



> Piero Santelli

IMPIANTI DI IRRIGAZIONE A GOCCIA PER LE COLTURE AGRARIE

Progettazione - Metodi - Tecniche
con 325 FILE EXCEL



- > Valutazione delle esigenze irrigue
- > Qualità, filtrazione, trasporto dell'acqua
- > Automazione e fertirrigazione
- > Progettazione e manutenzione



Dario Flaccovio Editore

Il testo vuole condurre il lettore ad una comprensione più approfondita dei numerosi aspetti coinvolti nella progettazione di un sistema irriguo a goccia, con un taglio multidisciplinare che spazia dall'idraulica all'agronomia, dal clima alla botanica, senza peraltro mai dimenticare la *"prima legge della comunicazione di Whittington"* che afferma *"quando qualcuno spiega un argomento che non ha ben capito, sarà compreso solo da chi ne sa più di lui"*. Le numerose formule presenti nel testo possono essere agevolmente risolte tramite numerosissimi applicativi in formato Excel.

L'opera è rivolta sia al progettista che all'installatore, ma grazie al suo approccio pratico e diretto, anche all'agricoltore e a chiunque a vario titolo sia interessato ad approfondire le problematiche relative all'irrigazione localizzata delle colture agrarie.

Il metodo seguito nella stesura del testo è quello top-down che, con l'obiettivo di risolvere, chiarire e inquadrare le varie problematiche relative all'irrigazione a goccia, introduce gradualmente agli argomenti cercando di collegarli: in questo modo, il lettore sa in ogni momento da dove è partito, dove si trova e dove arriverà.

Piero Santelli, è il responsabile dell'ufficio tecnico di una società multinazionale d'irrigazione. Si occupa da oltre trent'anni di progettazione e direzione lavori in ambito paesaggistico e agricolo. Da alcuni anni tiene seminari di formazione sull'irrigazione presso le principali facoltà di agraria, in Italia e all'estero. Ha sviluppato software per calcoli idraulici sulle linee gocciolanti e CAD specifici per la progettazione irrigua. Nel 2016 ha pubblicato, con l'Editore Dario Flaccovio, *"Metodi e tecniche di irrigazione del verde ornamentale"*.

1325 file Excel per la risoluzione delle formule
presenti nel testo sono scaricabili dal sito
darioflaccovio.it
scheda prodotto del libro
sezione ALLEGATI



€ 69,00

A Laura

“Piove sui nostri campi senza alcun nostro merito: per noi, senza alcuna nostra fatica si condensa sulle montagne il liquido prezioso, che per mezzo dei ruscelli e dei fiumi può in molti modi esser rivolto a nostro vantaggio, coll'irrigazione, colla navigazione interna, colle macchine idrauliche: e senza di questo dono, che sarebbe il genere umano?”.

Giovanni Virginio Schiaparelli

Piero Santelli

Impianti di irrigazione a goccia per le colture agrarie

PROGETTAZIONE - METODI - TECNICHE



Dario Flaccovio Editore

Piero Santelli

IMPIANTI DI IRRIGAZIONE A GOCCIA PER LE COLTURE AGRARIE

ISBN 9788857909127

© 2019 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

www.darioflaccovio.it

www.webintesta.it

magazine.darioflaccovio.it

eventi.darioflaccovio.it

Santelli, Piero <1961->

Impianti di irrigazione a goccia per le colture agrarie : progettazione, metodi, tecniche / Piero Santelli. - Palermo : D. Flaccovio, 2019.

ISBN 978-88-579-0912-7

1. Irrigazione a goccia.

631.7 CDD-23

SBN PAL0312921

CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Stampa: Priulla Print, Palermo, marzo 2019

I 325 file Excel per la risoluzione delle formule
presenti nel testo sono scaricabili dal sito
darioflaccovio.it
scheda prodotto del libro
sezione ALLEGATI

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

Indice

Presentazione.....	pag. 13
Introduzione	» 15
1. L'ambiente	» 19
1.1 Il clima	» 19
1.1.1 Le precipitazioni atmosferiche	» 19
1.1.2 La temperatura dell'aria.....	» 23
1.1.3 L'umidità dell'aria	» 24
1.1.4 La ventosità.....	» 25
1.1.5 L'eliofania.....	» 26
1.1.6 L'analisi climatica.....	» 27
1.1.7 Interpolazione dei dati climatici	» 30
1.2 Il terreno.....	» 31
1.2.1 La stratigrafia.....	» 31
1.2.2 La tessitura.....	» 33
1.2.3 La struttura.....	» 35
1.2.4 La porosità.....	» 37
1.2.5 L'aria tellurica.....	» 39
1.2.6 La risalita capillare	» 39
1.2.7 La velocità d'infiltrazione	» 40
1.2.8 La permeabilità	» 40
1.2.9 Il colore e l'albedo	» 41
1.2.10 Altre caratteristiche del suolo	» 42
1.2.11 L'acqua e il terreno	» 43
1.2.12 Il substrato nei vasi	» 46
1.2.13 Salinità del suolo	» 48
1.2.14 Le strategie irrigue.....	» 49
2. La stima dei fabbisogni irrigui	» 51
2.1 Le piante e l'acqua	» 51
2.1.1 Perdere acqua per raffreddarsi	» 52
2.1.2 L'acqua come nutriente.....	» 53
2.1.3 L'acqua come sostegno strutturale.....	» 54
2.2 L'apparato ipogeo.....	» 54
2.2.1 Le radici e l'irrigazione	» 58
2.3 L'apparato epigeo.....	» 59
2.3.1 Le foglie e la traspirazione	» 60
2.3.2 L'indice di area fogliare.....	» 62
2.3.3 Non tutte le foglie sono uguali	» 63

2.4	Stima dei fabbisogni irrigui.....	»	64
2.4.1	Metodologie di stima dell'evapotraspirazione	»	65
2.4.2	L'evaporazione dal terreno	»	68
2.4.3	Il coefficiente culturale	»	69
2.4.4	Le esigenze irrigue di arboree e arbustive	»	71
2.4.5	La forma e le dimensioni della chioma	»	75
2.4.6	L'esposizione	»	77
2.4.7	Influenza sull'evapotraspirazione di frangivento e pacciamatura	»	78
2.4.8	Stima del fabbisogno irriguo di picco.....	»	79
2.5	Gli apporti irrigui	»	81
2.5.1	L'irrigazione in deficit	»	83
2.5.2	I sintomi della carenza idrica.....	»	84
3.	Le fonti e la qualità dell'acqua	»	85
3.1	Fonti idriche	»	86
3.1.1	Le fonti idriche sotterranee.....	»	86
3.1.1.1	Metodi di perforazione	»	87
3.1.1.2	Misura della profondità del pozzo	»	88
3.1.1.3	Lo sviluppo del pozzo e stima della portata	»	89
3.1.1.4	Il cono d'influenza.....	»	90
3.1.1.5	Il filtro del pozzo	»	91
3.1.2	Fonti idriche di superficie.....	»	95
3.1.2.1	I laghetti	»	95
3.1.2.2	I canali	»	97
3.1.2.3	I serbatoi	»	98
3.2	La qualità dell'acqua	»	99
3.2.1	La torbidità	»	100
3.2.2	L'aggressività dell'acqua	»	101
3.2.3	L'odore.....	»	102
3.2.4	Il sapore	»	102
3.2.5	La temperatura.....	»	103
3.2.6	I solidi sedimentabili	»	103
3.2.7	Solidi in soluzione e la conducibilità elettrica.....	»	103
3.2.8	Il pH.....	»	104
3.2.9	Il calcio	»	105
3.2.10	Il ferro	»	106
3.2.11	Il manganese	»	106
3.2.12	Il sodio	»	107
3.2.13	I nitrati	»	109
3.2.14	Il boro	»	109
3.2.15	Il cloro.....	»	110
3.2.16	L'idrogeno solforato	»	110
3.2.17	L'ossigeno.....	»	111
3.2.18	Altre sostanze disciolte.....	»	111
3.2.19	Le alghe	»	112
3.2.20	I batteri.....	»	112

3.2.21	I funghi	»	113
3.2.22	I protozoi, virus ed elminti	»	114
3.2.23	Acque reflue	»	114
4.	Le basi di idraulica	»	115
4.1	La portata	»	115
4.1.1	Misurazione della portata	»	117
4.2	La pressione	»	119
4.3	La velocità.....	»	121
4.4	Il colpo d'ariete	»	123
4.5	Le perdite di carico	»	126
4.5.1	Le perdite di carico lineari.....	»	127
4.5.2	Le perdite di carico localizzate.....	»	131
4.5.3	Le uscite multiple e il coefficiente F	»	132
4.6	Il calcolo della condotta più economica.....	»	134
4.7	I circuiti idraulici.....	»	136
5.	Le pompe	»	143
5.1	Le tipologie di elettropompe	»	143
5.2	La prevalenza della pompa	»	145
5.3	La portata della pompa.....	»	147
5.4	La potenza della pompa	»	147
5.5	Il rendimento della pompa	»	148
5.6	La curva caratteristica della pompa	»	149
5.7	Gli schemi d'installazione.....	»	151
5.8	Le motopompe	»	153
5.9	Il posizionamento delle pompe	»	154
5.10	La cavitazione	»	155
5.11	Dimensionamento e caratteristiche dei locali pompe	»	157
5.12	Accessori per le pompe	»	157
5.13	L'impianto elettrico della pompa	»	160
5.13.1	Il quadro elettrico.....	»	160
5.13.2	Il cavo elettrico per l'elettropompa	»	162
5.14	Sistemi di avvio e arresto automatici	»	163
5.15	L'inverter	»	167
5.16	Le sonde	»	169
6.	Le condotte.....	»	171
6.1	Le condotte in relazione alla "posizione"	»	172
6.2	Le condotte in polietilene.....	»	173
6.2.1	La vita operativa	»	174
6.2.2	Resistenza agli agenti chimici	»	175
6.2.3	Etichettatura.....	»	175
6.2.4	La pressione nominale di esercizio (PN)	»	175
6.2.5	La resistenza minima (MRS).....	»	177
6.2.6	L'SDR.....	»	177

6.2.7	La massima depressione	» 177
6.2.8	Lo spessore delle pareti	» 178
6.2.9	La tensione di progetto	» 178
6.2.10	Riduzione del diametro in relazione al PN	» 179
6.2.11	La dilatazione termica	» 180
6.2.12	Il raggio di curvatura	» 181
6.2.13	La movimentazione	» 181
6.2.14	L'accatastamento e l'ingombro.....	» 182
6.2.15	L'immagazzinamento	» 182
6.2.16	L'ovalizzazione	» 182
6.2.17	Il taglio.....	» 184
6.2.18	Il coefficiente di scabrezza	» 185
6.2.19	L'isolamento termico	» 185
6.2.20	La lunghezza massima di traino	» 185
6.2.21	Il volume d'acqua nelle condotte.....	» 186
6.2.22	La scelta delle condotte che alimentano le linee gocciolanti.....	» 186
6.3	Le condotte in policloruro di vinile (PVC)	» 188
6.3.1	Il diametro interno	» 189
6.3.2	Il coefficiente di scabrezza	» 189
6.3.3	La dilatazione termica	» 189
6.3.4	L'ingombro	» 190
6.3.5	La movimentazione	» 190
6.4	Le condotte Flat	» 190
6.4.1	Il diametro interno	» 191
6.4.2	La dilatazione termica	» 191
6.4.3	Il coefficiente di scabrezza	» 191
6.4.4	La scelta del Flat che alimentano le linee gocciolanti	» 191
6.5	Le condotte in metallo.....	» 192
6.5.1	La corrosione	» 192
6.5.2	Il diametro interno	» 194
6.5.3	Il coefficiente di scabrezza	» 194
7. Gli scavi	» 195
7.1	Le misure degli scavi	» 197
7.2	La classificazione degli scavi.....	» 197
7.2.1	Trincea molto stretta	» 198
7.2.2	Trincea stretta	» 199
7.2.3	Trincea larga	» 200
7.2.4	Trincea molto larga.....	» 200
7.2.5	Trincea con larghezza indefinita.....	» 201
7.3	La produttività.....	» 202
7.4	Il rinterro	» 203
7.5	La superficie di reazione	» 203
8. Raccorderia, valvole e pezzi speciali	» 207
8.1	La raccorderia	» 207
8.1.1	Raccordi a compressione	» 208

8.1.2	Raccordi filettati	» 209
8.1.3	Raccordi termici	» 210
8.1.4	Raccordi tipo "Victaulic"	» 211
8.1.5	Raccordi Flat.....	» 212
8.1.6	Raccordi flangiati	» 213
8.1.7	Raccordi a connessione rapida per micro-tubi	» 213
8.1.8	Raccordi compressione per impianti a goccia	» 214
8.2	Le valvole.....	» 215
8.2.1	Valvole d'intercettazione	» 215
8.2.2	Valvole di regolazione	» 215
8.2.3	Valvole a disco.....	» 216
8.2.4	Valvole di non ritorno	» 218
8.2.5	Valvole di sicurezza od anti-colpo d'ariete.....	» 218
8.2.6	Valvole riduttrici di pressione.....	» 219
8.2.7	Micro valvole manuali.....	» 220
8.2.8	Elettro ed idro valvole	» 221
8.3	I pezzi speciali.....	» 221
8.3.1	Giunto di dilatazione ed antivibrazione.....	» 222
8.3.2	I contatori volumetrici	» 222
8.3.3	Gli sfiati d'aria.....	» 224
8.3.4	I pozzetti	» 227
8.3.5	I manometri.....	» 227
8.3.6	Limitatore di portata	» 229
8.3.7	I misuratori di portata a sezione variabile	» 229
9.	La filtrazione.....	» 231
9.1	Le unità di misura della filtrazione	» 232
9.2	La forma delle particelle	» 233
9.3	La pre-filtrazione.....	» 234
9.3.1	La sedimentazione	» 236
9.3.2	Il filtro idrociclone.....	» 238
9.3.2.1	Dimensionamento dei filtri idrociclone	» 241
9.3.2.2	Filtri desabbiatori "regolabili"	» 243
9.3.2.3	Perché c'è tanta sabbia nell'acqua?	» 244
9.3.2.4	Vita operativa dell'idrociclone	» 244
9.4	I filtri per contaminanti inorganici	» 245
9.4.1	Filtri a rete a pulizia manuale	» 245
9.4.2	Filtri a dischi a pulizia manuale.....	» 249
9.4.3	Filtri a dischi a pulizia automatica.....	» 251
9.4.4	Filtri a rete a pulizia automatica	» 252
9.4.5	Analisi economiche	» 253
9.5	I filtri per i contaminati organici	» 253
9.5.1	Descrizione del processo di filtrazione e contro lavaggio.....	» 255
9.5.2	Il materiale filtrante	» 257
9.5.3	Descrizioni del funzionamento	» 260
9.5.4	Dimensionamento del filtro a sabbia	» 262
9.5.5	Il contro lavaggio dei filtri a sabbia.....	» 265

9.5.6	Perdite di carico nei filtri a sabbia	» 268
9.5.7	Possibili problemi	» 269
9.6	I filtri di sicurezza	» 270
9.7	Il dimensionamento dei collettori per le stazioni di filtraggio	» 270
9.8	Valvole di sostegno pressione e di non ritorno per stazioni di filtraggio	» 271
9.9	La portata settoriale e la dimensione delle stazioni di filtraggio	» 272
10.	L'erogatore a goccia	» 275
10.1	Gocciolatori non auto compensanti ed auto compensanti	» 276
10.2	I parametri del gocciolatore	» 277
10.2.1	Numero di gocciolatori per pianta	» 277
10.2.2	L'uniformità costruttiva	» 279
10.2.3	L'esponente "x"	» 282
10.2.4	Sensibilità all'occlusione	» 283
10.2.5	L'uniformità di erogazione	» 284
10.3	L'uniformità applicativa	» 284
10.4	Le perdite di carico causate dai gocciolatori	» 285
10.5	La scelta della distanza tra i gocciolatori	» 286
10.5.1	La diffusione dell'acqua nel suolo	» 287
10.5.2	Volume di terreno umettato	» 289
10.6	La scelta della portata dei gocciolatori	» 290
10.7	La lunghezza delle linee gocciolanti	» 292
10.8	L'altezza del gocciolatore dal suolo	» 293
11.	I gocciolatori e le ali gocciolanti	» 295
11.1	Il tubo capillare	» 295
11.2	Il gocciolatore esterno	» 296
11.3	Le ali gocciolanti	» 299
11.3.1	La spaziatura tra i gocciolanti	» 300
11.3.2	Le perdite di carico nelle ali gocciolanti	» 300
11.3.3	La lunghezza massina delle ali gocciolanti	» 302
11.3.4	La portata dell'ala gocciolante e del settore a goccia	» 303
11.3.5	La pressione di esercizio e di scoppio delle ali gocciolanti	» 304
11.3.6	Il braccio di compensazione della dilatazione termica	» 304
11.3.7	Gli ancoraggi delle ali gocciolanti	» 306
11.3.8	Tube di partenza senza gocciolatori per ali gocciolanti	» 307
11.4	Gli anelli gocciolanti	» 308
11.5	La sub irrigazione	» 309
11.5.1	Il rischio suzione e occlusione radicale	» 312
11.5.2	Iniezione aria negli impianti SDI	» 313
11.6	Vantaggi e svantaggi delle linee gocciolanti esterne od interrato	» 314
11.7	Considerazioni economiche in merito alla scelta del diametro dell'ala	» 314
12.	Le manichette	» 317
12.1	L'installazione della manichetta	» 318
12.2	La pressione di esercizio nelle manichette	» 321

12.3	La scelta del diametro delle manichette	» 322
12.4	La distanza tra i gocciolatori nelle manichette.....	» 323
12.5	La portata delle manichette	» 324
12.6	Perdita di carico nelle manichette	» 325
12.7	Le distanze tra le manichette.....	» 328
12.8	Dimensionamento del collettore di alimentazione delle manichette.....	» 330
12.9	I dislivelli altimetrici e l'uniformità di distribuzione.....	» 331
12.10	Le manichette interrate.....	» 335
12.11	Esempi di schemi d'impianto con manichetta	» 335
12.12	Analisi economiche sulle manichette.....	» 340
13.	La progettazione	» 341
13.1	Il sopralluogo	» 341
13.2	Rilievo planimetrico ed altimetrico.....	» 342
13.3	Il tracciato della condotta principale	» 344
13.4	Il collettore	» 346
13.5	Il processo progettuale	» 348
13.6	I collettori in pendenza.....	» 362
13.7	Differenze di pressione ed ottimizzazione della portata	» 364
13.8	Valutazioni sulla portata e sulle aree irrigabili.....	» 365
14.	L'automazione	» 367
14.1	Il programmatore	» 367
14.1.1	Programmi irrigui	» 369
14.1.2	Tempo di apertura di un settore irriguo	» 370
14.1.3	Partenze	» 371
14.1.4	Calendario irriguo.....	» 371
14.1.5	Water budget.....	» 371
14.1.6	Potenza del programmatore	» 371
14.1.7	Alimentazione elettrica.....	» 372
14.1.8	Comando pompa e master valve.....	» 372
14.1.9	Memoria del programmatore	» 373
14.1.10	Ritardo tra le stazioni.....	» 373
14.1.11	Installazione del programmatore	» 374
14.2	L'elettrovalvola	» 375
14.2.1	Le valvole a comando idraulico.....	» 376
14.2.2	Il solenoide	» 377
14.2.3	Scelta e dimensionamento dell'elettrovalvola.....	» 379
14.2.4	Funzionamento dell'elettrovalvola.....	» 381
14.2.5	Dislocazione delle elettrovalvole.....	» 384
14.2.6	Utilizzo dell'elettrovalvola come riduttore di pressione	» 385
14.3	L'impianto elettrico.....	» 386
14.3.1	Cavo elettrico per sistemi a 24 volt	» 386
14.3.2	Cavo elettrico per sistemi mono cavo.....	» 390
14.3.3	Cavo elettrico nei sistemi a batteria.....	» 392
14.3.4	Connessioni stagne	» 392
14.3.5	Cavidotti corrugati.....	» 394

14.4	Le apparecchiature accessorie.....	»	395
14.4.1	Sensore pioggia.....	»	395
14.4.2	Sonde umidità del terreno.....	»	396
14.5	Il rischio fulmini.....	»	399
15.	La fertirrigazione	»	401
15.1	Le soluzioni fertilizzanti	»	401
15.2	Apparecchiature per la fertirrigazione	»	402
15.2.1	Fertirrigare tramite la condotta di aspirazione della pompa	»	403
15.2.2	Fertirrigazione tramite contenitore in pressione.....	»	403
15.2.3	Sistema Venturi.....	»	404
15.2.4	Sistema tipo “Dosatron”.....	»	405
15.2.5	Sistema tipo “Amiad”.....	»	407
15.2.6	Sistema con pompa elettrica.....	»	407
15.3	I depositi salini.....	»	408
15.4	Effetto dei macro-elementi sul fabbisogno irriguo	»	408
16.	La pulizia delle linee gocciolanti	»	409
16.1	Gli ossidanti	»	409
16.1.1	L’ipoclorito di sodio	»	410
16.1.2	Il perossido d’idrogeno.....	»	410
16.1.3	Il permanganato di potassio.....	»	411
16.2	Gli acidi.....	»	412
16.3	Spurgo delle linee gocciolanti.....	»	413
17.	Documentazione allegata	»	419
Allegato I	Esempio di raccolta dati “analisi ambientali”	»	419
Allegato II	Costruire un pluviometro	»	420
Allegato III	Elenco delle città - dati climatici.....	»	421
Allegato IV	Protocollo prelievo campione di suolo.....	»	422
Allegato V	Metodi empirici per la determinazione del tipo di suolo	»	424
Allegato VI	Determinazione sperimentale della velocità di infiltrazione.....	»	427
Allegato VII	Elenco colture acqua facilmente utilizzabile.....	»	427
Allegato VIII	Elenco delle colture Kc	»	427
Allegato I	Modalità di prelievo del campione d’acqua	»	429
Allegato X	Conservazione del campione d’acqua da analizzare.....	»	430
Allegato XI	Parametri di qualità delle acque ad uso irriguo.....	»	431
Allegato XII	Resistenza (PE) 20 °C	»	432
Allegato XIII	Resistenza (PVC) 20°C.....	»	434
Allegato XIV	Questionario rilevamento informazioni	»	436
Allegato XV	Valutazione della qualità progettuale	»	439
Allegato XVI	I coefficienti di uniformità	»	439
Allegato XVII	Elenco dei file Excel	»	441
	Bibliografia e sitografia.....	»	446

Presentazione

Questo nuovo libro sull'irrigazione è scritto da un tecnico preparato e generoso, che non ha problemi a condividere il suo sapere e la sua esperienza con il lettore.

Gli argomenti sono affrontati e sviluppati in modo completo, esaustivo, semplice ma professionale e leggendolo mi sembra di essere ad una delle lezioni dell'autore, dove con passione vengono spiegati i concetti di idraulica e di agronomia che solo pochi sanno fare così bene.

La struttura del libro è come se prendesse per mano il lettore e lo accompagnasse a scorrere i vari argomenti tecnici, a volte piuttosto complessi, ma resi compressibili anche grazie a immagini, grafici, tabelle ed esempi applicativi.

Ma questo che state per leggere non è solo un libro, ma anche un formidabile strumento di lavoro, dal sito dell'Editore sono infatti scaricabili più di 300 applicativi Excel in grado di risolvere rapidamente e con semplicità molti quesiti tecnici.

Un testo indicato solo per chi fa progettazione? Sì, ma non solo, in quanto risulta utile anche per l'agricoltore che vuole capire come è fatto, come funziona e come va mantenuto in efficienza il suo impianto irriguo.

In questo secondo libro dedicato all'irrigazione, l'autore mi ha dato un'ulteriore conferma delle sue competenze, trasmesse con professionalità.

Silvio Fritegotto

Consulente per la fertirrigazione

Libero professionista

Dopo tanti corsi di formazione per tecnici e un'intensa attività progettuale nel settore dell'irrigazione era giunto il momento che l'ottimo Piero Santelli raccogliesse in un testo le conoscenze tecniche e la sua esperienza pratica per una corretta progettazione degli impianti d'irrigazione a goccia delle colture agrarie.

Nel testo nulla è lasciato al caso ed i numerosi concetti di agrometrologia, agronomia, idraulica, progettazione e impiantistica sono sapientemente presentati in modo da permettere al lettore la comprensione delle nozioni necessarie per fornire in modo efficiente l'acqua alle colture.

Il lettore avrà modo di apprezzare la capacità dell'Autore di comunicare in modo semplice concetti anche complessi e soprattutto la ricchezza dei particolari che solo uno spirito curioso e generoso come quello di Piero Santelli ha saputo cogliere e trasmettere.

Giuseppe Colla

*Professore di Orticoltura e Floricoltura
presso l'Università degli Studi della Toscana*

Introduzione

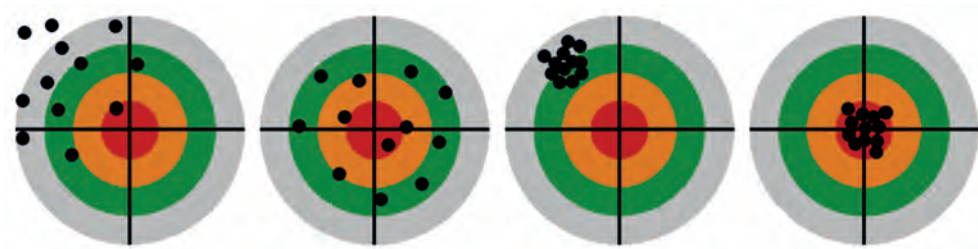
L'irrigazione localizzata è, se correttamente progettata, capace di raggiungere una elevatissima uniformità di distribuzione dell'acqua inarrivabile dagli altri sistemi irrigui, consentendo sostanziali riduzioni degli sprechi, grazie alle modeste ma frequenti irrigazioni attraverso erogatori a bassa portata funzionanti a bassa pressione ed installati in prossimità dell'apparato radicale delle piante.

La bassa pressione di esercizio, fa sì che non siano necessarie pompe ad elevata prevalenza e questo si traduce in una sensibile riduzione dei costi relativi all'energia, mentre le basse portate permettono di ridurre la dimensione delle condotte e delle apparecchiature e quindi i costi d'impianto. Inoltre, il modesto volume di terreno bagnato dall'impianto a goccia, localizzato sulla fila senza interessare l'interfila, limita lo sviluppo delle erbe infestanti e, l'apparato epigeo rimanendo asciutto risulta meno suscettibile agli attacchi fungini con conseguente riduzione del numero di trattamenti anticrittogamici. Infine, la possibilità di rendere questo tipo d'impianto altamente automatizzato riduce i costi della manodopera a quella necessaria al solo controllo del corretto funzionamento dell'impianto stesso.

Tutto positivo quindi? Non proprio, date le modeste portate erogate dai gocciolatori, il rischio che si occludano è sempre molto alto e pertanto sono necessari importanti e talvolta costosi sistemi di trattamento delle acque irrigue e, se è pur vero che le basse portate in gioco consentono una riduzione dei diametri delle condotte, è altrettanto vero che, dovendo veicolare l'acqua fino alla singola pianta, lo sviluppo della rete di distribuzione risulta estremamente elevato e questo incide sul costo dell'impianto.

Per progettare un impianto di irrigazione a goccia è necessario rispondere alla apparente semplice domanda "*quant'acqua dovrà fornire?*", cosa che, come vedremo, non è così facile come potrebbe sembrare.

Il processo progettuale prevede inoltre una scomposizione del "problema" in elementi tra loro collegati; richiede che siano fatte delle scelte; esige una costante attenzione ai dettagli senza perdere la visione d'insieme. Tutto ciò consentirà la realizzazione di un'opera irrigua precisa, accurata, economica, efficiente, funzionale e semplice da realizzare e da gestire (*fig. 1*).



Poco preciso e poco accurato – Poco preciso ma accurato – Preciso ma non accurato – Preciso ed accurato

Fig. 1 – Obiettivo

Un gran lavoro ci attende anche solo per il corretto dimensionamento dell'impianto, ma non farlo comporta due rischi. Il primo è un sottodimensionamento dell'impianto che non sarà in grado di fronteggiare le emergenze irrigue; il secondo rischio è il sovradimensionamento dell'impianto irriguo: tubi, pompe, filtri più grandi di quel che servirebbe (per la gioia di chi li vende), che rischierebbe di trasformare l'opera da strumento per incrementare il reddito dell'agricoltore, a mezzo per prosciugarlo. È fondamentale quindi raccogliere informazioni, fare domande all'agricoltore, chiedere il perché di certe sue richieste, senza avere la fretta di concludere e senza farsi prendere da una falsa "voglia di concretezza" o dall'ansia di concludere. Mai come in quest'ambito la fretta è cattiva consigliera. Si deve procedere un passo alla volta, senza tentare di dare immediatamente tutte le risposte a tutte le domande e ancor peggio, pensare che ignorando i problemi, questi magicamente scompaiano. Come per una casa, le fondazioni sono la base su cui grava tutto il peso dell'edificio, così le informazioni sono la base su cui poggia la buona progettazione dell'impianto d'irrigazione.

Il testo parte dall'analisi ambientale nella quale si esaminano gli aspetti riguardanti il clima ed il suolo, ovvero l'ambiente nel quale vivono le colture che desideriamo irrigare e prosegue con il capitolo che tratta le specifiche esigenze irrigue delle colture nell'ambiente in esame.

Il primo fondamentale passo è fatto, ora sappiamo quanta acqua dovrà erogare nel periodo più critico il nostro futuro impianto irriguo ed ovviamente, se sarà in grado di far ciò, sarà anche in grado di fornire la giusta quantità di acqua anche nei periodi in cui le esigenze irrigue colturali dovessero risultare più modeste.

Non ci resta che portare l'acqua alle piante, ma prima dobbiamo sapere qual è la fonte di approvvigionamento e se l'acqua è idonea all'utilizzo irriguo: tutti argomenti trattati nel capitolo "Le fonti e la qualità dell'acqua".

Per proseguire nella progettazione è necessario possedere una conoscenza dell'idraulica, e qui le cose si complicano. "È più facile studiare il moto di corpi celesti infinitamente

lontani che quello del ruscello che scorre ai nostri piedi” diceva Galileo Galilei. Niente paura, nel capitolo 4 “*Le basi di idraulica*” saranno esaminati, nella maniera più chiara e semplice possibile, solo e soltanto quegli aspetti dell’idraulica che maggiormente ci interessano.

Quindi, forti delle acquisite competenze idrauliche, possiamo affrontare il successivo problema, ovvero come spingere l’acqua dalla fonte fino alle piante o, in altri termini, determinare quanto dovrà essere potente la pompa. Nel capitolo 5 “*Le pompe*”, troveremo tutti gli elementi necessari per risolvere il problema e proseguire nel nostro processo progettuale.

Ci avviciniamo, un passo dopo l’altro, al nostro obiettivo finale, ovvero fornire l’acqua alle colture. Per far ciò sarà necessario trasportare l’acqua dalla fonte sino alle colture attraverso una rete di tubi, le cui caratteristiche saranno esaminate nel capitolo 6 “*Le condotte*”, mentre le modalità di interrimento delle condotte saranno trattate nel capitolo successivo, “*Gli scavi*”.

Ma parlare delle condotte e degli scavi non è sufficiente; per realizzare l’opera irrigua è necessaria una serie numerosa di componenti, trattati nel capitolo 8 “*Raccordi, valvole e pezzi speciali*”.

Dato che l’impianto che desideriamo progettare è caratterizzato da micro-portate (goccia), il rischio che si verifichino occlusioni degli erogatori è elevatissimo e l’acqua deve obbligatoriamente essere preventivamente trattata da un sistema di filtrazione che sia in grado di scongiurare l’intasamento dei gocciolatori. La filtrazione è per sua natura un’attività complessa ed è per questo che il capitolo 9 “*La filtrazione*” risulta essere uno dei più lunghi dell’intero libro.

Superato lo scoglio della filtrazione, dobbiamo ora affrontare l’apparecchiatura caratteristica di ogni impianto a micro-portate, ovvero il gocciolatore, trattato in termini generali nel capitolo 10 “*L’erogatore a goccia*”. I successivi capitoli si occupano dei due sistemi a goccia più diffusi, i gocciolatori e le ali gocciolanti nel capitolo 11 e le manichette nel capitolo 12.

Possiamo passare ora al capitolo 13 “*La progettazione*”. Questa attività, lungi da essere un solo esercizio di tecnica, comporta e richiede una notevole capacità di visione d’insieme che permette di scegliere tra innumerevoli soluzioni possibili, non quella migliore, ma la migliore per questo e solo questo specifico impianto irriguo. Non solo tecnica idraulica quindi ma anche, ad esempio, semplicità d’installazione, facilità di gestione, sicurezza e solidità dell’impianto, con una particolare attenzione agli aspetti economici, sia in termini di costo dell’opera che di costo di gestione. Se è pur vero che l’obiettivo dell’impianto è quello di fornire acqua alle piante, è altrettanto vero che l’impianto deve

raggiungere questo obiettivo con il minor costo possibile. È evidente infatti che l'incremento del reddito che l'agricoltore può conseguire con l'adozione dell'irrigazione a goccia non può e non deve mai essere vanificato dal costo dell'impianto.

Dopo la progettazione il testo si occupa degli aspetti relativi al funzionamento automatico dell'impianto irriguo nel capitolo 14 "*L'automazione*" e la possibilità di veicolare sostanze nutritive nel capitolo 15 "*La fertirrigazione*".

Infine, il capitolo 16 "*La gestione e la manutenzione*" fornisce indicazioni sulle procedure e metodologie di mantenimento dell'impianto che garantiscono una lunga vita all'opera irrigua.

Nel testo sono presenti più di 400 tra immagini, grafici e tabelle che spero renderanno la lettura più chiara e piacevole, decine di esempi ma anche numerose equazioni, che, secondo il parere di molti editori, hanno il potere di dimezzare il volume delle vendite. Per evitare ciò, ma anche e soprattutto per facilitare il compito del progettista irriguo, sono scaricabili nella sezione allegati del sito darioflaccovio.it, più di 300 file .xls, che nel testo sono indicati con una numerazione racchiusa tra due parentesi quadre.

Buona lettura

1. L'ambiente

La progettazione di un impianto di irrigazione a goccia deve partire dall'esame dei parametri ambientali in cui l'impianto dovrà operare. In particolare, il clima, per le evidenti ripercussioni che questo ha sul fabbisogno irriguo colturale, ed il suolo, per una valutazione sia della quantità di acqua in esso accumulabile che della capacità di diffusione dell'acqua dal punto di gocciolamento. Queste valutazioni preliminari, importanti per qualsiasi metodologia irrigua, lo sono ancora di più allorché si intenda realizzare un impianto a goccia, che per sua natura è in grado di restituire frequenti ma modesti quantitativi di acqua. In altri termini, l'impianto a goccia andrà in crisi se i fabbisogni irrigui giornalieri dovessero risultare superiori, per un numero considerevole di giorni, alla capacità di restituzione idrica giornaliera dell'impianto irriguo.

I dati rilevati dall'analisi ambientale (nel Cap. 17, allegato I, è riportata un'utile scheda di raccolta dati) saranno poi utilizzati per la stima dei fabbisogni irrigui di picco, i quali a loro volta consentiranno un corretto dimensionamento delle varie componenti dell'impianto d'irrigazione.

1.1. Il clima

I parametri ambientali presi in esame sono i seguenti: precipitazioni atmosferiche; temperatura dell'aria; umidità relativa dell'aria; velocità del vento e ore di insolazione. Inoltre, al termine del capitolo saranno esaminati i vari indici di valutazione climatica, termoudogramma e indici di aridità, infine sarà illustrata la procedura di interpolazione dei dati climatici.

1.1.1. Le precipitazioni atmosferiche

L'irrigazione, al fine di garantire produzioni abbondanti e di qualità, deve solo integrare gli apporti di acqua dovuti alle piogge¹, che escludendo la risalita da falda, rappresentano l'unica componente positiva all'interno del bilancio idrogeologico. A causa dei cambiamenti climatici, la quantità di precipitazioni sta subendo importanti variazioni, anche nell'ordine del $\pm 50\%$. (fig. 1.1 e 1.2).

¹ Il luogo più piovoso della terra si trova probabilmente in India, dove nel luglio 1861, nella città di Cherrapunji, le precipitazioni raggiunsero la cifra record di 9.300 mm/anno, mentre il valore di precipitazione minimo si ha in Cile nel deserto di Atacama dove i pluviometri registrano una media di soli 7 mm/anno.



Fig. 1.1 – Grado di siccità in Sicilia

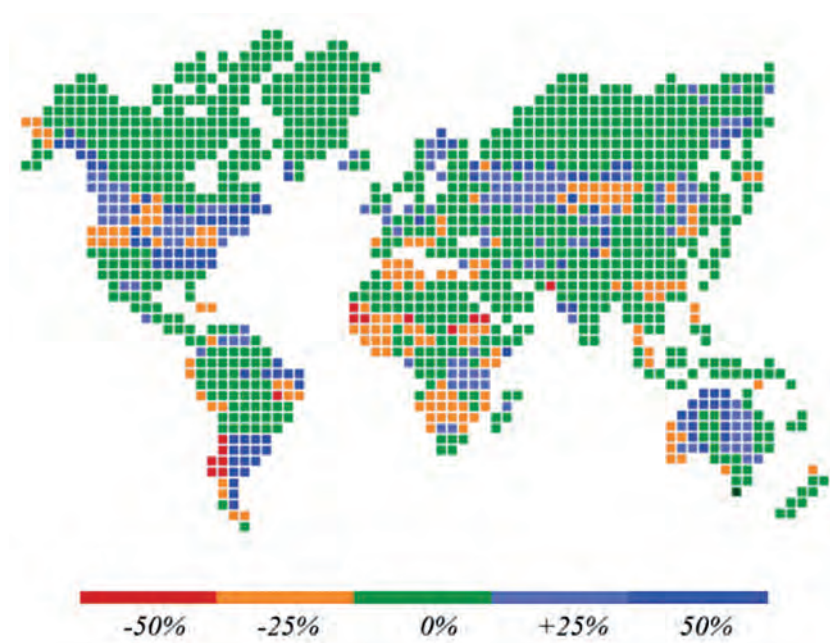


Fig. 1.2 – Variazione delle precipitazioni atmosferiche

Non piove ovviamente meno a livello mondiale, anzi, l'aumento delle temperature medie innalza i valori di evaporazione aumentando quindi le piogge: piove semplicemente in luoghi diversi². In alcune aree del pianeta si verificano inattese precipitazioni, mentre in altre le precipitazioni tendono a ridursi o come talvolta capita, si concentrano in eventi piovosi estremi. Quindi, la mappa del mondo riportata in figura 1.3 che ci illustra le aree geografiche attualmente a rischio siccità, dovrà, a causa dei mutamenti climatici in corso, essere aggiornata con una certa frequenza.

² Queste variazioni hanno portato a considerare, per determinare la media delle precipitazioni, solo gli ultimi 20 anni e non più 30 anni come fatto in precedenza.

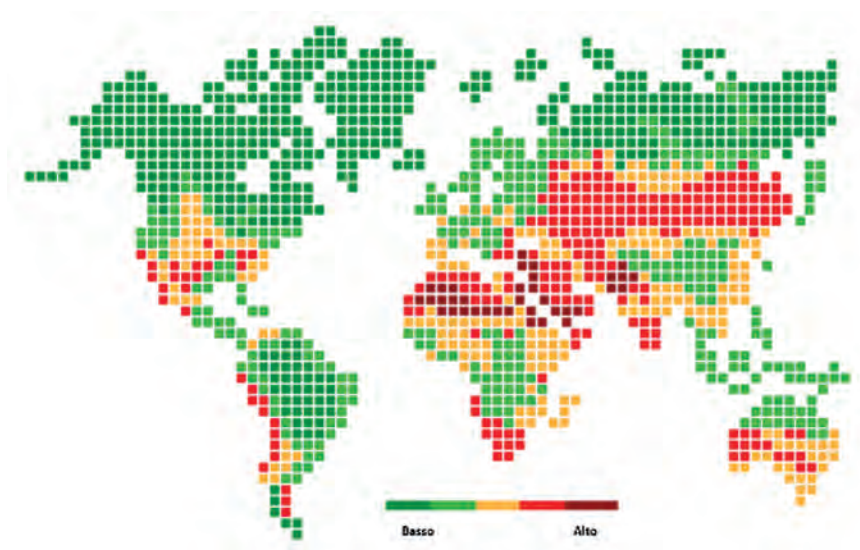


Fig. 1.3 – Rischio siccità

Il valore di precipitazione atmosferica più facilmente reperibile è quello riferito alle precipitazioni annuali (*fig. 1.4*). Tuttavia, sapere che, ad esempio a Palermo, cadono meno di 500 mm di pioggia ogni anno è di scarso interesse in quanto non ci dice in che modo queste precipitazioni sono distribuite. Quello che in realtà ci serve sapere, per il dimensionamento dell'impianto irriguo, è quanto piove nel mese meno piovoso e se in questo mese sono in atto colture.

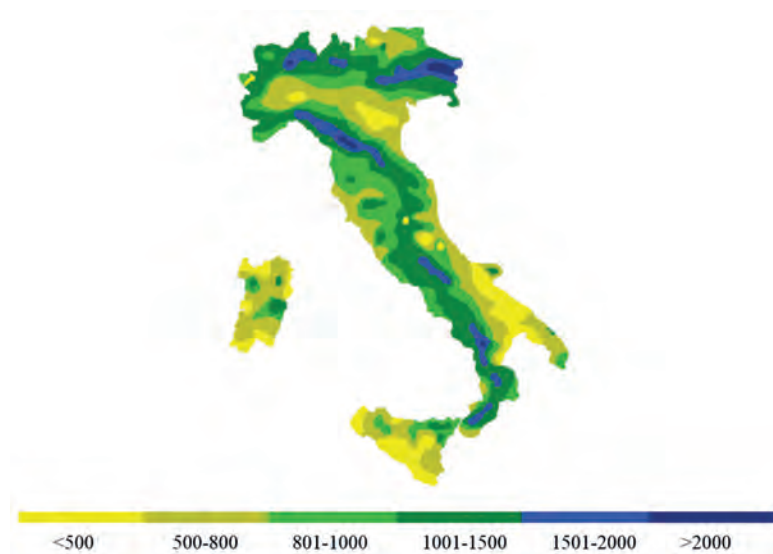


Fig. 1.4 – Precipitazioni medie annue in Italia (mm)

Ciononostante, la conoscenza di questo elemento non è sufficiente, infatti, non tutta la pioggia può essere considerata utile per le colture. Precipitazioni di modesta entità evaporano prima di aver raggiunto gli strati di suolo interessati dall'apparato radicale, mentre, nel caso di eventi piovosi intensi, molta dell'acqua è persa per ruscellamento. La quantità di pioggia utile può essere ottenuta moltiplicando la quantità di pioggia complessiva per un coefficiente che può variare da 0,90 a 0,50 in relazione all'intensità delle precipitazioni, alla pendenza ed alla velocità di infiltrazione del suolo. In genere si considera corretto un coefficiente correttivo di 0,7 per cui i 500 mm di Palermo si riducono a 314 mm/a.

Esempio 1.1

Se le precipitazioni nel mese di luglio ammontano mediamente a 70 mm, quanti di questi possono essere considerati utili per le colture?

La quantità di pioggia efficace nel mese di luglio, applicando un coefficiente di pioggia utile di 0,75 è data da $(70 \times 0,75) = 52,5$ mm

La quantità di pioggia caduta è misurata in millimetri per metro quadro (pari a litri per metro quadro) tramite due strumenti specifici: i pluviometri misurano i millimetri di pioggia, mentre i pluviografi misurano i millimetri di pioggia e ne registrano i valori nell'arco temporale considerato (fig. 1.5).

Il pluviometro è uno strumento semplice ed economico, che può essere facilmente costruito seguendo le indicazioni riportate nell'allegato II mentre per la valutazione dei dati rilevati si può impiegare il file [001], il quale ci fornisce il valore di precipitazione in millimetri in relazione all'unità di misura del rilevamento ed alle dimensioni della vasca di raccolta.

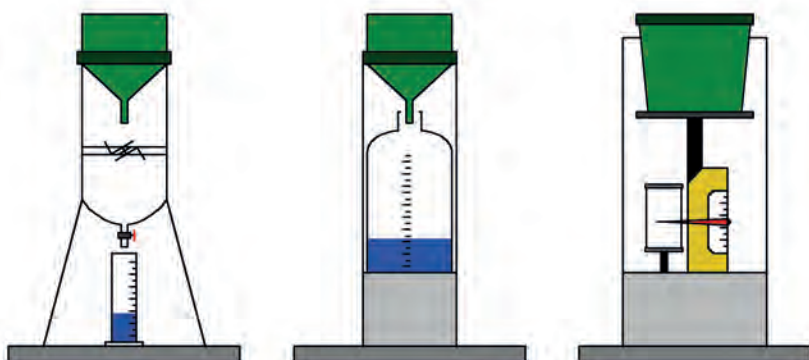


Fig. 1.5 – Pluviometri e pluviografi

Le precipitazioni atmosferiche non sono per nulla uniformi come si è portati in prima approssimazione a credere; a titolo d'esempio, la mappa pluviometrica della città di Roma evidenzia valori che oscillano da 300 a 700 mm/a (fig. 1.6).



Fig. 1.6 – Precipitazioni medie annue Roma (mm)

Dato che questa diversità è presente anche in aree molto ridotte (aziendali), possiamo ben valutare quanto i valori rilevati dai pluviometri siano da considerarsi indicativi. Di fatto, sarebbe meglio disporre di più pluviometri economici dislocati nell'area aziendale, creando così una rete di rilevamento, piuttosto che un solo costoso strumento. Pertanto, nelle medie e grandi aziende, risulta consigliata l'installazione di una o più stazioni di rilevamento meteo automatizzate, in grado di inviare ad un personal computer i dati relativi alle precipitazioni, oltre che altre informazioni climatiche, come temperatura, velocità del vento, ore di sole.

I risultati dei rilevamenti giornalieri delle stazioni meteo possono esserci utili per la gestione dell'impianto irriguo, mentre i valori archiviati per anni, se disponibili, possono fornire al progettista irriguo quelle informazioni utili per il dimensionamento corretto dell'impianto di irrigazione³.

1.1.2. La temperatura dell'aria

Un altro parametro climatico necessario ai fini progettuali è l'andamento delle temperature⁴ dell'aria durante la stagione irrigua, in quanto influenza sia l'evaporazione dell'acqua dal suolo che la traspirazione dalle piante. L'intervallo temporale dei rilevamenti delle temperature è normalmente giornaliero, ma per le nostre valutazioni climatiche risultano più interessanti, i valori medi riferiti ad una decade o ad un mese, e tale valore di temperatura va moltiplicato per il coefficiente T (1,10 – 1,15) per tener conto dei futuri possibili cambiamenti climatici. La percezione da parte delle persone della temperatura e le ripercussioni di tale percezione sull'entità degli apporti irrigui può trarre in inganno ed affermazioni del tipo “*se sento io caldo ed ho sete anche le piante sentiranno caldo ed avranno sete*” pos-

³ L'unità di misura delle precipitazioni atmosferiche è il millimetro per metro quadro; in base alla durata del rilevamento (ore/giorno/mese/anno) si potranno avere mm/h, mm/gg, mm/mese e mm/a. I millimetri per metro quadro corrispondono a litri per metro quadro, quindi dire 10 mm/gg, oppure 10 litri per metro quadro al giorno è in pratica la stessa cosa.

⁴ Lo scienziato Santorio Santorio nel 1612 aggiunse una scala al termoscopio di Galileo Galilei, realizzando di fatto il termometro così come lo conosciamo oggi. La temperatura più alta mai registrata è di 56,7 °C, misurata il 10 luglio 1913 a Furnace Creek nella Valle della Morte in California, mentre il record relativo alla temperatura minima appartiene ad un'area chiamata East Antarctic Plateau, in Antartide, dove il 10 agosto del 2010 il termometro ha segnato -93,2 °C.

sono indurre ad apporti irrigui ingiustificati a causa delle notevoli differenze esistenti tra noi e le piante. Infatti, mentre una calda ma asciutta giornata estiva per noi può essere piacevole, soprattutto se ci troviamo sdraiati all'ombra di un pergolato di vite con una bibita fresca in mano, non lo è per la pianta che ci sta fornendo l'ombra, non solo perché esposta al sole ma anche perché l'umidità dell'aria è bassa cosa che determina un incremento della sua traspirazione. Per chiarire meglio il fenomeno ho preso spunto dalle tabelle relative alla temperatura percepita dalle persone, tabella che correla temperatura e umidità per definire lo stato di disagio percepito ed ho elaborato un'analogia tabella relativa al disagio sopportato dalle piante. (fig. 1.7). Ma il solo valore di temperatura non basta, deve essere correlato all'umidità dell'aria se vogliamo stimare le perdite per evapotraspirazione.

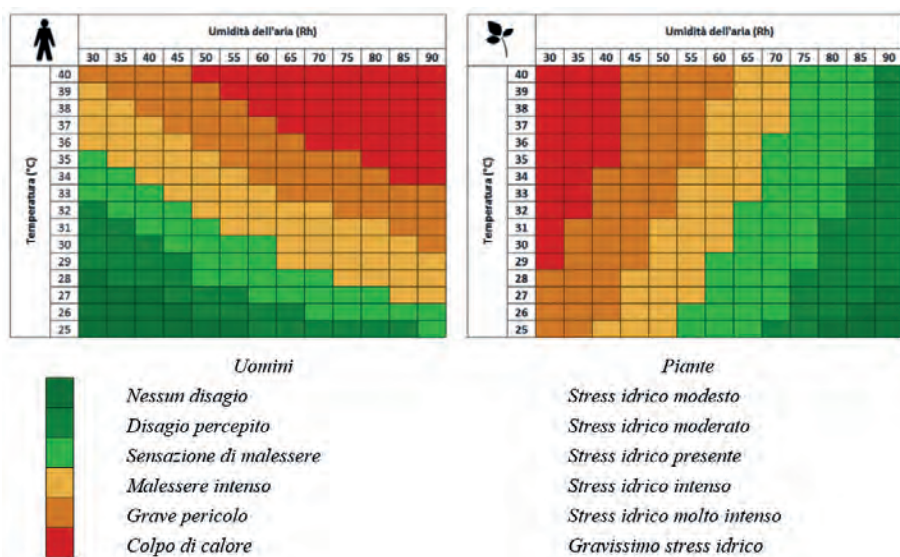


Fig. 1.7 – Temperatura percepita

1.1.3. L'umidità dell'aria

L'umidità relativa dell'aria è rilevata attraverso gli igrometri⁵. Questi strumenti che possono essere economici o estremamente costosi e la cui scelta, oltre che sulla base delle disponibilità finanziarie, va sempre eseguita tenendo conto degli scopi e delle dimensioni aziendali. Gli igrometri sono generalmente posti a 2 metri dal suolo e pertanto leggono il valore di umidità relativa presente a quella determinata altezza nel momento in cui avviene il rilevamento. Qualora si volesse stimare l'umidità relativa ad un'ora diversa del giorno o ad un'altezza diversa dal suolo, è possibile impiegare il file [002]. Una curiosità: esiste un particolare tipo di igrometro, detto igrometro a capello, inventato nel 1760 da *Horace-Bénédict de*

⁵ Leonardo da Vinci si interessò alla misura dell'umidità dell'aria impiegando bambagia (materiale igroscopico) ed una bilancia comparativa.

Saussure che consente di valutare, attraverso l'allungamento o accorciamento dei capelli umani posti all'interno dello strumento, il grado di umidità dell'aria (fig. 1.8). I capelli migliori per la rilevazione dell'umidità sono quelli femminili, biondo nordico, lunghi e lisci.

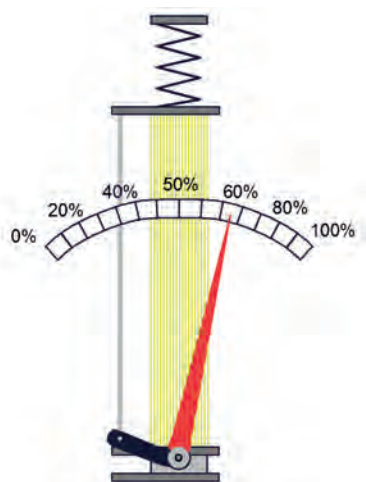


Fig. 1.8 – Igrometro a capello

1.1.4. La ventosità

Un altro importante parametro climatico è la velocità del vento⁶, in quanto maggiore sarà la ventosità maggiore risulterà essere l'evapotraspirazione. Nelle stazioni meteo agricole l'altezza standard alla quale collocare lo strumento per la misura della velocità del vento (anemometro) è a 2 metri dal suolo, per cui se il valore rilevato di velocità del vento proviene da un anemometro collocato ad un'altezza diversa, questo deve essere riportato a quel che si sarebbe ottenuto se lo strumento fosse stato collocato a 2 metri dal suolo.

Per la normalizzazione dei valori di velocità del vento rilevati ad altezze diverse da 2 metri, possiamo impiegare l'equazione (1.1) [003]:

$$V_n = V_{hm} \left(\frac{h}{H_n} \right)^a \quad (1.1)$$

Dove:

V_n = velocità del vento all'altezza standard (m/s)

V_{hm} = velocità del vento nota all'altezza del rilevamento (m/s)

⁶ Il valore record di ventosità è stato registrato il 12 aprile 1934 sulla vetta del Mount Washington, nel New Hampshire (USA), dove si è rilevata la massima velocità del vento, pari a 372 km/h.

H_n = altezza del rilevamento (m)

h = altezza standard (2 m)

e = coefficiente rugosità del suolo

Coefficiente di rugosità del suolo (e): 0,12 aree aperte, pianeggianti | 0,16 terreno agricolo recintato, case ed alberi | 0,22 aree industriali, foreste | 0,27 aree mediamente urbanizzate | 0,60 aree urbanizzate.

Esempio 1.2

Se la velocità del vento, rilevata da un sensore a 10 metri dal suolo, è di 17 km/h quale sarà la velocità del vento (normalizzata) a 2 metri dal suolo?

Si trasforma la velocità da km/h a m/s (17×1000) / 3600 = 4,722. Tenendo conto di un coefficiente di rugosità del suolo di 0,16, dal file [003] si ricava che la velocità a 2 metri può essere stimata in 13 km/h.

Per avere un parametro di riferimento della velocità del vento, in assenza di sensori, si possono osservare gli effetti del vento sulla vegetazione e valutare l'intensità tramite la *Scala Beaufort*, la quale, nata per scopi nautici, in seguito è stata riadattata per una valutazione visiva dell'intensità del vento sul suolo.

Per una rapida determinazione della velocità del vento rilevata con la *Beaufort* è disponibile il file [004].

L'intensità, per essere classificata in questa scala empirica, deve avere una durata non inferiore a 10 minuti, quindi questa scala non tiene conto delle raffiche di vento.

Esempio 1.3

Non disponendo di un anemometro si desidera stimare la velocità del vento basandosi sull'osservazione degli effetti del vento sulla vegetazione: "i piccoli rami e le foglie sono in movimento, ma non si solleva polvere dal terreno".

Dal file [004] ricavo che la velocità a 10 metri può essere stimata in 15,6 km/h, pari a 4,3 m/s. Tramite il file [003] ricavo che la velocità del vento a 2 metri dal suolo è stimabile in 12 km/h.

1.1.5. L'eliofania

L'eliofania è la misura delle ore di insolazione al giorno; il suo valore influenza l'evapotraspirazione ed è quindi di grande interesse per la stima dei fabbisogni irrigui delle colture agrarie. In figura 1.9 è riportata la mappa in falsi colori relativa alle ore di sole in Italia nel periodo da aprile a settembre.



Fig. 1.9 – Eliofania aprile/settembre

1.1.6. L'analisi climatica

Reperire informazioni attendibili e dettagliate sulle precipitazioni non è sempre semplice; alcune grandi aziende agricole si sono dotate anni fa di stazioni meteo e possono quindi fornire dati molto precisi, in quanto riferiti ai valori di precipitazione locali, ma questo scenario è estremamente raro. In alternativa, i valori delle precipitazioni medie possono essere facilmente reperiti in rete, ad esempio sul sito <http://www.weatherbase.com>, ma ovviamente il grado di precisione a livello locale si riduce. Per ottenere i dati climatici delle principali città italiane (Cap. 17, allegato III) si può impiegare il file [005], che fornisce un quadro esaustivo del clima tramite informazioni relative alle temperature, all'umidità dell'aria, alla velocità ed alle ore di sole. Oltre che dati di tipo numerico, esistono e sono riportati di seguito alcuni indici di aridità che, sulla base dei dati climatici, possono fornire un'interessante indicazione di carattere generale al progettista irriguo.

Il primo è l'indice di aridità di De Martonne che si ricava dall'equazione (1.2) [006]:

$$IA_{DM} = \frac{P}{T + 10} \quad (1.2)$$

Dove:

IA_{DM} = indice di aridità di De Martonne

P = precipitazioni medie annuali (mm)

T = temperatura media annuale (°C)

Classificazione sulla base dell'indice di aridità di De Martonne: < 5 Senza l'irrigazione non è possibile alcuna coltura | da 5 a 10 irrigazione necessaria per la maggior parte delle colture | da 11 a 20 irrigazione utile per la maggior parte delle colture | da 20 a 30 irrigazione utile per le colture più esigenti | > 30 irrigazione di soccorso per le colture più esigenti.

Un altro utile indice di stress idrico è quello proposto da Mitrakos; che definisce l'intensità e la durata dello stress dovuto all'aridità (valori >50 indicano uno stress idrico) sulla base dei dati pluviometrici dei mesi di giugno, luglio ed agosto, tramite l'equazione (1.3) [007]:

$$IA_M = 2 \left(50 - \left(\frac{P_6 + P_7 + P_8}{3} \right) \right) \quad (1.3)$$

Dove:

IA_M = indice di Mitrakos

P_6 = precipitazioni medie mese giugno (mm)

P_7 = precipitazioni medie mese luglio (mm)

P_8 = precipitazioni medie mese agosto (mm)

L'indice bioclimatico di aridità adottato dalla FAO mette in relazione le precipitazioni annue con l'evapotraspirazione annua, attraverso l'equazione (1.4) [008]:

$$IA_{FAO} = \frac{P_a}{ETP_a} \quad (1.4)$$

Dove:

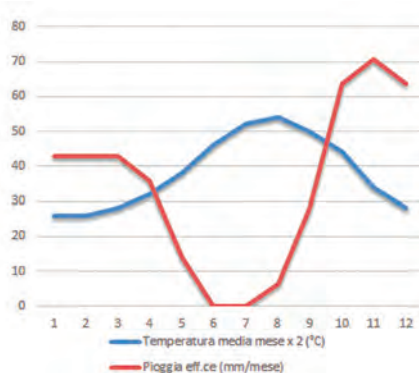
IA_{FAO} = indice bioclimatico FAO

P_a = precipitazioni medie annue (mm)

ETP_a = evapotraspirazione media annua (mm)

Classificazione sulla base dell'indice di aridità FAO: <0,2 arido | da 0,2 a 0,5 semiarido | da 0,51 a 0,65 subumido | > 0,65 umido.

Infine, il termoudogramma è un utile indice espresso in forma grafica che consente di determinare quale sia il periodo in cui le essenze vegetali autoctone subiscono uno stress idrico (graf. 1.1).



Graf. 1.1 – Termoudogramma di Palermo



Acquistalo