

MERITVE PRETOKA V OKVIRU MONITORINGA ODPADNIH VOD



29. Goljevščkov spominski dan

1. april 2010

Inštitut za hidravlične raziskave

Sabina Mišigoj, Primož Rodič, Jure Mlačnik, Gorazd Novak

HIDROINŠTITUT


Zakonske osnove

- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Ur.l. RS 35/96, 29/00, 106/01, 74/07) – Emisijski monitoring
- Akreditacija za meritve pretoka (SA; SIST EN ISO/IEC 17025:2005) → pooblastilo ministrstva

Pogoji za pridobitev pooblastila:

- izvajalec je gospodarska družba, zavod ali samostojni podjetnik
- registriran za izvajanje dejavnosti v RS
- akreditacija Slovenske akreditacije

Merilna oprema kalibrirana (akreditirani kalibracijski laboratoriji)



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
UPRAVA RS ZA VARSTVO NARAVE
Vojkova 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija, p.p.2608
Telefon:+386(0)1 47 84 000 • Telefaks:+386(0)1 47 84 052

Številka: 35417-25/99
Datum: 5. 4. 2001

Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za varstvo narave izdaja na podlagi 17. in 23. člena pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Uradni list RS, št. 35/96 in 29/00) ter 11. člena zakona o organizaciji in delovnem področju ministrstev (Uradni list RS, št. 71/94, 47/97 in 60/99)


POOBLASTILO

1. **Inštitut za hidravlične raziskave, Hajdrihova 28, Ljubljana**, je pooblaščen za izvajanje prvih meritev ter emisijskega monitoringa odpadnih vod za:

Splošni postopek: pretok

Pooblastilo ne velja za vrednotenje emisije snovi in za izdelavo poročila o opravljenih prvih, občasnih ali trajnih meritvah. Pooblaščenec lahko izvaja meritve pretokov le kot podizvajalec.

2. To pooblastilo velja do :



SLOVENSKA AKREDITACIJA

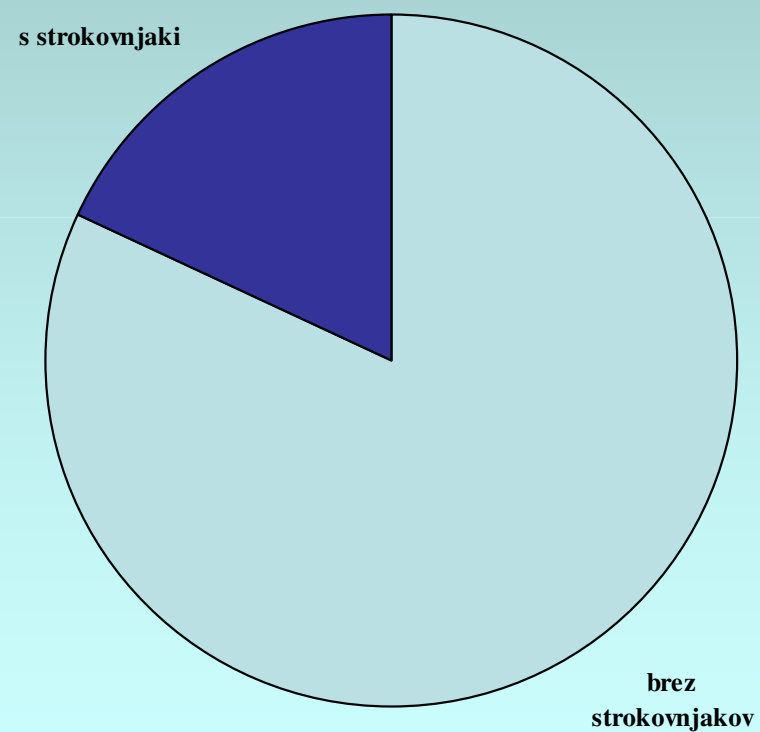
Priloga k akreditacijski listini
Annex to the Accreditation Certificate
Datum izdaje / Issued on: 05.04.2001
Zamenjuje izdajo z dne / Replaces Annex dated: 05.04.2001
Veljavnost akreditacije je mogoče preveriti na
Information on current accreditation status is available at: www.sa.gov.si

Št. No.	Oznaka standarda ali nestandardne preskusne metode Reference to standard or non-standard testing method	Naslov standarda ali nestandardne preskusne metode in morebitne navezave na druge standarde ali metode Title of standard or non-standard testing method and eventual relations to other standards or methods	Območje preskušanja; Negotovost rezultata preskušanja (kjer je to pomembno); Range of testing; Uncertainty of the result of testing (where relevant)	Materiali; proizvodi; Materials; products
18.	DIN 38404-4 (C4):1976	Določevanje temperature Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C) Bestimmung der Temperatur (C4)		odpadne vode waste waters
19.	ISO/TS 15769-2000 interno navodilo št.10.32.06.ND, izdaja 1 in-house method No.10.32.06.ND, release 1	Hidrometrične določitve – tok tekočin v odprtih kanalih in delno napoljenih – Smernice pri merjenju pretoka na osnovi Dopplerjevega efekta Hydrometric determinations – Liquid flow in open channels and partly filled pipes – Guidelines for the application of Doppler-based flow measurements		odpadne vode waste waters
20.	SIST EN ISO 7393-2:2000 modificiran modified	Kakovost vode – Določevanje prostega in celotnega klora – 2 del: Kolorimetrijska metoda z uporabo N,N-diethyl-1,4-fenilendiamina Water quality – Determination of free chlorine and total chlorine – Part 2: Colorimetric method using N, N-diethyl-1,4-phenylenediamine for routine control purposes	(0,1 – 0,5) mg/l	odpadne vode waste waters

HIDROINŠTITUT

Pooblaščenci za izvajanje monitoringa pretoka:

- 19 pooblaščenec
- majhen delež pooblaščenec zaposluje strokovnjake s področja hidrotehnike oz. vsaj komunale



Emisijski monitoring:

- merjenje količine odpadne vode
- vzorčenje odpadne vode
- merjenje fizikalnih in kemijskih parametrov in analiza vzorca
- vrednotenje emisije snovi in izračun letne količine odpadne vode in količine nevarnih snovi
- izračun emisijskega faktorja ali učinka čiščenja (mejna vrednost)
- izdelava poročila o opravljenih meritvah

Postopek izvedbe meritev pretoka:

- načrtovanje meritev
- izbor merilne metode
- izbor merilne opreme
- izbor in ureditev merilnega mesta
- verifikacija m.m., ocena merilne negotovosti



Seznam merilnih metod

STANDARD ISO 8363: Izbor merilne metode			kriteriji						napaka	
Št.	Opis	ISO	širina	globina	hitrost	obremenitev s sedimenti	robni pogoji	časovni faktor	spodnja meja %	komentar
1	Hitrost-površina z brodenjem	ISO 748	L, M, S	S	S, M		b, c, d	J, K	±3	A, B
2	Hitrost-površina z mostu	ISO 748	M, L	M, L	M, L		b, c, d	K	±3	A, B, C, D
3	Hitrost-površina z žičnico	ISO 748	M, L	M, L	M, L		b, c, d	K	±4	A, B, C
4	Hitrost-površina s statičnim plovilom	ISO 748	M, L	M, L	M, L		b, c, d	K	±4	A, B, C, E
5	Hitrost-površina z gibljivim plovilom	ISO 4369	L, M, S	M, L	M, L		b, c, d	K	±6	A, B, E
6	Hitrost-površina s plavači	ISO 748	M, L	M, L	M, L, S		b, c, d	K	±10	F
7	Naklon-površina	ISO 1070	M, L	M, L	M, L		b, c, d	K, N	±10	Q
8	Ultrazvočne meritve	ISO 6416	M, L	M, L	M, L, S	R	b, c, d	G, J, H	±5	
9	Elektromagnetne meritve	ISO/TR 9213	M, S	S, M	S, M		b, d	G, H, J	±5	T
10	Redčenje, kemično, kontinuirani vnos	ISO 555/1	S, M	S, M	S, M		c, g, k	K, N	±3	
11	Redčenje, kemično, posamični vnos	ISO 555/2	S, M	S, M	S, M		c, g, k	K	±3	
12	Redčenje, radioaktivno, posamični vnos	ISO 555/3	S, M	S, M	S, M		c, g, k	K	±3	
13	Redčenje, radioaktivno, kontinuirani vnos	ISO 555/3	S, M	S, M	S, M		c, g, k	K, N	±3	
14	Volumetrične metode	ISO2425						K	±10	H
15	Ostrorobi preliv in zareze - V preliv	ISO 1438/1	S	S	M, S	I	a, b, e, j	J, G	±3	
16	Ostrorobi pravokotni preliv s stranskimi zožitvami	ISO 1438/1	S	S	M, S	I	a, b, e, f, j	J, G	±1	
17	Ostrorobi preliv in zareze - pravokotni preliv	ISO 1438/1	S	S	M, S	I	a, b, e, f, j	J, G	±1	
18	Jezovi s široko krono, ostrí gorvodni rob	ISO 3846	M, S	S	M, S	I	a, b, e, h, j	J, G	±5	
19	Jezovi s široko krono, zaobljeni gorvodni rob	ISO 4374	M, S	S	M, S	I	a, b, e, h, j	J, G	±5	
20	Jezovi - trikotni profil	ISO 4360	M, S	S	M, S	I	a, b, e, j	J, G	±5	
21	Jezovi - trikotni profil - ravne V oblike	ISO 4377	M, S	S	M, S	I	a, b, e, j	J, G	±5	
22	Jezovi s široko krono, V - oblike	ISO 8333	M, S	S	M, S	I	a, b, i	J, G	±5	
23	Korita, pravokotna	ISO 4359	M, S	S	M, S	I	a, b	J, G	±5	
24	Korita, trapezna	ISO 4359	M, S	S	M, S	I	a, b	J, G	±5	
25	Korita, U - oblike	ISO 4359	M, S	S	M, S	I	a, b, i	J, G	±5	
26	Nepotopljeni preliv, pravokotni kanali	ISO 3847	M, S	M, S	M, S		a, b	J, G	±10	
27	Nepotopljeni preliv, nepravokotni kanali	ISO 4371	M, S	M, S	M, S		a, b	J, G	±10	

simbol	Definicija
a	Potreben miren režim toka
b	V toku ne sme biti prečnih hitrosti
c	Odsek mora biti relativno nezaraščen
d	Odsek mora biti raven ter enotnega prereza
e	Odsek mora biti raven ter simetričnega prereza približno 10 širin gorvodno
f	Odsek mora imeti vertikalne stene ter ravno dno najmanj 10 širin zrcala na prelivu gorvodno
g	Tok v kanalu mora biti izrazito turbulenten (možen tudi vodni skok), da zagotovimo mešanje
h	Odsek mora biti gorvodno pravokotnega profila na razdalji najmanj dvakratne največje višine
i	Odsek mora imeti skoraj U obliko
j	Porazdelitev hitrosti mora biti precej enakomerna
k	Odsek mora biti brez mrtvih rokavov ali depresij v dnu korita
A	Z metodo hitrost-površina, kjer merimo hitrost na globini 0.6 h, ali z dvema točkama je lahko najmanjša napaka do 5%
B	Z metodo hitrost-površina, kjer merimo hitrost na površini, je lahko najmanjša napaka do 10%
C	Včasih so potrebni popravki zaradi vpliva zraka in omočitvene linije
D	Večjo napako lahko povzroči motnja zaradi mostnih podpornikov
E	Večja napaka je lahko zaradi vlečne sile vodnega toka, motnje plovila in valovanja
F	Ta metoda je priporočljiva le, če je vpliv vetra majhen in ni mogoča uporaba nobene druge metode. Takšne rezmere so običajno precej spremenljive in zato je težko oceniti napako metode. Navadno lahko ocenimo, da je metoda s plavači manj natančna od konvencionalnih metod in bolj natančna od metod naklon-površina.
G	Merilna metoda primerna za pogostejša merjenja
H	Merilna metoda primerna za vodotoke pod vplivom plimovanja
I	Ni dovoljena velika obremenitev s sedimenti
J	Hitra merilna metoda (manj kot 1 ura)
K	Počasna merilna metoda (1-6 ur)
L	Velike širine (> 50 m) ali velike hitrosti (več kot 3 m/s) ali velike globine (več kot 5 m)
M	Srednje širine (5 - 50 m) ali srednje hitrosti (med 1 in 3 m/s) ali srednje globine (1 - 5 m)
N	Zelo počasen merski postopek (več kot 6 ur)
Q	Približna merilna metoda, ki jo uporabljamo, merjenje hitrost-površina ni izvedljivo in lahko določimo naklon dovolj natančno
R	Koncentracija suspendiranih materialov mora biti nizka, da preprečimo izgubo akustičnega signala; iz istega razloga mora biti tudi brez mehurčkov
S	Ozki profil (manj kot 5 m) ali majhne globine (manj kot 1 m) ali majhne hitrosti (manj kot 1 m/s)
T	Lahko uporabimo tudi v vodotokih z bujno vegetacijo in transportom sedimentov

Kriteriji za pravilno izbiro merilne opreme (A Teledyn Technologies Company)

Suitability for Different Applications	Ultrasonic Sensor	Submerged Probe	Bubbler	Area Velocity Sensor
Weirs and flumes	Excellent ¹	Excellent	Excellent	Excellent
Channels less than 6 in. (150 mm)	Not Recommended	Excellent	Excellent	Not Recommended
Small round pipes, 6 to 8 in. (150 to 200 mm)	Good ²	Excellent	Excellent	Excellent
Medium round pipes, 10 to 15 in. (250 to 375 mm)	Good ²	Excellent	Excellent	Excellent
Large round pipes, 15 to 96 in. (375 to 2500 mm)	Excellent ²	Good	Excellent	Excellent
Irrigation channels and small streams	Excellent ²	Good	Excellent	Good
Rivers and large streams	Excellent ²	Good	Excellent	Good
Chemical Compatibility of Sensor				
Organic solvents	Compatible	Not Recommended	Compatible	Not Recommended
Organic acids	Compatible	Not Recommended	Compatible	Not Recommended
Alcohols	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Esters	Compatible	Not Recommended	Compatible	Not Recommended
Inorganic acids	Compatible	Not Recommended	Compatible	Not Recommended
Inorganic bases	Compatible	Not Recommended	Compatible	Not Recommended
Inorganic salts	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Performance Under Adverse Conditions				
Strong winds	Not Recommended	Excellent	Excellent	Excellent
Air temperature fluctuations	Very Good ³	Excellent	Very Good ³	Excellent
Steam above liquid	Not Recommended	Excellent	Excellent	Excellent
Foam on liquid	Not Recommended	Excellent	Excellent	Excellent
Flow stream turbulence	Not Recommended	Excellent	Excellent	Excellent
Floating debris	Not Recommended	Excellent	Excellent	Excellent
Floating oil or grease	Not Recommended	Excellent	Excellent	Excellent
Suspended solids	Excellent	Very Good	Good	Very Good
Suspended grease	Excellent	Very Good	Good	Very Good
Silting in	Excellent	Very Good	Good	Very Good
Liquid temperature fluctuations	Very Good ⁴	Good ⁴	Excellent	Good ⁴
Submerged flow	Not Recommended	Not Recommended	Not Recommended	Excellent
Full pipe flow	Not Recommended	Not Recommended	Not Recommended	Excellent
Surcharged flow	Not Recommended	Not Recommended	Not Recommended	Excellent
Reverse flow	Not Recommended	Not Recommended	Not Recommended	Excellent
Maintenance Requirements Caused by Adverse Conditions				
Silting in	None	Occasional	Occasional	Occasional
Suspended solids	None	Occasional	Occasional	Occasional
High grease concentration	None	Occasional	Occasional	Occasional

1. Use with caution in small flumes
2. There must be adequate space above for mounting sensor.
3. Large air temperature fluctuations will affect accuracy.
4. Large water temperature fluctuations will affect accuracy.

Meritve pretoka

meritve pretoka v odprtih kanalih (vodotokih)
in ceveh s prosto gladino

meritve pretoka v zaprtih segmentih
(pod tlakom, v ceveh)

↓
karakteristična prosta gladina

ISO standardi, ki urejajo meritve pretokov

- Splošni ISO/TR7066-1:1997
- Standardi za meritve pretoka v zaprtih segmentih (Flow in closed conduits)
- Standardi za meritve pretoka v odprtih kanalih (Flow in open channels)
- Mednarodni slovar osnovnih in splošnih izrazov s področja meroslovja (USM,1999), SIST EN ISO 772:2002 -Hidrometrične določbe- Slovar in simboli (ISO 772:1996)

Kontrole točnosti veĉ tipov merilnikov pretoka

- Buhler Montec 3010-1000 surveylogger Detec 3510
- ISCO 4230



- ISCO 4250

- ISCO 2150



- ISCO 2150



- SIGMA 900 MAX Portable sampler



- Nivus PCM3

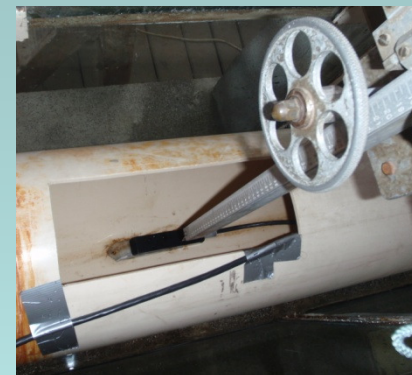
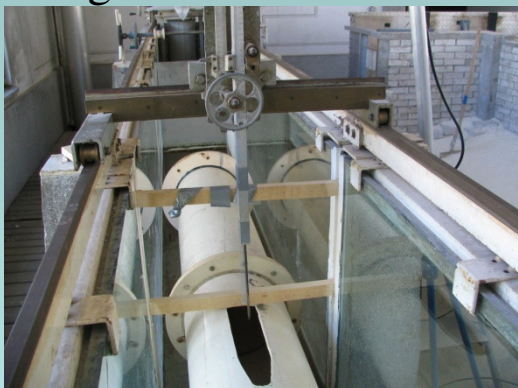


- ISCO 750



Naše merilno mesto

- Okrogla PVC cev $\Phi 300\text{mm}$



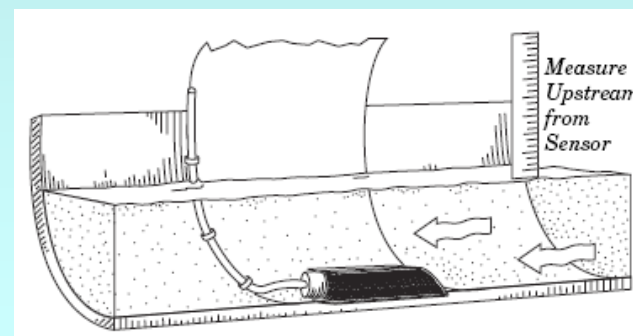
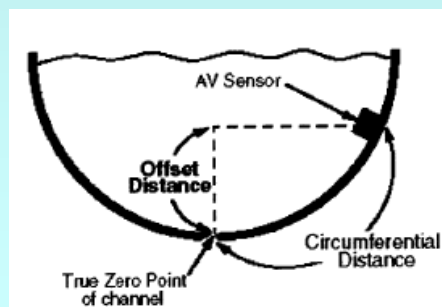
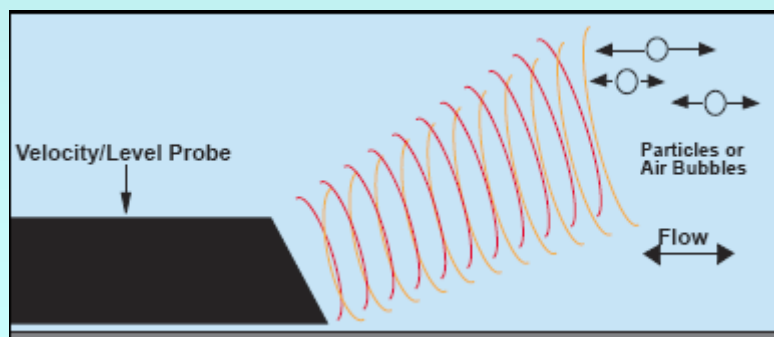
- Pravokotni žleb širine 50 cm



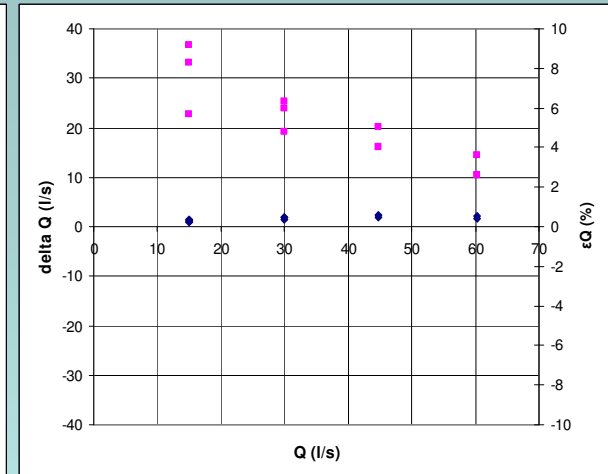
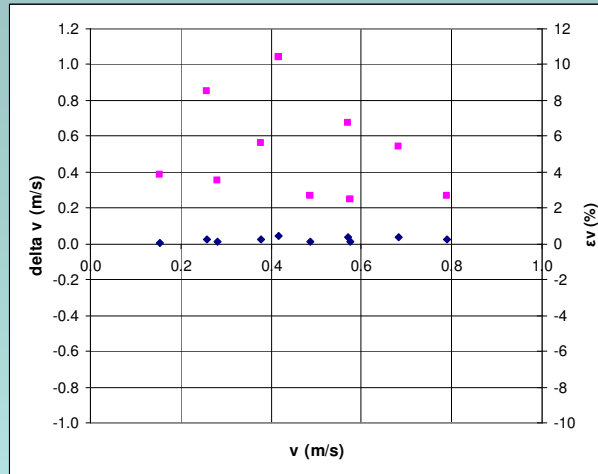
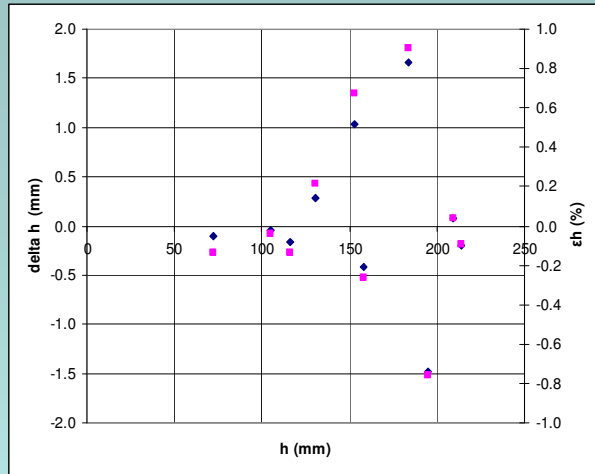
- Določitev dejanskega $Q \rightarrow$ trikotni preliv,
- Določitev dejanske $h \rightarrow$ v mirni vodi, v toku; izmerimo z ostnim merilom
(vnesti izmerjeno višino v program merilnika)

Primer: Kontrola točnosti UZ merilnika pretoka ISCO 2150

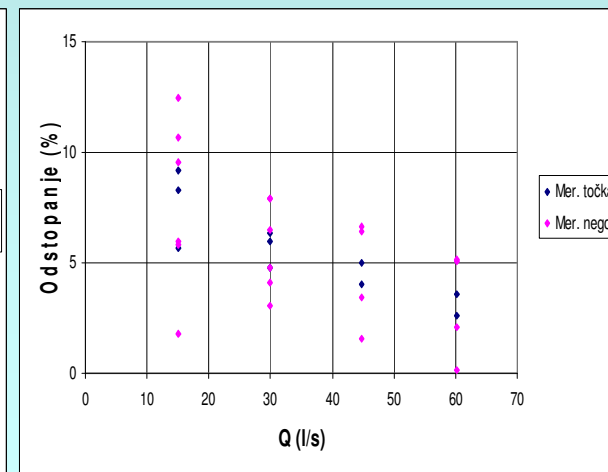
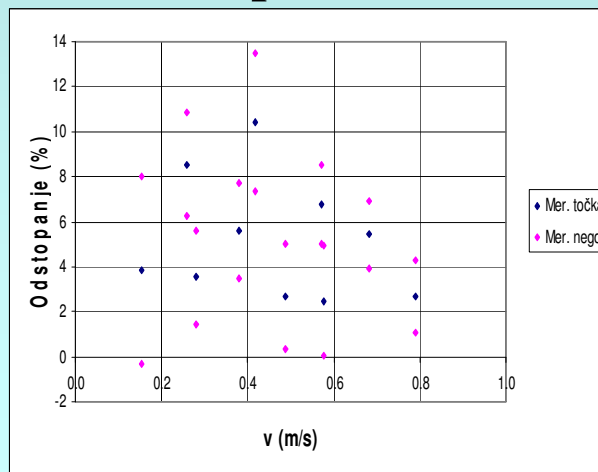
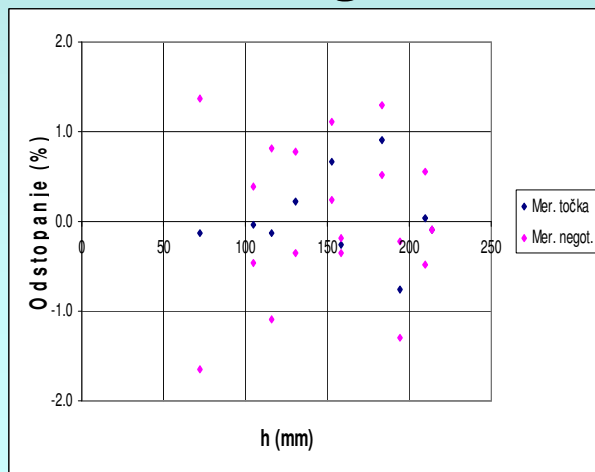
- ISO/TS 15769:2000 Hidrometrične določitve-tok tekočin v odprtih kanalih in delno polnjenih-Smernice pri merjenju pretoka na osnovi Dopplerjevega efekta (tehnično navodilo)
- Ultrazvočna sonda (fiksirana na dno, gorvodno usmerjen UZ žarek)
- Karakteristike instrumenta (območje meritev - h, v; UZ žarek v obliki stožca)
- Lastnosti tekočine (razporeditev hitrosti, delcev; usedline, alge; temperatura, slanost, raztopljene kemikalije) in kanala (oblika, velikost, min dolžina)
- Za UZ merilnike je 10% merilna negotovost sprejemljiva
- Na določenih merilnih mestih je mogoče meriti samo z UZ merilniki
- UZ sonda (AV senzor - metoda površina-hitrost → pretok; vnos trenutne višine v programFlowlink)



Analiza izmerjenih višin, hitrosti vodnega toka in izračunanih pretokov z merilnikom ISCO 2150



Prikaz odstopanja in merilne negotovosti pri izmerjenih višinah, hitrostih vodnega toka in izračunanih pretokih z merilnikom ISCO 2150



Pogoste napake na merilnih objektih v naravi:

- napaka pri projektiranju geometrije in umestitve merilnega objekta,
- napaka zaradi neustrezne nastavitve merilne opreme,
- napaka neustrezne izvedbe merilnega mesta,
- vpliv dolvodne zajezitve na merilno mesto,
- vpliv neustreznih dotočnih razmer (deroči tok, neenakomeren tok v profilu, povratni tokovi),
- prevelika nihanja pretokov za vzpostavljeno merilno mesto (izven merilnega območja),
- motnje zaradi spreminjajoče se vsebine odpadnih snovi v vodi (umazanija, odlaganje, zamašitve),
- agresivnost okolja (temperatura, kemizem),
- motnje v merilnem profilu (vzorčevalniki, odvzemi,...).

Zaključek

- Kvalitetno izvedene meritve pretoka
- Specifična strokovna znanja
- Načrtovanje merilnih objektov, ocena izvedenega stanja, izvajanje meritev (standardi)
- Merilno mesto
- Metoda merjenja
- Merilna oprema
- Verifikacija merilnega mesta
- Merilna negotovost rezultata

