ristretto è in questo caso visibile soprattutto per gli anni al di sopra della media, eccettuato ancora una volta il 2014.

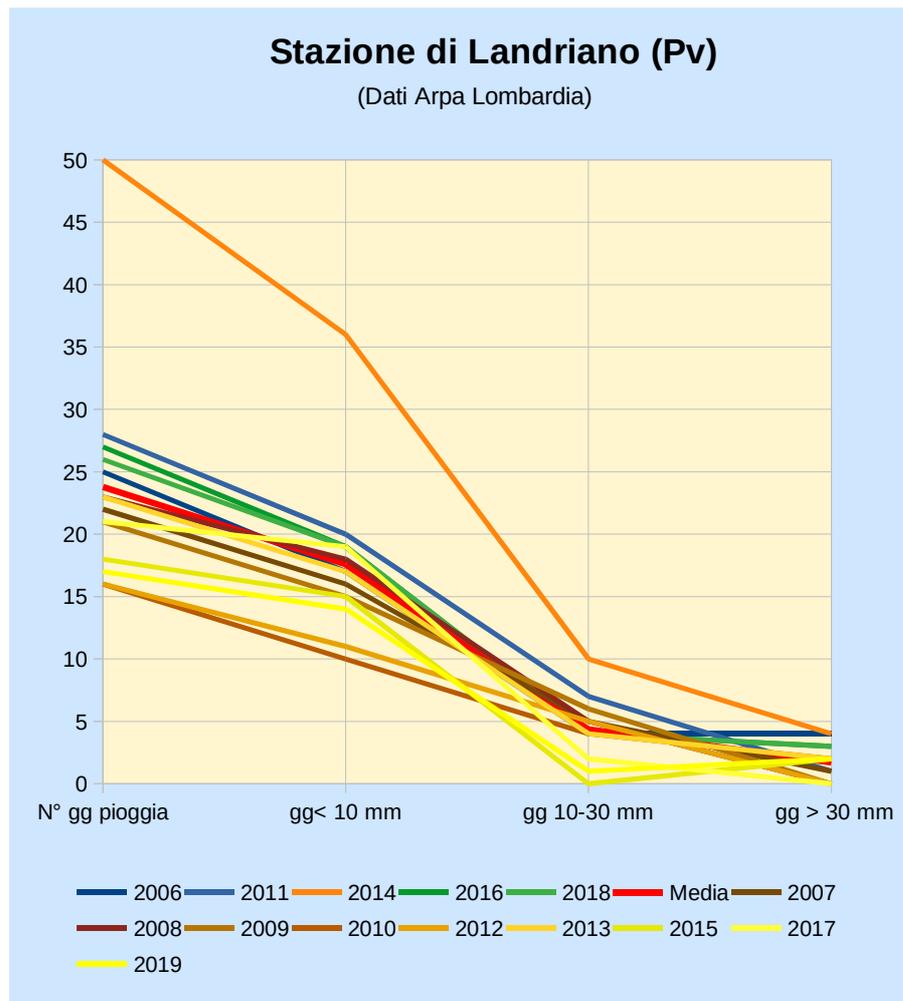


GRAFICO 8: STAZIONE DI LANDRIANO (PV) – NUMERO DI GIORNI DI PIOGGIA E PRECIPITAZIONI

L'analisi della piovosità sopra delineata permette di trarre alcune osservazioni, da considerare con qualche cautela in quanto il periodo di anni considerato è significativo ma non molto esteso.

Le fluttuazioni di precipitazione nel trimestre giugno-agosto sono piuttosto ampie: da 100 a 450 mm alla Stazione di Lambrate e da 75 a 400 mm alla Stazione di Landriano. Non sono rilevabili trend in atto, ciò che fa supporre che non ci si debbano aspettare variazioni significative a breve termine.

L'analisi del numero dei giorni di pioggia e delle piogge giornaliere conferma tale situazione caratterizzata da notevoli fluttuazioni: i giorni di pioggia nel trimestre varia da 16 a 46 per la Stazione di Lambrate e da 16 a 50 per la Stazione di Landriano. Si assiste a una certa stabilità della "base" delle precipitazioni e quindi dell'apporto idrico, con precipitazione giornaliera media fra 8 e 8.5 mm, cui si aggiunge un "surplus" di precipitazione molto variabile e talora concentrato in piogge forti e brevi, con precipitazione giornaliera massima mediamente superiore ai 40 mm.

Le aree climatiche individuate e i fabbisogni irrigui di seguito descritti rappresentano quindi una situazione media, che non sembra dover essere messa in crisi nel breve termine da un trend in diminuzione che attualmente non si riscontra (a parte fenomeni più generali di variazione climatica in atto). D'altro lato, sia l'esistenza di una precipitazione di base che continua a permanere, sia un esteso reticolo irriguo ampiamente regolato e mantenuto dal sistema laghi-fiumi-canali, costituiscono per ora un importante volano a disposizione dell'utilizzo irriguo.

2.3. STIMA DEL FABBISOGNO IDRICO CULTURALE

Il fabbisogno idrico culturale è determinato unicamente in funzione delle condizioni meteorologiche e delle caratteristiche colturali.

I dati meteorologici sono stati ottenuti dalle stazioni già citate mentre per la parametrizzazione delle caratteristiche colturali si sono considerate le linee guida presenti nel paper 56 della FAO e per una caratterizzazione più puntuale, legata al territorio in oggetto, si è fatto riferimento al modello Bilancio idrologico FAOPM v.2.

La stima del fabbisogno è stata quindi effettuata attraverso il software CROPWAT 8.0. Il software attraverso l'acquisizione dei dati testé esposti ha elaborato una stima delle necessità idriche di ogni coltura per ogni anno espressa come differenza tra la richiesta evapotraspirativa della coltura e l'eventuale effettiva disponibilità proveniente dalle precipitazioni. L'evapotraspirazione della coltura è calcolata secondo la metodologia FAO (*crop coefficient approach*) mediante l'utilizzo di specifici parametri colturali reperibili da pubblicazioni FAO (FAO, 1998). Le precipitazioni effettive sono misurate dalle stazioni meteorologiche di riferimento e calcolate come in pubblicazione FAO (FAO, 1986).

Si è deciso di valutare i fabbisogni per le colture maggiormente rappresentative l'agricoltura nel territorio provinciale: mais, riso, soia e prato permanente. Nel caso specifico del mais si sono definite due classi di utilizzo: da granella e da insilato.

Nelle tabelle 3, 4 e 5 sono riassunti i fabbisogni idrici medi di ogni coltura aggregati per stazione meteorologica di riferimento e per fascia pluviometrica calcolati sul periodo di dati a disposizione. Le necessità idriche delle colture sono state valutate inoltre in funzione del periodo temporale considerato.

Le tabelle riportano quindi i fabbisogni idrici calcolati per tutto il periodo vegetativo della coltura, per il trimestre giugno-agosto e per la decade nella quale si ha il valore massimo di fabbisogno (decade di punta). Il dato è espresso in termini di portata per unità di superficie (litri al secondo per ettaro).

STAZIONE METEO	FASCIA PLUVIOMETRICA	MAIS DA GRANELLA	MAIS DA INSILATO	SOIA	PRATO PERMANENTE	RISO
Lambrate	1	0.34	0.35	0.33	0.16	0.39
	2	0.36	0.37	0.35	0.17	0.43
Landriano	2	0.38	0.41	0.38	0.18	0.46
	3	0.40	0.42	0.39	0.19	0.47

TABELLA 3: FABBISOGNO IDRICO CULTURALE ($L \cdot S^{-1} \cdot HA^{-1}$) PER TUTTO IL PERIODO VEGETATIVO

STAZIONE METEO	FASCIA PLUVIOMETRICA	MAIS DA GRANELLA	MAIS DA INSILATO	SOIA	PRATO PERMANENTE	RISO
Lambrate	1	0.46	0.37	0.46	0.43	0.52
	2	0.48	0.39	0.49	0.43	0.53
Landriano	2	0.51	0.43	0.52	0.46	0.56
	3	0.53	0.44	0.54	0.47	0.57

TABELLA 4: FABBISOGNO IDRICO CULTURALE ($L \cdot S^{-1} \cdot HA^{-1}$) PER IL TRIMESTRE GIUGNO-AGOSTO

STAZIONE METEO	FASCIA PLUVIOMETRICA	MAIS DA GRANELLA	MAIS DA INSILATO	SOIA	PRATO PERMANENTE	RISO
Lambrate	1	0.68	0.60	0.65	0.56	0.66
	2	0.67	0.60	0.64	0.55	0.66
Landriano	2	0.72	0.66	0.68	0.58	0.71
	3	0.74	0.68	0.71	0.60	0.72

TABELLA 5: FABBISOGNO IDRICO CULTURALE ($L \cdot S^{-1} \cdot HA^{-1}$) PER LA DECADE DI PUNTA

2.4. STIMA DEL FABBISOGNO IRRIGUO

Il fabbisogno irriguo viene determinato partendo dai dati ricavati dalla stima del fabbisogno idrico ed applicandovi il coefficiente empirico relativo al metodo di irrigazione (tabella 6) reperiti dalla pubblicazione di Gandolfi².

METODO IRRIGUO	COEFFICIENTE
Sommersione	4.5
Scorrimento	3.5
Aspersione	2.25
Microirrigazione o localizzata	1.7

TABELLA 6: COEFFICIENTI MOLTIPLICATIVI IN FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA DI SISTEMA IRRIGUO

Dall'applicazione di questi coefficienti moltiplicativi sono stati ricavati i dati sulla stima del fabbisogno irriguo esplicitati nelle tabelle 7, 8 e 9; discriminante è il periodo temporale considerato.

STAZIONE METEO	FASCIA PLUVIOMETRICA	MAIS DA GRANELLA		MAIS DA INSILATO		SOIA		PRATO PERMANENTE		RISO
		Scorrimento	Aspersione	Scorrimento	Aspersione	Scorrimento	Aspersione	Scorrimento	Aspersione	Sommersione
Lambrate	1	1.18	0.76	1.21	0.78	1.14	0.74	0.57	0.36	1.77
	2	1.25	0.80	1.30	0.83	1.23	0.79	0.61	0.39	1.94
Landriano	2	1.34	0.86	1.42	0.91	1.32	0.85	0.64	0.41	2.07
	3	1.38	0.89	1.47	0.95	1.36	0.88	0.66	0.42	2.12

TABELLA 7: FABBISOGNO IRRIGUO ($L \cdot S^{-1} \cdot HA^{-1}$) PER TUTTO IL PERIODO VEGETATIVO

STAZIONE METEO	FASCIA PLUVIOMETRICA	MAIS DA GRANELLA		MAIS DA INSILATO		SOIA		PRATO PERMANENTE		RISO
		Scorrimento	Aspersione	Scorrimento	Aspersione	Scorrimento	Aspersione	Scorrimento	Aspersione	Sommersione
Lambrate	1	1.60	1.03	1.28	0.82	1.63	1.05	1.49	0.96	2.34
	2	1.68	1.08	1.36	0.88	1.71	1.10	1.52	0.98	2.37
Landriano	2	1.80	1.15	1.49	0.96	1.82	1.17	1.60	1.03	2.52
	3	1.85	1.19	1.54	0.99	1.87	1.21	1.65	1.06	2.59

² Gandolfi C. Stima di massima delle necessità idriche per la stagione irrigua 2007, 2006.

TABELLA 8: FABBISOGNO IRRIGUO ($L*s^{-1}*HA^{-1}$) PER IL TRIMESTRE GIUGNO-AGOSTO

STAZIONE METEO	FASCIA PLUVIOMETRICA	MAIS DA GRANELLA		MAIS DA INSILATO		SOIA		PRATO PERMANENTE		RISO
		Scorrimento	Aspersione	Scorrimento	Aspersione	Scorrimento	Aspersione	Scorrimento	Aspersione	Sommersione
Lambrate	1	2.39	1.53	2.11	1.35	2.29	1.47	1.96	1.26	2.99
	2	2.36	1.52	2.09	1.34	2.25	1.45	1.93	1.24	2.97
Landriano	2	2.52	1.62	2.29	1.48	2.40	1.54	2.04	1.31	3.17
	3	2.59	1.67	2.37	1.52	2.47	1.59	2.09	1.35	3.25

TABELLA 9: FABBISOGNO IRRIGUO ($L*s^{-1}*HA^{-1}$) PER LA DECADE DI PUNTA

Un ulteriore fattore preso in esame è stato il suolo. E' stata condotta un'indagine bibliografica circa la composizione e le peculiarità dei suoli nel territorio in oggetto. Utile a tal fine è stata la pubblicazione di Regione Lombardia ed Ersal³ dal quale è risultato che i suoli della Città metropolitana di Milano sono caratterizzati da tessiture medie o moderatamente grossolane, da profondità e caratteristiche idrologiche variabili in funzione del pedopaesaggio al quale il suolo può essere ricondotto.

Tre suoli rappresentativi, con tessiture franco, franco-sabbioso e franco-limoso, sono stati implementati nel software mediante parametrizzazione preliminare per la simulazione degli adacquamenti durante la stagione irrigua specifica per ogni tipologia culturale. Le simulazioni ottimizzano i volumi e le date di adacquamento in funzione delle condizioni di umidità del suolo in modo tale che le produzioni non subiscano alcun calo di produttività dovuto a stress idrico.

Dalle simulazioni è stato osservato che il fattore suolo mediamente può influenzare per una percentuale pari al 5% il fabbisogno irriguo culturale medio.

3. CARTE TEMATICHE

Le carte tematiche presentate successivamente raffigurano i fabbisogni irrigui medi e sono suddivise per tipologia culturale per il periodo estivo (trimestre giugno-agosto).

Sono state prese in considerazione le colture maggiormente rappresentative del territorio della Città metropolitana di Milano con i metodi irrigui più comuni (scorrimento e aspersione per mais, soia e prato, sommersione per riso).

³ Regione Lombardia, Ersal. Suoli e paesaggi della provincia di Milano, 2004.

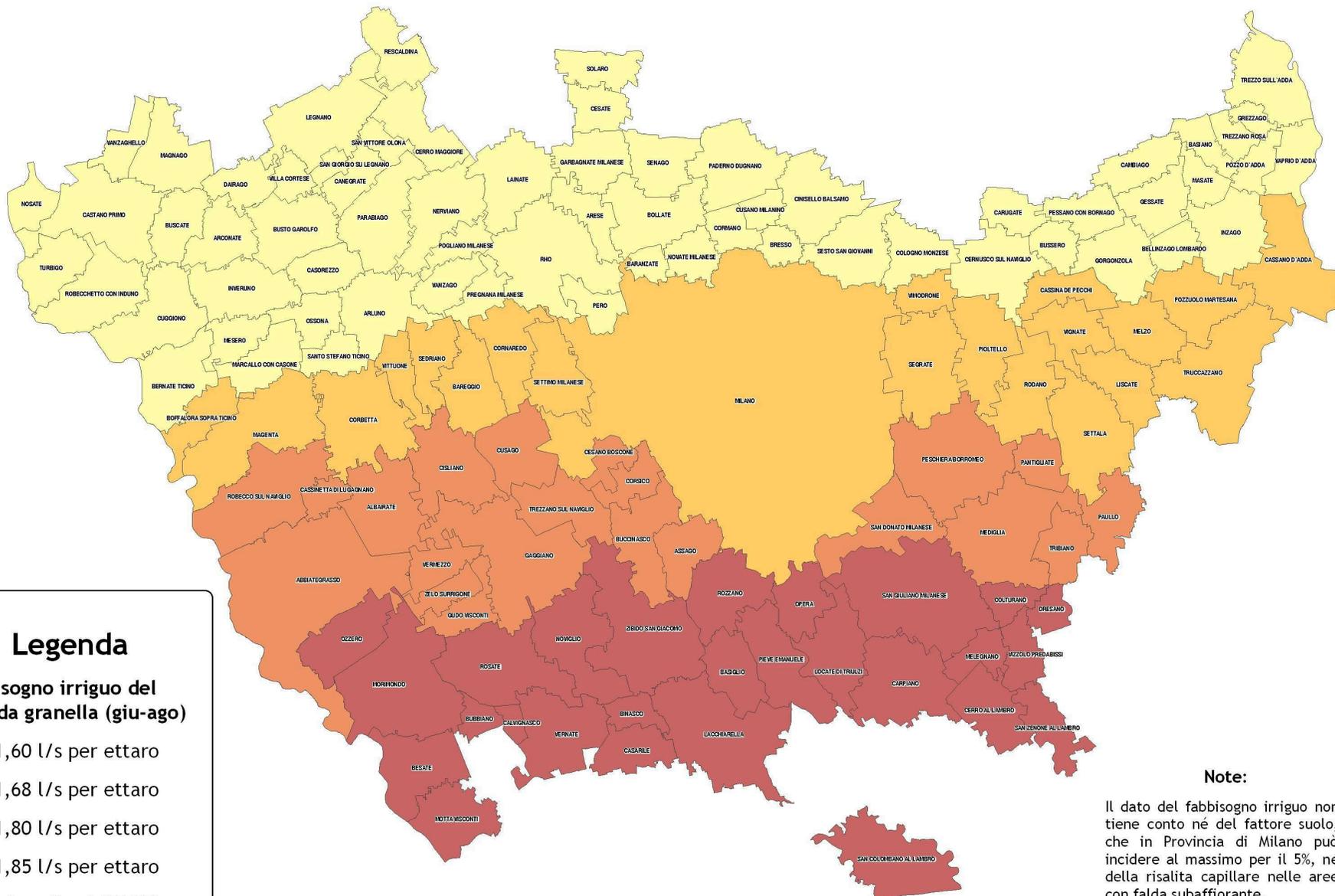


Città metropolitana di Milano

Area ambiente e tutela del territorio

Settore risorse idriche e attività estrattive

Stima del fabbisogno irriguo del mais da granella nel periodo estivo nella Città metropolitana di Milano. (Metodo irriguo a scorrimento).



Legenda

Fabbisogno irriguo del mais da granella (giu-ago)

- 1,60 l/s per ettaro
- 1,68 l/s per ettaro
- 1,80 l/s per ettaro
- 1,85 l/s per ettaro

scala grafica 1:175.000

Note:

Il dato del fabbisogno irriguo non tiene conto né del fattore suolo, che in Provincia di Milano può incidere al massimo per il 5%, né della risalita capillare nelle aree con falda subaffiorante.

FIGURA 2: CARTA DEL FABBISOGNO IRRIGUO DEL MAIS DA GRANELLA



Città
metropolitana
di Milano

Area ambiente
e tutela del territorio

Settore risorse idriche
e attività estrattive

Stima del fabbisogno irriguo del mais da insilato nel periodo estivo nella Città metropolitana di Milano. (Metodo irriguo a scorrimento).

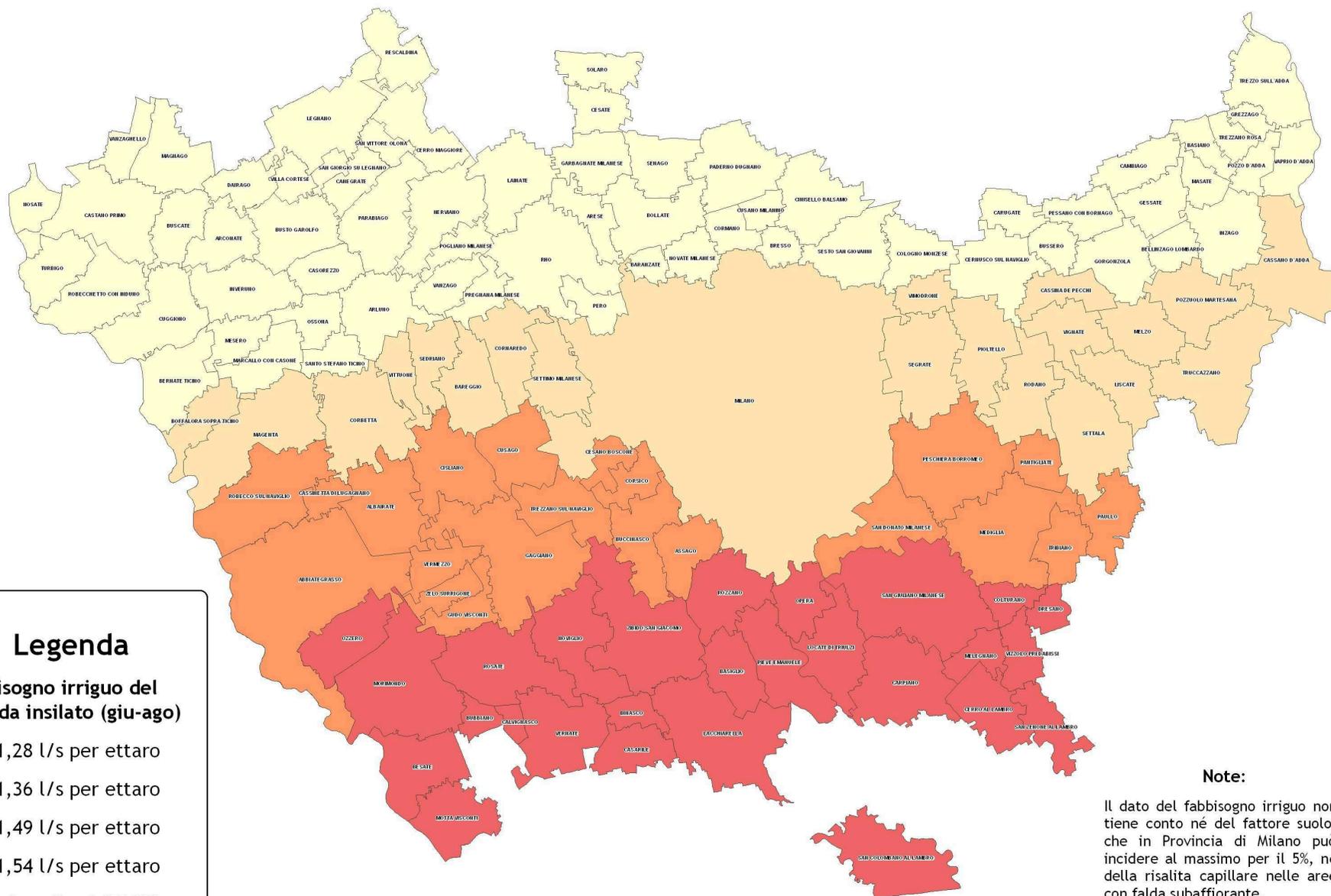


FIGURA 3: CARTA DEL FABBISOGNO IRRIGUO DEL MAIS DA INSILATO



Città metropolitana di Milano

Area ambiente e tutela del territorio

Settore risorse idriche e attività estrattive

Stima del fabbisogno irriguo della soia nel periodo estivo nella Città metropolitana di Milano. (Metodo irriguo a scorrimento).

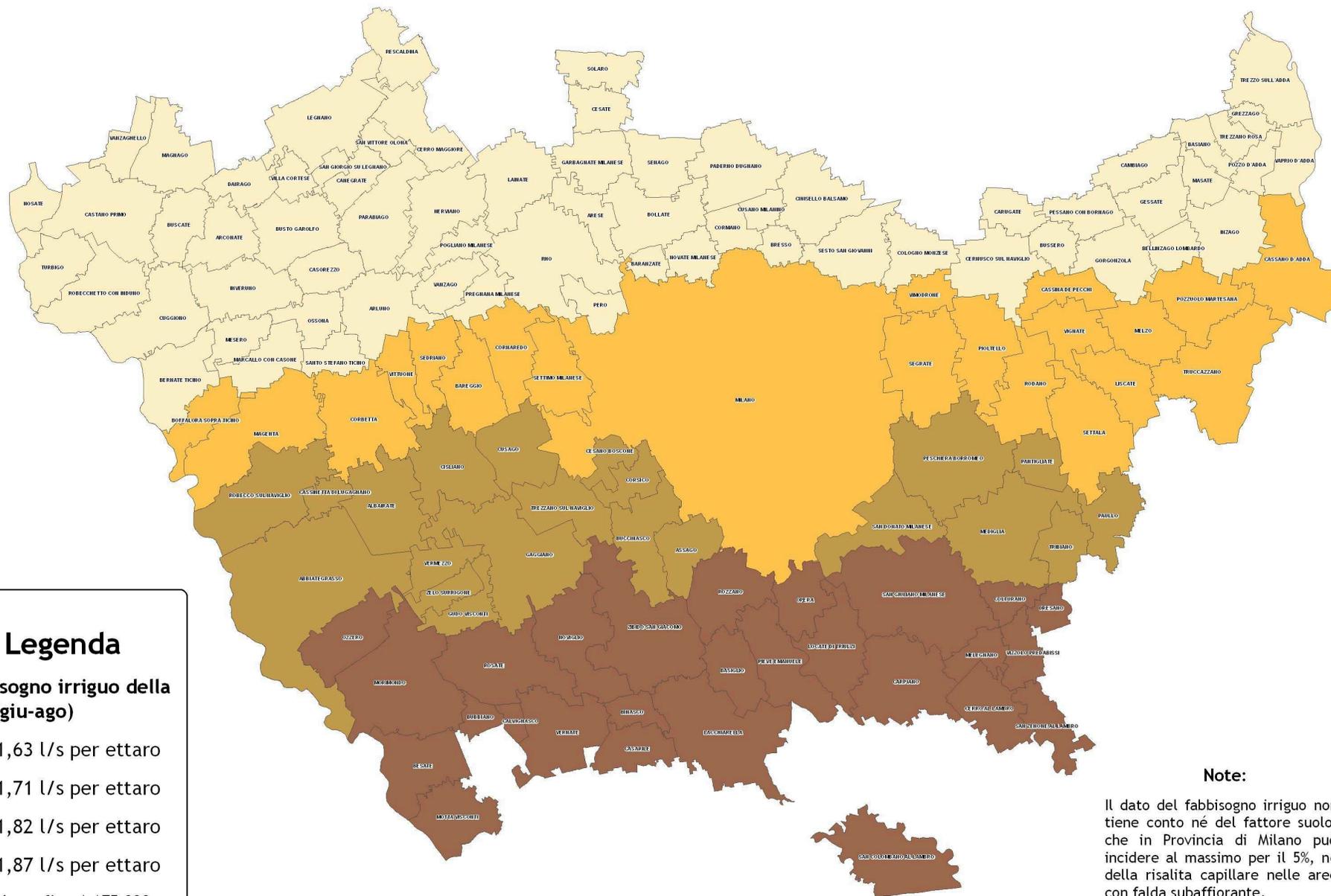


FIGURA 5: CARTA DEL FABBISOGNO IRRIGUO DELLA SOIA

4. ESEMPI DI APPLICAZIONE

4.1. AZIENDA A

L'azienda agricola A situata nel comune di Cisliano presenta una superficie complessiva irrigua di ha 45.00.00 suddivisi in ha 35.00.00 coltivati a mais destinazione granella e ha 10.00.00 coltivati a prato permanente. La metodologia irrigua utilizzata per entrambe le colture è l'irrigazione per scorrimento.

1. La modalità irrigua è quella caratteristica delle colture in oggetto ed è già rappresentata graficamente nelle tavole esposte al capitolo 3. E' quindi sufficiente, facendo riferimento alle carte in figura 2 e 4, recanti rispettivamente il fabbisogno irriguo per mais da granella e prato permanente, localizzare il comune e reperire il valore per unità di superficie di fabbisogno irriguo della coltura specifica (nel tal caso $1.8 \frac{l}{s} * ha$ per mais da granella e $1.6 \frac{l}{s} * ha$ per prato permanente).
2. Per effettuare il calcolo complessivo del fabbisogno è sufficiente moltiplicare il valore unitario per coltura per la superficie totale della coltura in esame e sommare i risultati ottenuti per ogni tipologia di coltivazione. In questo caso l'azienda A ha un fabbisogno irriguo per il mais da granella di $1.80 \frac{l}{s} * ha * 35ha = 63 \frac{l}{s}$, mentre per il prato permanente di $1.6 \frac{l}{s} * ha * 10 ha = 16 \frac{l}{s}$. Complessivamente il fabbisogno irriguo dell'azienda A è di $63 \frac{l}{s} + 16 \frac{l}{s} = 79 \frac{l}{s}$.

4.2. AZIENDA B

L'azienda agricola B produce soia a Carpiano. L'estensione dei suoi appezzamenti è pari a ha 15.00.00 e utilizza per l'irrigazione un sistema pivot (irrigazione per aspersione).

1. Poiché l'irrigazione per aspersione non è presente fra le carte tematiche già raffigurate per la coltura soia, è necessario in prima istanza verificare la localizzazione del comune interessato sulla carta tematica in figura 1, relativa alla distribuzione delle fasce pluviometriche e climatiche. Carpiano, nel caso specifico, ricade nella fascia pluviometrica 3 e nella fascia climatica afferente alla stazione di Lambrate.
2. Recuperare i dati relativi al fabbisogno irriguo della coltura soia dalla tabella 8 (fabbisogno irriguo del trimestre giugno-agosto) incrociando i dati sulla localizzazione climatologica e pluviometrica derivanti dalle valutazioni del punto 1 e sulla tipologia di irrigazione e coltura. Ne deriva che il fabbisogno irriguo della soia, irrigata con sistemi per aspersione, per il comune di Carpiano è pari a $1.21 \frac{l}{s} * ha$.
3. Il fabbisogno irriguo complessivo dell'azienda è $15ha * 1.21 \frac{l}{s} * ha = 18.15 \frac{l}{s}$.

5. BIBLIOGRAFIA

Baroni G., Gandolfi C. Bilancio idrologico FAOPM v.2, 2009

FAO, Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56, 1998

FAO, CROPWAT 8.0

FAO, Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs, 1986

Gandolfi C. Stima di massima delle necessità idriche per la stagione irrigua 2007, 2006.

IReR. Governo dell'acqua in Lombardia verso gli standard europei, 2009.

Regione Lombardia, Ersal. Suoli e paesaggi della provincia di Milano, 2004.

Regione Lombardia, Regolamento regionale 24 marzo 2006, n.2. Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque a uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'Art. 52, comma 1, lettera c) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26.

Università degli Studi di Milano, Istituto di Idraulica agraria. Ricerca sui consumi irrigui e le tecniche di irrigazione in Lombardia, 2003.