

# STUDIUL DE ACURATEŢE AL VERIFICĂRII CONTOARELOR

**O investigație privind acuratețea realistă care poate fi obținută folosind aparatele ultrasonice cu clemă pentru verificarea contometrelor în industria apei.**

Versiunea în domeniul public

**Autori principali:** Dave Morris (Servicii I&P), Dr. Alun Thomas (Servicii I&P) **Contribuții:** Andy Godley (WRc), Mikal Willmott (Severn Trent Water)

*Se presupune că cititorul acestei lucrări are o înțelegere de bază a măsurării timpului de tranzit cu clamp-on.*

## Context

Creșterea populației, schimbările climatice și creșterea economică pot juca toate un rol în a pune resursele de apă sub presiune. Raportul Global al Apei al ONU 2019 a menționat: "Se așteaptă ca cererea globală de apă să continue să crească... până în 2050, ceea ce a însemnat o creștere de 20 până la 30% față de nivelul actual de utilizare a apei." (ONU, 2019)

Până în 2050 se estimează că aproape o treime din populația lumii va trăi în zone cu stres ridicat sau extrem de ridicat de apă.

Vorbind în 2019, Sir James Bevan, directorul executiv al Agenției pentru Mediu a Angliei (EA), a menționat că "până în 2050 [în Marea Britanie], cantitatea de apă disponibilă ar putea fi redusă cu 10-15%, unele râuri având cu 50%-80% mai puțină apă în lunile de vară" dacă nu se iau măsuri. Acest lucru ar duce la deficite semnificative de apă și ar avea un efect negativ asupra mediului. (Bevan, 2019)

Se iau măsuri, se planifică și construiesc rezervoare noi, la fel și transferuri suplimentare între companii, iar utilitățile de apă reduc pierderile de apă și plănuiesc să reducă la jumătate scurgerile până în 2050. (Water UK, 2022). În toate aceste domenii, măsurarea debitului este esențială pentru realizarea și monitorizarea progresului. Este un facilitator esențial. Deoarece măsurarea este atât de esențială, EA insistă ca contoarele de abstracție să fie verificate, iar Ofwat cere ca contoarele de intrare de<sup>1</sup> distribuție să fie verificate. Pe măsură ce tot mai multe companii de utilități de apă din Marea Britanie se orientează spre calcularea<sup>2</sup> scurgerii principale prin bilanțe de debit, există o dorință tot mai mare a companiilor de apă de a-și valida contoarele în rețeaua principală principală.

## Nevoia unui studiu

Ghidul de reglementare prevede că, pentru ca un contor permanent să fie considerat funcțional "în specificații", atunci când este testat în raport cu un contor de verificare, diferența trebuie să nu

---

<sup>1</sup> De asemenea, sunt cunoscute sub denumirea de contoare System Input Volume (SIV).

<sup>2</sup> Cunoscut și sub denumirea de conductă principală de transmisie.

# STUDIUL DE ACURATEȚE AL VERIFICĂRII CONTOARELOR

depășească cinci la sută (EA, 2016). Pentru aproape toate companiile de utilități din Marea Britanie, debitmetrele ultrasonice cu clemă sunt folosite ca conmetre de verificare.

---

Au trecut peste 20 de ani de la publicarea inițială a ghidului de reglementare. De atunci, au existat cercetări care au indicat că s-ar putea să nu fie posibil ca aparatele cu clemă să fie întotdeauna la mai puțin de 5% față de contoarele instalate permanent. De exemplu, există dovezi că configurațiile și vitezele diferite ale țevilor afectează acuratețea aparatelor ultrasonice cu clemă. (Thomas 2015, Doyle et al. 2017, Durham et al. 2019, Durham et al. 2020).

Pentru a înțelege acuratețea realistă care poate fi obținută folosind aparate ultrasonice cu clemă pentru verificarea debitului în industria apei, a fost creat un proiect finanțat de opt companii britanice și irlandeze de utilități de apă, condus de I&P Services (o consultanță specializată în măsurarea debitului), unde furnizorii de servicii de verificare (VSP) urmau să efectueze teste pe o buclă de curgere special configurată într-un laborator acreditat de United Kingdom Accreditation Service (UKAS), ales pentru acuratețea și trasabilitatea ridicată. Contorul de referință al platformei avea o incertitudine de 0,25%.

## Metodologie

Patru VSP-uri din Marea Britanie au fost alese să facă parte din acest proiect. Trei dintre VSP-i aveau o experiență deosebită în domeniul verificării, iar un VSP era relativ nou în verificarea fluxului.

VSP-urile au fost rugate să testeze pe patru părți diferite ale buclei de curgere special configurate. Patru puncte de testare au fost încorporate în linia de testare (vezi Figura 1). Primul punct de testare a fost pe secțiunea conductei ductile DN500, cu mai mult de 10 diametre de conducte drepte în amonte și avea 2 diametre înainte de o curbă; al doilea punct de testare a fost trei diametre după aceeași curbă de fier ductil. Punctul de testare 3 a fost pe o secțiune PVC de 300 mm și trei diametre în aval de reductorul de 500 mm x 300 mm. Punctul de testare 4 a fost pe o veche secțiune de conducte din oțel carbon de 300 mm, cu o suprafață interioară corodată și variabilă, la cinci diametre în aval de o curbă, combinate cu un generator de spirală. Aceste poziții au fost alese pentru a prezenta VSP-urilor o varietate de materiale și condiții hidraulice și pentru a imita condiții reale.

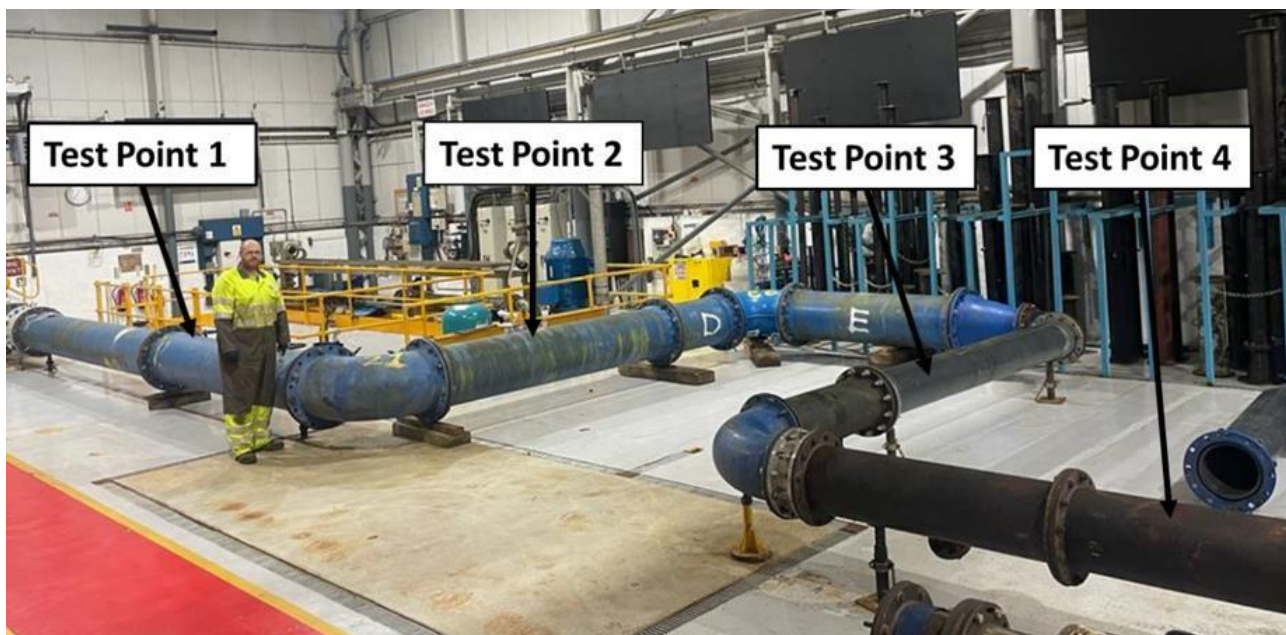


Figura 1: Platforma de Flux Acreditată UKAS

Fiecare test dura o oră. În fiecare test de o oră au avut loc trei mini-teste. Acest lucru a fost posibil prin înregistrarea volumului în următoarele perioade de timp:

Minutul 5 până în minutul 20

Minutul 25 până la minutul 40

Minutul 45 până la minutul 60

Fiecare test a observat o gamă de debite. Debitele variau între aproximativ 50 l/s și 300 l/s pentru conductele de 500 mm – aceasta acoperă o gamă de viteze de aproximativ 0,25 m/s până la 1,5 m/s.

În conductele de 300 mm a fost folosit un interval de 20 l/s până la 180 l/s, care acoperea un interval de viteze de aproximativ 0,3 m/s până la 2,5 m/s.

Toate testele au fost verificate de serviciile I&P.

### Rezultate generale

Din cele 16 teste de o oră, erorile absolute medii au variat între 0,1% și 13,0%, cu o eroare absolută medie de 4,9%. După cum se poate vedea în Figura 2, un sfert dintre teste aveau o eroare mai mică de 3%, puțin peste jumătate dintre teste (62,5%) aveau erori sub 5%. Ceea ce înseamnă că aproape 40% din rezultate au avut o eroare mai mare de 5%. Și unul din cinci rezultate a avut o eroare mai mare de 10%.

## STUDIUL DE ACURATEȚE AL VERIFICĂRII CONTOARELOR

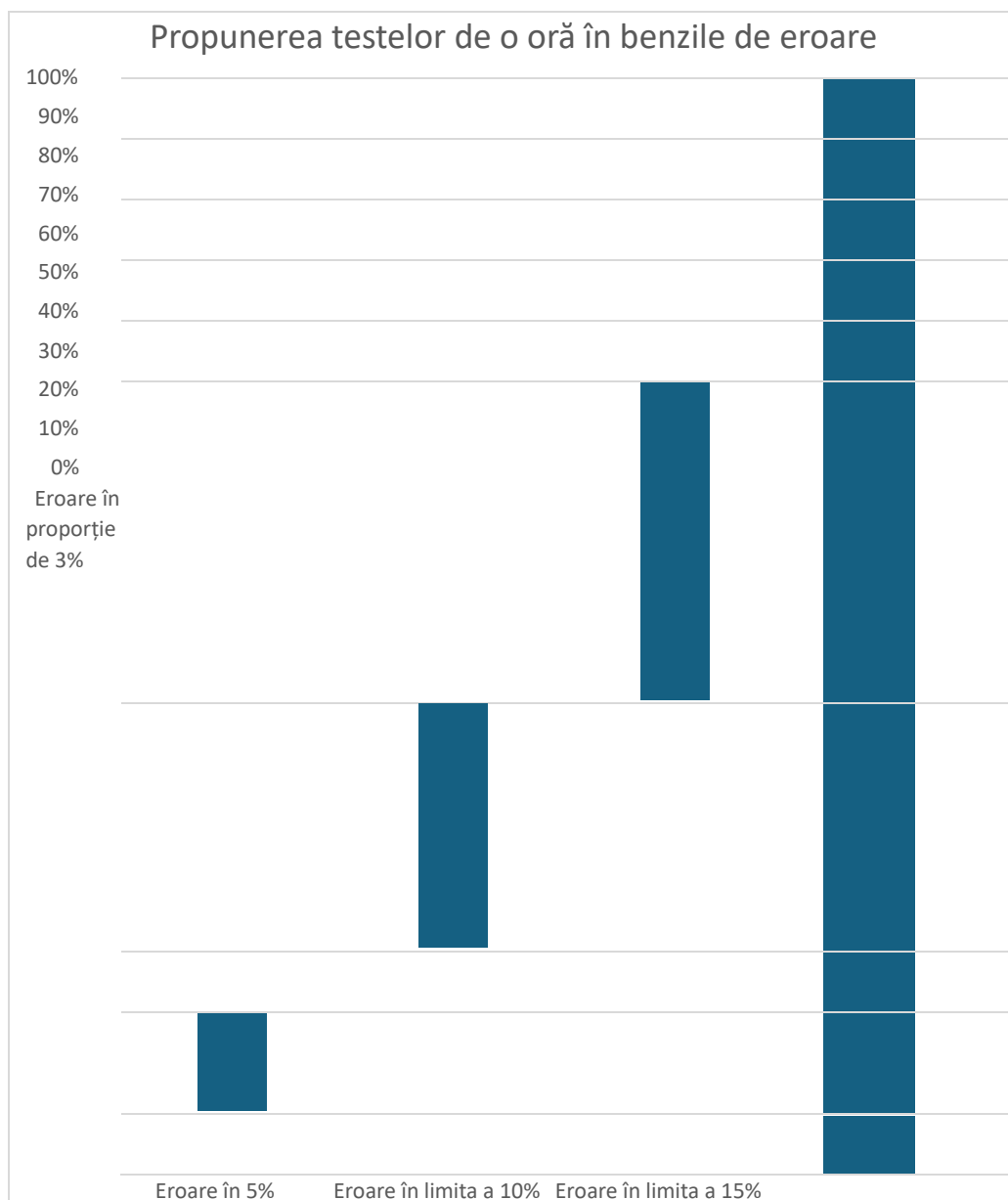


Figura 2: Proporția testelor de 1 oră în cadrul benzilor de eroare.

### Hidraulică

Hidraulica țevii joacă clar un rol important în acuratețea metrumetrului cu clemă. Punctul de testare 1, care, în opinia autorilor, avea cea mai benignă și stabilă hidraulică datorită lungimii lungi a țevii drepte în amonte de punctul de testare, a avut o eroare medie sub 2,5%. În timp ce punctul de test 2, care, în opinia autorilor, probabil a avut cea mai mare turbulență (adică cea mai slabă hidraulică) din cauza cotiturii de 90 de grade (vezi Figura 3) imediat în amonte, a avut o eroare medie de peste 8%.

Rezultatele la Punctul de Testare 3, deși după o curbă, au fost semnificativ mai bune decât la Punctul de Testare 2. În acest caz, conul reducător din amonte aplatizează profilul de curgere, stabilizând hidraulica, rezultând rezultate rezonabile ale testelor (vezi Figura 4).

# STUDIUL DE ACURATEȚE AL VERIFICĂRII CONTOARELOR



Figura 3: Punctul de Testare 2



Figura 4: Punctul de Testare 3

Tabelul 1 oferă un rezumat al erorilor găsite la diferite puncte de testare, pe baza testelor de o oră.

Punct de Test	Eroare medie absolută	Cea mai mică eroare absolută	Cea mai mare eroare absolută
Punctul de Testare 1	2.4%	0.8%	4.2%
Punctul de Testare 2	8.3%	3.2%	13.0%
Punctul de Testare 3	2.8%	0.1%	5.9%
Punctul de Testare 4	6.1%	3.5%	11.0%

Tabelul 1: Rezumatul erorilor la fiecare punct de testare pentru teste de o oră

## Durata testelor

În fiecare test de o oră, existau trei mini-teste de câte 15 minute. Testele de 15 minute au oferit rezultate mai variabile. De fapt, deviația standard pentru testele de 15 minute a fost cu aproximativ 30% mai mare decât pentru testele de 1 oră. Comparând Tabelul 1 (rezumat al datelor de o oră) cu Tabelul 2 (rezumat al datelor de 15 minute), putem observa că în Tabelul 2, cele mai mici și cele mai mari erori absolute au fost mai substanțiale decât datele de 1 oră, demonstrând variabilitatea mai mare a testelor mai scurte.

Punct de Test	Eroare medie absolută	Cea mai mică eroare absolută	Cea mai mare eroare absolută
Punctul de Testare 1	2.2%	0.4%	4.3%
Punctul de Testare 2	9.5%	3.1%	18.6%
Punctul de Testare 3	2.6%	<0,1%	6.2%
Punctul de Testare 4	6.5%	0.3%	12.2%

Tabelul 2: Rezumatul erorilor la fiecare punct de testare pentru testele de 15 minute

## Viteză

Debitmetrele ultrasonice măsoară viteza debitului și ar fi rezonabil să sugerăm că acuratețea s-ar putea îmbunătăți pe măsură ce viteza crește. În mini-teste nu a existat o relație statistic semnificativă între acuratețea clamp-on-ului și viteză. Totuși, dacă viteza era grupată pe categorii, exista o scădere

## STUDIUL DE ACURATEŢE AL VERIFICĂRII CONTOARELOR

generală a erorii pe măsură ce viteza de curgere creştea, deşi acest lucru nu era semnificativ statistic (vezi Tabelul 3).

	Viteza medie (m/sec)	Eroare medie a abdomenului (%)	DeviaŃia standard
Minimă (0,3-0,4 m/sec)	0.33	6.42%	4.76%
Mediu (0,6-0,9 m/s)	0.71	5.16%	5.01%
Maxim (1,2-2,5 m/sec)	1.79	4.58%	4.01%

Tabelul 3: AcurateŃea rezultatelor cu pină la viteze de debit joase, medii şi mari

### Dimensionarea Ńevii şi efectul potenŃial asupra acurateŃei

Ca parte a proceselor lor de testare, VSP-urile trebuie să estimeze diametrul intern al Ńevii.

	Pre- Măsurat	VSP 1	VSP 2	VSP 3	VSP 4
<b>DN500 Ductile</b>					
Diametrul exterior	530	531	531	530	531
Zid	9	9	8	8	8
Căptuşeală	6.2	6	6	6.5	7.5
Diametru interior	499.6	501	503	501	500
<b>PVC de 300 mmm</b>					
Diametrul exterior	316	316	316	313	316
Zid	13.25	13	13	13	14
Căptuşeală	0	0	0	0	0
Diametru interior	289.3	290	290	287	288
<b>OŃel de 300mm</b>					
Diametrul exterior	326	326	326	330	326
Zid	7.75	9.5	8	11	7.5
Căptuşeală	0	0	0	0	0

## STUDIUL DE ACURATEȚE AL VERIFICĂRII CONTOARELOR

Diametru interior	310.5	307	310	308	311
-------------------	-------	-----	-----	-----	-----

Tabelul 4: Diametrul și grosimea internă și exterioară a țevii

Pentru a evalua acuratețea acestor estimări, I+P a măsurat toate țevile de testare folosind etriere interne și externe pentru a confirma dimensiunile acestora. Se estimează că metoda de măsurare mecanică folosită de I+P avea o incertitudine de 0,3%, iar incertitudinea metodei folosite de VSP-uri era necunoscută, dar probabil mai mare. Rezultatele acestor măsurători sunt comparate cu estimările făcute de VSP-urile din Tabelul 4.

După cum se poate observa, existau unele diferențe între măsurătorile făcute de I+P și VSP-uri. Având în vedere că calculele debitului includ pătratul diametrului, erorile mici în estimarea diametrului pot avea un impact semnificativ asupra debitului calculat.

În cel mai rău caz, erorile în dimensiunile conductelor ar fi putut explica aproximativ 2,2% din eroarea contorului.

### Numărul de căi și factorii de corecție

VSP-urile puteau selecta propriul echipament și proces preferat. Erau liberi să folosească oricâte sau câte puține căi doreau. Doar un singur VSP a folosit patru căi. Din gama limitată de echipamente folosite în acest studiu, instrumentul cu pinză cu patru căi a produs rezultate mai precise (medie 2,0% la teste de 1 oră) decât instrumentele cu un singur canal sau două canale (3,7% până la 8,5% în total) folosite de celelalte VSP-uri. Această îmbunătățire prin implementarea unor căi suplimentare este în concordanță cu multe rapoarte publicate care descriu aplicațiile de măsurare fiscală. Mai mult, am observat că utilizarea factorilor de corecție adecvați furnizați de producător a avut efectul de a îmbunătăți acuratețea generală a rezultatelor, comparativ cu unități similare cu clamp-on atunci când această facilitate nu a fost implementată.

Trebuie menționat că factorii de corecție din acest studiu se referă la ajustări făcute pentru a compensa un profil de curgere distorsionat. Acești factori de corecție se bazează pe cercetări și studii realizate de producătorii de contoare.

### VSP-uri

Toți operatorii care au participat la acest studiu erau competenți, bine echipați și au urmat o procedură de verificare controlată. Rezultatele au fost diferite între VSP-uri. De exemplu, două VSP-uri foloseau același echipament, dar un singur VSP obținea constant rezultate mai bune.

Oamenii, procesele și politicile VSP-urilor influențează acuratețea generală a rezultatelor testelor.

### Revizuirea rapoartelor tipice de verificare

Ca parte a proiectului, rapoartele tipice de verificare ale tuturor celor patru VSP au fost revizuite. Acestea sunt rapoarte de verificare pe care utilitățile de apă le primesc de obicei de la furnizorii lor VSP. Am constatat că toate VSP-urile raportau mai mult de un calcul de eroare. De exemplu, un VSP

## STUDIUL DE ACURATEŢE AL VERIFICĂRII CONTOARELOR

ar raporta o eroare medie calculată în perioada de testare și o eroare bazată pe ceea ce a înregistrat totalizatorul.

ISO4064 (*Contoare de apă pentru apă potabilă rece și apă caldă*) afirmă că eroarea unui contor complet de apă testată trebuie calculată folosind formula:

$$Em = \frac{Vi - Va}{Va} \times 100\%$$

Unde:  $Em$  este eroarea relativă exprimată ca procentaj

$Va$  este volumul de referință trecut în perioada de testare

$Vi$  este volumul adăugat (sau scăzut din) dispozitivul indicativ în timpul perioadei de testare

În cazul verificării contorului folosind un aparat portabil cu clemă, acest ISO4064 calcul al erorii devine:

*Procentaj de eroare al metrumetrului de test = (Citirea metrumetrului de test m3 - Citirea cu clemă m3) / Citirea cu clemă m3 x 100%*

Pe baza rapoartelor de verificare împărtășite de VSP-uri, nu era clar că toate VSP-urile vor folosi această metodă pentru a calcula erorile raportate. Probabil acest lucru se datorează faptului că următoarea ISO4064 nu a fost solicitată de utilitatea de apă pentru care efectuează verificarea.

### Concluzii

*Abia la punctul de test 1 toate testele au obținut o acuratețe mai mică de 5%. Prin urmare, concluzionăm că un nivel de performanță de ±5%, adesea "norma" acceptată pentru incertitudinea măsurătorilor cu clemă in-situ, era realizabil DOAR pe conducta dreaptă unde hidraulica era stabilă și starea și dimensiunile țevii puteau fi evaluate cu precizie.*

Atunci când hidraulica este mai puțin decât ideală sau dimensiunea și condiția țevii nu pot fi determinate cu precizie, obținerea unei acuratețe in situ mai bună de ±8 până la ±10% este statistic cel mai puțin probabilă.

Testele de 15 minute erau, de asemenea, mult mai puțin fiabile și mai puțin consistente decât cele de 1 oră; Probabil până la punctul de a fi nepotrivite pentru testarea de verificare.

Studiind rapoartele de verificare, am constatat că raportarea erorilor de testare a contorului nu a fost întotdeauna consecventă.

Per ansamblu, concluzionăm că operatorii cu personal bine instruit, echipamente bine întreținute, actualizate și o procedură de operare controlată pot obține un rezultat la maximum 5% din valoarea reală DOAR atunci când sunt măsurate condiții similare cu punctul de testare 1, adică când dimensiunea țevii este bine cunoscută, iar condițiile hidraulice sunt stabile și bine controlate.

# STUDIUL DE ACURATEŢE AL VERIFICĂRII CONTOARELOR

## Recomandări

1. Metoda de calcul și raportare a erorii contorului de testare este standardizată. Sugerăm ca raportul principal de eroare să se bazeze pe volumul de referință al testului trecut într-o perioadă minimă de timp și să fie exprimat ca procentaj față de același test

Volumul de referință recomandat de ISO4064 (contoare de apă) și MCERTS, adică :

$$\text{Eroare} = ((\text{Metru de test } m3 - \text{Clemă } m3) / \text{Clemă } m3) \times 100 \pm \text{Limite de încredere}$$

Acest raport de eroare poate fi suplimentat cu descriptori alternativi la discreția VSP, de exemplu: "Comparație punctelor medii", "Eroare instantanee" etc., împreună cu calcule suplimentare complementare de incertitudine de către VSP, după necesitate; ci doar cu condiția ca acestea să fie identificate clar și separat ca rapoarte de eroare de susținere și ca baza și metoda de calcul a tuturor datelor suplimentare să fie specificate.

2. Durata testului de verificare este de minimum 1 oră, mai mult dacă debitul se schimbă sau dacă hidraulica este compromisă. Testarea și calibrarea suplimentară ar trebui efectuate la fiecare locație de verificare selectată pentru a determina perioada minimă de verificare pentru testele viitoare.
3. Toate canalele de măsurare disponibile și factorii de corecție sunt folosiți, în conformitate cu instrucțiunile producătorului, pentru a optimiza performanța echipamentului. Pentru aplicarea factorilor de corecție, se recomandă ca și aceasta să fie standardizată pentru a elimina confuzia în aplicare și utilizare. În caz contrar, valorile folosite pot diferi între companii, VSP-uri și alți utilizatori.

Proveniența tuturor valorilor aplicate ale Factorului de Corecție trebuie declarată și permisă doar dacă se bazează pe date trasabile din lucrări de testare, modelare sau alte surse cunoscute, cu o cale completă de audit.

4. Cerința de a atinge un standard de verificare de, de exemplu,  $\pm 5\%$  se aplică doar acolo unde hidraulica este cunoscută ca fiind stabilă și locația testului a fost evaluată și documentată formal, de exemplu o conductă dreaptă cu un minim de 10-20D în amonte și 3D în aval față de punctul de testare. 2D poate fi acceptat, de asemenea.
5. Recomandăm ca industria să elaboreze un "Manual de Verificare" pentru a standardiza metodele, calculele și raportarea folosite pentru a efectua și raporta testarea de verificare a contoarelor pe țevile închise.
6. Pentru a îmbunătăți performanța verificării în aplicațiile în care hidraulica nu este bine caracterizată, ar trebui cercetate noi tehnologii și metode care să ofere o perspectivă asupra condițiilor aplicabile acelei locații particulare. Doar prin caracterizarea adecvată a hidraulicii fiecărui Punct de Testare și apoi potrivirea tehnicii de măsurare alese cu acele condiții specifice, acuratețea și incertitudinea măsurate asociate verificării unui anumit metru pot fi justificate și, în cele din urmă, îmbunătățite.

## Utilizarea acestei lucrări

Această lucrare poate fi copiată și împărtășită în forma sa originală pentru uz non-comercial, cu condiția să se ofere citarea corectă.

### Poze cu diverse aranjamente



### Referințe

Bevan J. (2019) Scăpând de fălcile morții: asigurarea suficientă de apă în 2050. *Conferința Waterwise 2019*, Londra, Anglia

Doyle T., Karachountris S. și Godley A. (2017). *Îmbunătățirea acurateții aparatelor mari - Rezultatele testării Partea 2*. WRc

Durham R. și Godley A. (2019) *Strategia de verificare a contoarelor mari (referință raport P13853.01)* WRc, 2019

Durham R. și Godley A. (2020) *Strategia de verificare a contoarelor mari (referință raport P13853.02)* WRc, 2020

EA (2016). *Manualul de bune practici pentru măsurarea abstracției*. WRc/ Agenția de Mediu

Thomas A. (2015). *Performanța de laborator a aparatelor ultrasonice cu clemă atunci când sunt utilizate pe conducte ductile din fontă ductilă captușită cu ciment de 500 mm, în diferite condiții hidraulice*. Servicii I&P.

ONU (2019). *Raportul Mondial al Apei ONU: Nu lăsăm pe nimeni în urmă*. UN Water

Water UK (2022). *O hartă a rutei de scurgeri către 2050*. Water UK