

Sollecitazioni negli allacciamenti causate dalle manovre negli impianti interni

Risultati sperimentali e indicazioni per la progettazione

B. Brunone, S. Meniconi, C. Capponi e D. Falocci

Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale,
Università degli Studi di Perugia,
Centro Studi Sistemi Idrici (CSSI)

S. Alvisi, V. Marsili e F. Mazzoni

Dipartimento di Ingegneria,
Università degli Studi di Ferrara,
Centro Studi Sistemi Idrici (CSSI)



Logo del progetto MORE4WATER

Nell'ambito del progetto europeo More4Water "Combined monitoring and forecast for a sustainable management of water resources and timely adaptation to drought", finanziato dal MUR (Italia), FCT (Portogallo),

Fapesc (Brasile) e dallo European Union's Horizon Europe Programme nell'ambito del 2022 Joint Transnational Call of the European Partnership Water4All (Grant Agreement n°101060874) e coordinato dall'Università degli Studi di Perugia, particolare attenzione viene rivolta alle reti di distribuzione idrica e alla necessità di ridurre in esse le perdite fisiche.

Nell'ambito di tali infrastrutture, solo di recente, il focus si è concentrato sugli allacciamenti (nella letteratura anglosassone *service lines*), elementi di connessione fra queste e gli impianti interni a servizio dei singoli utenti. In molti casi, infatti, si è riscontrato che proprio negli allacciamenti si verificano frequenti rotture e considerevoli volumi persi. A conferma di ciò, si ricorda che il tema è stato al centro del convegno "Dalla perdita al valore – Innovazione, normativa, e soluzioni operative per le reti idropotabili" organizzato da Servizi a Rete a Milano il 15 maggio u.s. presso la sede storica di Metropolitana Milanese SpA.

Manca ancora, tuttavia, un'adeguata sperimentazione di laboratorio che, unitamente ad un'efficace modellistica numerica, spieghi le criticità emerse in merito agli allacciamenti. Si ritiene pertanto di interesse sintetizzare in questa sede i risultati delle prove eseguite di recente [1] presso il Water Engineering Laboratory (WEL) del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia (welabpg.com).

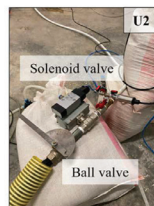
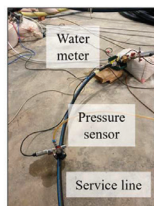
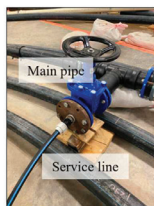
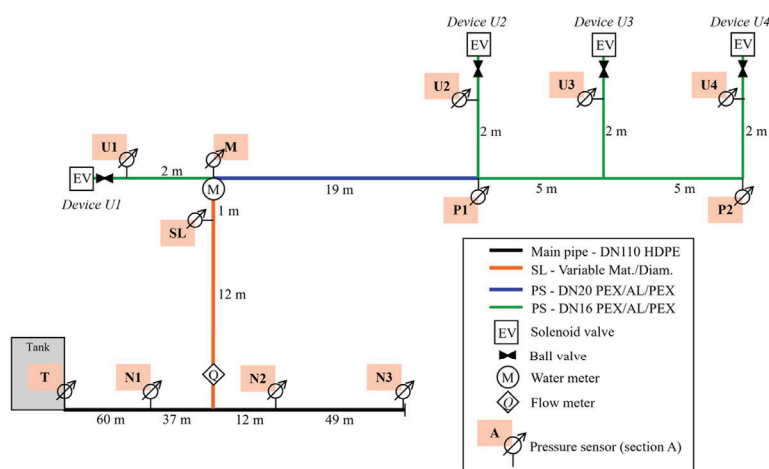


Fig.1: Installazione sperimentale presso il Water Engineering Laboratory (WEL) del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia (da [1])

Materiale	DN (mm)	D (mm)	c (m/s)
HDPE (polietilene ad alta densità)	25	19	300
HDPE	40	32	300
LDPE (polietilene a bassa densità)	25	19	200
Copper (rame)	22	20	1200

Tab.1: Caratteristiche degli allacciamenti considerati durante le prove

Le prove sono state effettuate sull'installazione riportata in figura 1 che simula in scala 1:1 un allacciamento e il relativo impianto idrico interno, sia dal punto vista geometrico sia da quello dei consumi e delle manovre effettuate dall'utente presso i quattro dispositivi (U1, U2, U3 e U4) in esso presenti. L'attenzione si è concentrata sulle manovre e sulle sovrappressioni da esse generate. In ciascuna serie di prove è stato variato il diametro e il materiale dell'allacciamento, mantenendo invece costante e pari a 12 m la sua lunghezza (tab.1). Le tubazioni costituenti l'impianto interno sono in multistrato PEX/AL/PEX, materiale oggi molto utilizzato, di diametro nominale DN16 e DN20. Le manovre di chiusura sono state effettuate di volta in volta su ciascuno dei dispositivi U1, U2, U3 e U4, utilizzando una valvola a solenoide per simulare i transitori veloci che caratterizzano i dispositivi domestici, come ad esempio lavatrici e lavastoviglie (le manovre hanno avuto una durata pari a circa 0.03 s). Le portate erogate dai dispositivi in condizioni stazionarie erano pari, ciascuna, a 0.26 L/s.

Per le tubazioni in materiale multistrato, in assenza di valori di letteratura, la celerità di propagazione delle onde di pressione, c , è stata ricavata sperimentalmente presso il WEL considerando tubazioni di lunghezza adeguata; in questo modo si sono ottenuti i seguenti valori: $c_{DN16} = 630$ m/s e $c_{DN20} = 445$ m/s.

Per la celerità degli allacciamenti, invece, sono stati adottati valori di letteratura ricavati da prove di laboratorio (tab.1). L'allacciamento è stato collegato ad una tubazione in polietilene ad alta densità DN110 ($c_{DN110} = 400$ m/s), alimentata da un serbatoio a livello costante.

Con riferimento al regime di pressione generato dalle manovre, le prove eseguite hanno fornito interessanti risultati, anche dal punto di vista immediatamente applicativo, in merito a numerosi aspetti. In particolare: sull'entità delle pressioni che si verificano nell'impianto interno; sul ruolo della posizione del dispositivo in corrispondenza del quale viene eseguita la manovra (*dispositivo attivo*) e sul ruolo delle caratteristiche dell'allacciamento (diametro e materiale). In merito al primo aspetto, i segnali di pressione di figura 2 mostrano che, durante i transitori, in tutte le sezioni di mi-

sura dell'impianto interno, la quota piezometrica, h , ha raggiunto valori molto elevati, prossimi alla pressione nominale delle tubazioni, ma senz'altro superiori a quella dei relativi raccordi. Tali valori estremi, inoltre, non si verificano necessariamente durante la manovra.

Riguardo al secondo aspetto, i segnali di pressione riportati in figura 3 mostrano chiaramente che il regime delle pressioni nell'impianto interno è tanto maggiore quanto lo è la distanza del dispositivo attivo dall'allacciamento.

Le sezioni maggiormente sollecitate, inoltre, non sono quelle in prossimità del dispositivo ma, piuttosto, quelle in

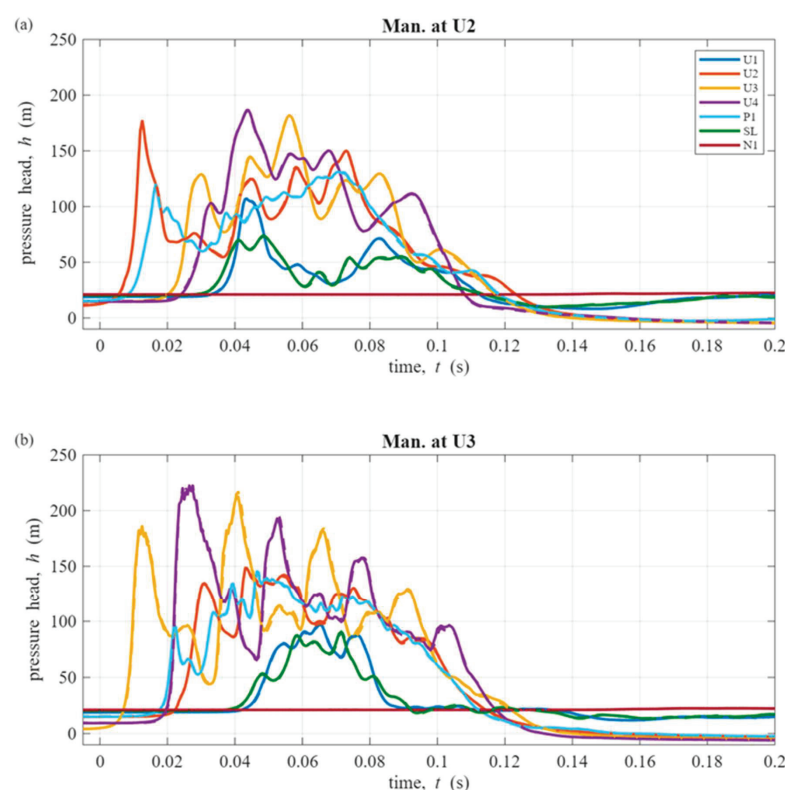


Fig.2: Segnali di pressione sperimentali per effetto di manovre eseguite al dispositivo: a) U2, b) U3; le sigle SL e NI indicano, rispettivamente, le sezioni di misura sull'allacciamento e sulla condotta di alimentazione DN110 (da [1])

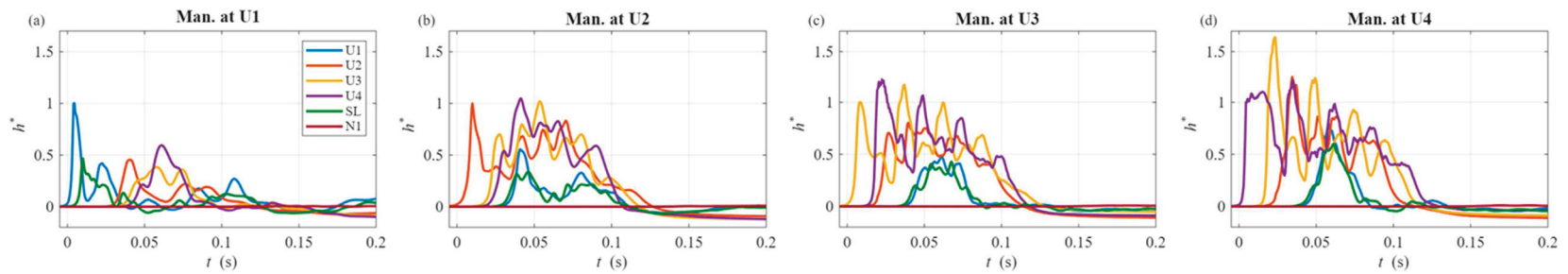


Fig.3: Segnali di pressione sperimentali riferiti al valore iniziale, h_0 , e a quello massimo, h_{max} , per effetto di manovre eseguite ai diversi dispositivi (da [1])

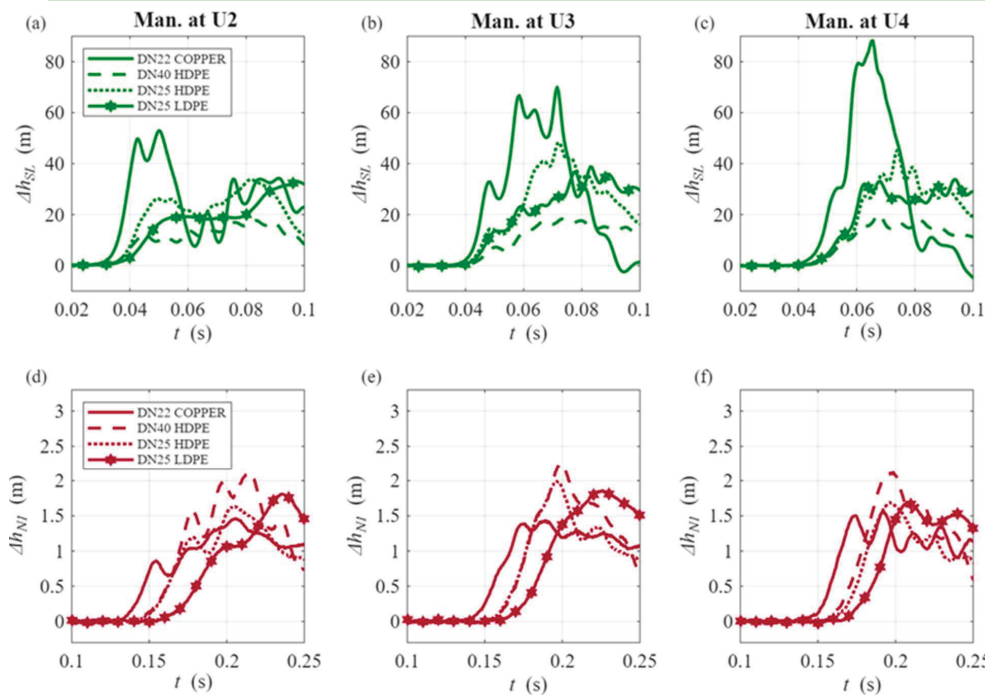


Fig.4: Sovrappressioni nell'allacciamento, Δh_{SL} , e trasmesse alla condotta di alimentazione, Δh_{NI} , per effetto di manovre eseguite ai diversi dispositivi (da [1])

corrispondenza delle tubazioni di diametro minore e dei terminali ciechi. Nella figura si è assunto: $h^* = (h - h_0) / (h_{max} - h_0)$, in cui h_0 = valore della quota piezometrica nel regime stazionario che precede la manovra e h_{max} = valore massimo di h durante il transitorio.

Relativamente al terzo ed ultimo aspetto, i segnali di pressione di figura 4 indicano che maggiore è la celebrità dell'allacciamento e minore il suo diametro, maggiori sono le sovrappressioni, Δh_{SL} , che si verificano in esso. Al contrario, le sovrappressioni, Δh_{NI} , dovute alle manovre eseguite nell'impianto interno che si trasmettono alla rete di distribuzione, sono sempre di entità modesta e non dipendono sensibilmente dalle caratteristiche dell'allacciamento. Tali risultati sono in accordo con i meccanismi di propagazione delle onde di pressione nelle tubazioni [2].

I risultati ottenuti indicano chiaramente alcuni criteri per un'ottimale progettazione degli allacciamenti al fine di ridurre l'entità delle sollecitazioni e, quindi, il rischio di fallanza, con conseguente insorgere di

perdite di difficile individuazione. In particolare, per l'allacciamento è opportuno orientarsi verso materiali polimerici (curandone, ovviamente, l'adeguata installazione) al fine di ridurre lo stato di sollecitazione. Il diametro dell'allacciamento, inoltre, non deve essere dimensionato solo in base al valore della portata corrispondente ai consumi (accettando, cioè, elevati valori della velocità per ridurre i costi) ma anche in base alla necessità di ridurre l'entità delle sovrappressioni che rimangono "intrappolate" nell'allacciamento stesso. Si noti, infine, che aumentare il diametro dell'allacciamento comporta un modesto aggravio di spesa a fronte di una sollecitazione sensibilmente minore per la tubazione.

Riferimenti bibliografici

- [1] Marsili, V., Falocci, D., Capponi, C., Mazzoni, F., Alvisi, S., Brunone, B., and Meniconi, S. (2025). Role of water service lines in the propagation of user-induced transients: laboratory investigation on a highly instrumented, full-scale replica. *Measurement*, 265, 120358 (10.1016/j.measurement.2026.120358).
- [2] Swaffield, J. and Boldy, A. (1993). *Pressure Surges in Pipe and Duct Systems*, Ashgate Publishing Group, Farnham, UK.