

Sensori pluviometrici in climi freddi: la tecnologia italiana a supporto della misura in condizioni ambientali estreme

Andrea Costantini - Nesa srl

La difficoltà di misurare l'equivalente in acqua della precipitazione solida in condizioni di scarsa disponibilità di energia elettrica è una circostanza constatata in numerose stazioni meteorologiche automatiche operative in zone caratterizzate da peculiari condizioni climatiche (imposte dalla localizzazione geografica e dall'altitudine).

Vi sono numerosi fattori che incidono sulla capacità di realizzare in contemporanea sia la misura del fenomeno (neve, gelicidio o grandine) sia il mantenimento di una sufficiente quantità di energia elettrica per il funzionamento della stazione e degli apparati di trasmissione, spesso dipendenti dal medesimo budget energetico a cui si attinge per il riscaldamento dei sensori.

Un esempio si riscontra quando il sistema di alimentazione è composto da batterie ricaricabili cicliche e pannelli fotovoltaici: in tali circostanze, specie in condizioni atmosferiche caratterizzate da prolungato maltempo e temperature prossime o inferiori a 0 °C, l'elemento critico è la disponibilità di energia del sistema, specialmente se la stazione meteorologica assolve il compito di trasmettere in tempo reale il dato al centro di controllo (tipicamente via modem GPRS, radio o satellitare).

L'assenza di sistemi tecnologici sofisticati che dispongano di un attento controllo del budget energetico, unita alla scarsa attenzio-

ne nella realizzazione di apparati che minimizzino la dispersione termica in condizioni critiche, può rendere inutilizzabile l'informazione complessiva ottenibile dalla stazione meteorologica, limitandone in maniera sensibile l'autonomia. In talune circostanze particolari, si innesca inoltre la problematica di dover gestire l'assenza di dati in tempo utile per predisporre interventi di prevenzione a supporto decisionale (ad esempio nell'ambito della Protezione Civile).

Gli studi scientifici sulla misura della precipitazione nevosa testimoniano come la sottostima associata alla misura dell'equivalente in acqua rilevabile da un pluviometro a bascula standard di tipo riscaldato (costruito a norma WMO) possa arrivare anche al 30-40% in siti prevalentemente caratterizzati da precipitazioni solide durante l'anno (CUGERONE *et al.*, 2012); durante una nevicata, gli elementi che inducono i maggiori problemi sono in genere legati al vento forte (trasporto eolico turbolento che riduce la reale quantità di neve raccolta, in assenza di schermi idonei tipo «Alter») e alla formazione di ghiaccio sulla bocca del pluviometro, ma specifici fattori legati all'orografia, all'esposizione e ai processi di riscaldamento del sensore (con possibile evaporazione dell'acqua) possono ulteriormente accrescere l'incertezza complessiva. Avendo dunque constatato che il pluviometro a bascule standard

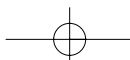
riscaldato ha dei limiti imposti dalla natura stessa del fenomeno nevoso che esso misura, la ricerca tecnologica ha focalizzato la propria attenzione per minimizzare le sorgenti di errore derivanti dal riscaldamento del sensore (limitando quanto più possibile il fenomeno di evaporazione e quindi la perdita di massa), e contemporaneamente per massimizzare l'efficienza dei circuiti elettronici in grado di essere utilizzati anche con configurazioni di alimentazione elettrica ridotta e fortemente condizionata dalle condizioni meteo, nell'ottica di fornire un prodotto adatto ad uso industriale e scientifico in conformità alle normative WMO (CIMO-Guide Chapter 6; WMO, 2008).

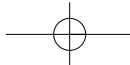
L'azienda Nesa s.r.l., che da oltre 10 anni progetta, produce e installa strumentazione e sistemi professionali per il monitoraggio ambientale, ha sviluppato svariate soluzioni specifiche per i pluviometri a bascula, al fine di renderli idonei alle applicazioni caratterizzate da ridotta disponibilità elettrica, ottenendo oltretutto, per uno dei suoi prodotti, il brevetto per invenzione industriale N. 0001385352 dal titolo «Pluviometro riscaldato a basso consumo di energia» (Ufficio Italiano Brevetti e Marchi - Ministero dello Sviluppo Economico, Roma, 11/01/2011).

Il reparto Ricerca e Sviluppo ha affrontato lo sviluppo tecnologico sia partendo da considerazioni sul budget energetico, con inter-

1. (a sinistra)
Esempio di installazione con sistema di schermatura tipo «Single Alter» per pluviometro riscaldato a norma WMO (Val Gardena).

2. (a destra)
Il pluviometro serie PL1000 con superficie di raccolta tarata da 1000 cm² e sistema di misura con bascula oscillante.





3, 4. Due esempi di apparecchiature di un sistema di teleallertamento per il monitoraggio delle colate detritiche (debris flow) che talora si propagano lungo la Val Rabbia (alto bacino del F. Oglio, Val Camonica), fino al fondo valle (in particolare nella frazione di Rino).

(in alto) Stazione meteorologica automatica con pluviometro a basso consumo in loc. Bompiano (Edolo, BS).

(al centro) Stazione meteorologica automatica al Bivacco Festa (2320 m), alla testata della Val Rabbia (Sonico, BS), dotata di pluviometro riscaldato a basso consumo con isolante termico.



venti volte alla minimizzazione degli effetti di evaporazione e del vento sul sensore pluviometrico (con l'obiettivo di ridurre gli errori sistematici), sia applicando i risultati delle campagne di misura organizzate dalla WMO e dagli studi scientifici collegati a questa tematica.

Tra le varie tecniche di natura meccanica studiate e messe in campo vi è la scelta della bascula «a lama di coltello» in acciaio inox che riduce il peso e quindi l'inerzia meccanica, la rispondenza delle inclinazioni del cono di raccolta alla normativa WMO (per ridurre gli effetti della turbolenza e della fuoriuscita della precipitazione), la verniciatura a polvere di colore bianco riflettente che riduce l'aderenza delle gocce d'acqua, la spigolatura del taglio della bocca di raccolta, eseguito con massima precisione.

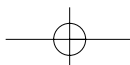
Contemporaneamente all'implementazione degli aspetti meccanici migliorativi, l'attività di ricerca si è focalizzata anche sugli aspetti elettrici ed elettronici: l'esperienza acquisita nel tempo ha dimostrato che se si riscalda unicamente il cono di raccolta del sensore liquefacendo la precipitazione solida, in condizioni di temperature basse può avvenire il congelamento dei meccanismi della bascula posta sulla parte inferiore del pluviometro, che non risente dell'effetto riscaldante. Ulteriori migliorie e perfezionamenti sono periodicamente apportati grazie ai consigli e al supporto di alcuni enti di ricerca e Università con i quali vige un rapporto di proficua collaborazione.

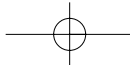
Molti pluviometri, non solo di fascia amatoriale o semi-professionale ma anche appartenenti al

mondo industriale, basano la propria funzionalità di riscaldamento solo sulla temperatura esterna dell'aria o della zona di raccolta della precipitazione, e si possono generare fenomeni di evaporazione che aumentano l'errore di misura; un opportuno sistema di termostatazione può al contrario permettere di gestire il riscaldamento sia per ridurre gli sprechi energetici sia per evitare di generare eccessivo calore e quindi provocare la perdita di massa per evaporazione. Le soluzioni tecniche adottate sono svariate, e l'esperienza sul campo ha dimostrato che la logica di termostatazione può essere realizzata mediante appositi circuiti stabilizzati e termostati di precisione oppure associando al pluviometro un'intelligenza elettronica esterna (ad esempio data logger) che mediante opportuni algoritmi possa gestire soglie di attivazione e tempi di applicazione del riscaldamento (anche associando valutazioni sulla disponibilità energetica residua e lo



5. Stazione meteorologica automatica con range esteso di temperatura operativa, installata nell'isola Kotel'nyj (Mar Glaciale Russo). Qui non sono rare temperature inferiori a -40°C , e le scarsissime precipitazioni avvengono quasi esclusivamente in forma solida, salvo brevi rovesci estivi (nel data base spiccano i $-43,7^{\circ}\text{C}$ del 5 marzo 2015). La media annua è di circa -13°C .





6, 7, 8. I pluviometri a basso consumo con superficie di raccolta da 400 cm² forniti per la rete di monitoraggio dell'Agency on Hydrometeorology under the Ministry of Emergency Situations of the Kyrgyz Republic. In questa entusiasmante avventura di dieci giorni ai confini della Cina, i tecnici Nesa hanno potuto unire gli aspetti professionali a quelli culturali e umani, favoriti dalla generosa ospitalità (settembre 2014).



stato di carica delle batterie). Il prodotto brevettato da Nesa s.r.l. si basa sulla considerazione che il risparmio energetico è massimizzato se il riscaldamento si attiva solo in presenza di precipitazione (sotto qualunque forma, quindi anche deposito di brina), e non unicamente in condizione di basse temperature, come avviene per i pluviometri standard e le applicazioni più frequenti.

La procedura prevede la seguente logica: il riscaldamento viene attivato sotto una certa soglia di temperatura ma per un tempo limitato (tipicamente 10'); se entro questo periodo si registra almeno un basculamento (indice di precipitazione), allora il riscaldamento prosegue per un successivo intervallo di tempo, mentre se non si registrano segnali, esso si interrompe. Appositi circuiti elettronici hanno il compito di gestire sia l'attivazione e la disattivazione del riscaldamento sia la verifica della presenza di precipitazioni; questa tecnica è risultata idonea per sistemi di monitoraggio a limitatissima disponibilità di energia, e ha permesso di affinare ulteriormente le conoscenze sulla misura della precipitazione solida in ambiti critici. Come ulteriore accortezza al fine di ridurre gli sprechi energetici vi è l'utilizzo di un isolante apposito che viene applicato esternamente al cono del sensore e permette di minimizzare la dispersione del calore (riscontri sul campo hanno dimostrato che l'isolamento termico incide significativamente specie in condizioni di vento forte, in cui l'asportazione del calore è rapida e rischia di rendere inefficiente qualunque sistema di riscaldamento del pluviometro in condizioni di energia limitata).

Nel corso delle attività professionali e delle realizzazioni di reti di monitoraggio meteorologico e

ambientale, l'azienda fornisce ed installa pluviometri da essa prodotti e tarati in conformità alla WMO e classe A secondo UNI 11452:2012 grazie all'algoritmo di correzione specifico inserito nel datalogger di acquisizione; i sistemi integrano sia prodotti standard sia soluzioni avanzate, in funzione della specifica applicazione richiesta e del progetto sviluppato.

In molte di queste attività, oltre alla fornitura dei materiali, è prevista anche una sessione di *training* e *commissioning* in sito, dove i tecnici formatori incontrano i tecnici locali e ne curano la preparazione scientifica sull'equipaggiamento, l'utilizzo e la manutenzione periodica, la gestione del dato e la corretta interpretazione delle misure.

L'esperienza maturata in svariate zone del mondo (tra cui alcuni paesi dell'area caraibica e centro-americana come Jamaica, Belize, Repubblica Dominicana, Suriname, e dell'Asia centrale come il Kirgizstan) permette di lavorare fianco a fianco con i membri dei servizi meteorologici locali, e di stringere rapporti di collaborazione che aiutano nella crescita professionale e personale dello staff.

Bibliografia

CUGERONE K., ALLAMANO P., SALANDIN A., BARBERO S., 2012 - *Estimate of precipitations at high altitude sites - Use of experimental manual and automatic data on new snow density to establish empirical relations*. Neve e valanghe, n. 77, AINEVA.

DUCHON C.E., ESSENBERG G.R., 2001 - *Comparative rainfall observations from pit and above-ground rain gauges with and without wind shields*. Water Resources Research 37: doi: 10.1029/2001WR000541.

POLITECNICO DI TORINO, DIPARTIMENTO DI IDRAULICA, TRASPORTI ED INFRASTRUTTURE CIVILI, 2010 - *Conoscenza della riserva idrica nevosa anche attraverso l'attivazione di siti sperimentali di misura e messa a punto di indicatori dello stato quantitativo delle risorse idriche*. www.idrologia.polito.it/~claps/Papers/Relazione_RIN.pdf

RASMUSSEN R., BAKER B., KOCHENDORFER J., MEYERS T., LANDOLT S., FISCHER A.P., BLACK J., THÉRIAULT J.M., KUCERA P., GOCHIS D., SMITH C., NITU R., HALL M., IKEDA K., GUTMANN E., 2012 - *How Well Are We Measuring Snow? The NOAA/FAA/NCAR Winter Precipitation Test Bed*. Bulletin of the American Meteorological Society, 93 (6):811-829.

WMO, 2008 - *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. WMO-n. 8, Geneva.

