

# UNA TECNICA SEMPLIFICATA PER LA MISURA DEL FLUSSO DI LINFA

Giambattista Toller<sup>1</sup>, Stefano Corradini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fondazione Edmund Mach (già Istituto Agrario di San Michele all'Adige - IASMA),  
[giambattista.toller@iasma.it](mailto:giambattista.toller@iasma.it), [stefano.corradini@gmail.com](mailto:stefano.corradini@gmail.com)

## Abstract

Allo scopo di migliorare la gestione pratica dell'irrigazione, si sono eseguite delle prove di misura della portata di linfa nei fusti, facendo uso di tecniche semplificate suscettibili di essere usate in campo. Usando la termoresistenza Pt100 sia come riscaldatore che come sensore di temperatura, si è stimata la velocità della linfa nei vasi con il metodo della dissipazione termica. Gli impulsi termici sono stati intervallati di un tempo sufficiente per ripristinare nel fusto la temperatura "basale", evitando così di doverla rilevare con un sensore a monte. I risultati ottenuti sembrano aprire prospettive incoraggianti per un'adozione corrente di queste tecniche in campo.

## Introduzione

La crescente concorrenza tra utenze diverse e il sensibile incremento della temperatura negli ultimi venti anni, fanno emergere progressivamente anche nelle regioni alpine l'importanza di una buona gestione dell'acqua irrigua

In Trentino molti impianti irrigui hanno un livello di automazione molto spinto e sono governati in modo centralizzato da Consorzi di Miglioramento Fondiario. Malgrado queste favorevoli condizioni, la attuazione di una gestione irrigua ottimale è ostacolata principalmente da due motivi:

- 1) spesso l'acqua irrigua è ancora (fortunatamente) disponibile in quantità più che sufficiente ed a costi limitati
- 2) mancano a tutt'oggi metodi e strumenti affidabili ed economici per la stima dell'umidità del suolo e dello stato idrico delle piante.

Per quanto riguarda lo stato idrico delle piante, un dato suscettibile di applicazioni pratiche in campagna sembra essere la quantità di linfa ascendente. La portata delle linfa nei vasi capillari dei fusti viene generalmente misurata sfruttando le sue interazioni con la propagazione dell'energia termica secondo tre modalità di lavoro: bilancio termico, velocità degli impulsi di calore, dissipazione termica (heat balance, heat-pulse velocity, thermal dissipation) (Smith et al. 1996). L'iniezione di energia termica nel fusto può essere continua o impulsiva; la stima della portata può inoltre essere fatta direttamente su tutta una sezione di fusto oppure interpolando dati provenienti da limitati tratti di sezione.

## Materiali e metodi

La necessità di ottenere una strumentazione che potesse funzionare in campo con alimentazione proveniente da batterie, ha indirizzato la scelta verso metodi ad impulsi. Per semplificare ulteriormente la struttura, ci si è inoltre indirizzati verso quelli a dissipazione termica.

Tenendo conto che i sensori di temperatura Pt100 non

son altro che dei resistori elettrici a coefficiente positivo di temperatura ( $0.00385 [K^{-1}]$ ), questi dispositivi sono stati usati anche quali elementi riscaldanti per la generazione di impulsi termici (Sonnenschmidt 1996).

I Pt100 costituiti da fili di platino avvolti ad elica su supporto ceramico permettono di ottenere un dato medio su un certo spessore del tronco. L'uso di pasta siliconica termoconduttrice evita che, per irregolarità delle pareti del foro, la presenza di aria dia luogo a zone di alta resistenza termica tra legno e Pt100.

Si sono eseguite prove sia usando alternativamente uno stesso Pt100 come riscaldatore e come sensore, sia facendo uso di Pt100 doppi da  $1.5 \times 15 \text{mm}$  dove un avvolgimento fa da riscaldatore e l'altro da sensore.

Un data logger DataTaker DT50 opportunamente programmato serviva per la creazione degli impulsi termici e per la lettura dei Pt100. Si eseguiva una misura ogni 30' per permettere al sensore di raffreddarsi fino alla temperatura "basale" del tronco (Do et al. 2002), evitando così di installare un secondo sensore a monte. I test sono stati eseguiti su piante di taglio presso la sede di IASMA. Un strato di materiale termoisolante veniva applicato attorno al tronco per rallentare gli scambi di calore con l'aria.

I dati meteo per la stima dell'evapo-traspirazione sono stati forniti dalla stazione meteo IASMA di San Michele all'Adige

## Risultati

Con le temporizzazioni adottate per il riscaldamento, il Pt100 inserito nel tronco ha mostrato oscillazioni di resistenza entro un range di 4 ohm, corrispondenti ad un range di temperatura di una decina di gradi centigradi.

Nell'esempio di Fig.1 le differenze tra temperatura massima e minima rilevate per ogni ciclo di misura sono messe a confronto con la temperatura oraria dell'aria a 2 m, usata come grezzo indicatore dell'evapotraspirazione: nelle ore calde del giorno, il range dell'onda termica è stato di  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ , in quelle più fresche  $5.2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

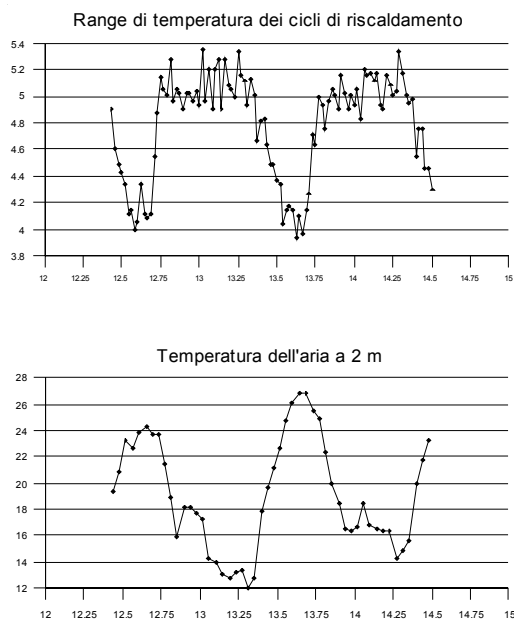


Fig.1 – Temperature rilevate dal Pt100 nel periodo 12-14/9/2005. In ascissa giorni decimali; in ordinata °C. Ad alte temperature dell'aria aumenta la velocità della linfa e si riduce il range di temperatura del ciclo di misura.

Per un accettabile risultato pratico, è necessario che il termometro abbia una risoluzione minima di 0.1 °C, che corrisponde ad una variazione di resistenza del Pt100 di 0.0385 ohm. La lettura di tali variazioni su un Pt100 può essere eseguita senza grandi difficoltà: alimentandolo con corrente costante di 10 mA, la variazione di resistenza di 0.04 ohm, fa infatti variare la caduta di tensione di 0.0004 volt = 0.4 mV, che sono facilmente risolvibili tramite amplificazione e adatto convertitore analogico/digitale. La termocoppia rame-costantana, normalmente usata

come termometro nelle misure di flusso, ha una sensibilità di 0.05 mV/K e per risolvere 0.1 K richiede perciò un voltmetro in grado di “vedere” variazioni di 0.005 mV.

L'uso di un Pt100 a doppio avvolgimento semplifica lo strumento di misura, permettendo una netta separazione tra il circuito di riscaldamento e quello di misura. La molteplicità di modelli e dimensioni dei sensori singoli, li rende però tendenzialmente più interessanti permettendo l'adattamento a varie situazioni. Un relais bistabile permette la conversione da riscaldatore a termometro con minimi consumi di energia.

## Conclusioni

Gli esperimenti condotti sembrano offrire incoraggianti prospettive sulla pratica applicabilità in campo della stima del flusso di linfa tramite metodi semplificati di dissipazione termica.

L'adozione di Pt100 di uso generico permette un sensibile abbassamento dei costi rispetto a sensori appositamente costruiti.

La misura del flusso ad intervalli di mezz'ora, forse troppo ampi per scopi di ricerca, permette l'eliminazione della sonda “a monte” e sembra fornire sufficienti indicazioni per la gestione irrigua.

## Bibliografia

- Smith, D.M., Allen, S.J., 1996, *Measurement of sap flow in plant stems. [Journal Article] Journal of experimental botany.*, Dec 1996. 47(305) p. 1833-1844.
- Do, F., Rocheteau, A., 2002. *Influence of natural temperature gradients on measurements of xylem sap flow with thermal dissipation probes. 2. Advantages and calibration of a noncontinuous heating system. Tree physiology*, June 2002. 22(9) p. 649-654.
- Sonnenschmidt, D., Vanselow, K.H., 1996, *Meas. Sci. Technol.* 7 1536-1539.