



כיול מדי ספיקה

מרצה: גדי רח

גדי

0525-772250

הכיול

- ▶ פעולה שמבוצעת במטרה לקבוע קשר בין ערכים כמותיים הכוללים אי ודאות שמסופקים באמצעות אבות מידה לבין מכשיר נבדק.
- ▶ הכיול מבוצע בתנאים מוגדרים ולכן, תוצאות הכיול תקפות לזמן הכיול ובתנאים בו בוצע בלבד.
- ▶ אי ודאות הכיול תמיד תהיה גדולה מאי ודאות אב המידה ששימש כייחוס.

הכיול - המסך

- ברוב המקרים, יש להשלים את פעולת הכיול בביצוע בדיקות למערכות תומכות: בקרים, מסכים וכו'.
- בחלק מהמקרים יש צורך בביצוע בדיקת אימות לאחר ההתקנה.

G flow פתרונות כול

מד הספיקה

- מודד כמות חומר ליחידת זמן.
- כמות : נפח או משקל.
- חומר: גז, נוזל, מוצק.
- בסיס זמן.

G flow פתרונות כול

יחידת הספיקה

g/s Kg/min kg/h l/h l/min m³/h

כמות ליחידת זמן

יחידת הספיקה וערך אי הוודאות שלה, מיוצרת מחדש במהלך כל נקודת כיול.

G flow מרחבת כול

מד מהיחת זרימה

▶ מודד מרחק / דרך ליחידת זמן.

▶ מרחק / דרך : מילימטר, מטר, Inch , Foot.

▶ חומר: גז, נוזל, מוצק.

▶ בסיס זמן.

דרך ליחידת זמן

m/sec , fps

G flow מרחבת כול

מערכות כיוול

- ▶ שני סוגים בסיסיים למערכות כיוול ספיקה:
- ▶ מערכות כיוול ראשוניות ומערכות כיוול משניות:

▶ מערכות ראשוניות:

העקיבות ישירה ליחידות מסה, אורך (נפח), כמות זמן. בתוספת אפשרית של מדידת טמפרטורה ולחץ בהתאם לשיטה ולמערכת הנבדקת.

G flow פתרונות כיוול

International System of Units (SI)

Name	סימן	שם יחידה	הגודל
meter	m	מטר	אורך
kilogram	kg	קילוגרם	מסה
second	s	שנייה	זמן
kelvin	K	קלווין	טמפרטורה

G flow פתרונות כיוול

SI base units

Table 1. SI base units

Base quantity	SI base unit	
	Name	Symbol
length	metre	m
mass	kilogram	kg
time	second	s
electric current	ampere	A
thermodynamic temperature	kelvin	K
amount of substance	mole	mol
luminous intensity	candela	cd

מערכות ראשוניות

מערכת כיוול גז
בשיטת שקילה



G flow פתרונות כיוול

שיטות ראשוניות

Gravimetric

מדידת משקל החומר הזורם לתוך / מתוך מיכל ביחידת זמן.

Volumetric

מדידת נפח החומר הזורם לתוך / מתוך מיכל ביחידת זמן.

בספיקות גז: זרימה לתוך נפח משתנה או
זרימה לתוך נפח קבוע ומדידת שינויי הלחץ והטמפרטורה.

G flow מתרומת כול

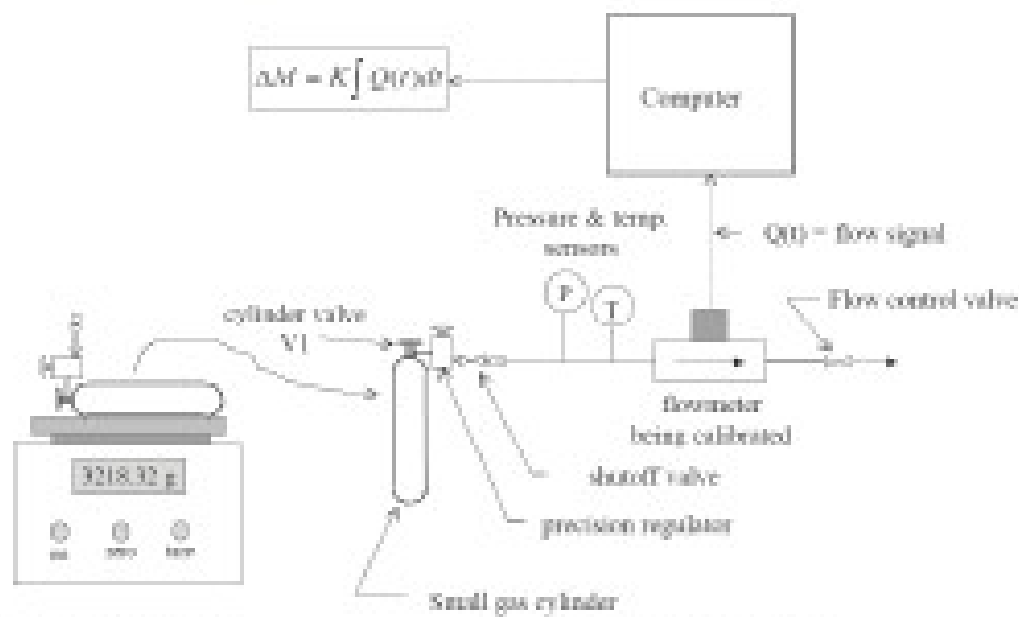
PISTON PROVER

מדידת פרק הזמן הנדרש
לאיסוף נפח ידוע של גז
תוך מדידת טמפרטורה
ולחץ.
בוכנה הנעה בתוך
צילינדר מדויק בערכי
חיכוך ומילה קטנים מאוד.



G flow מתרומת כול

מערכת כיול גז בשיטת שקילה



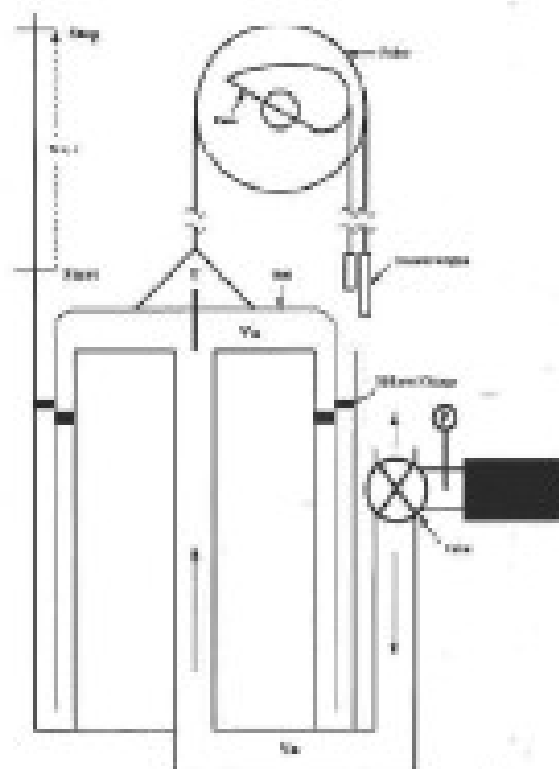
Weighing the cylinder

Performing the calibration

G flow מתרומת כול

BELL PROVER

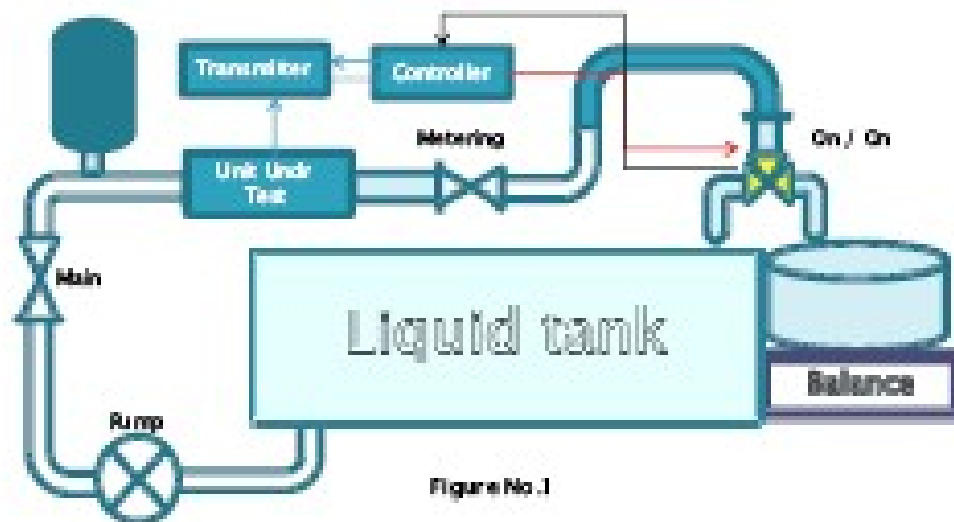
מדידת פרק
הזמן הנדרש
למילוי נפה ידוע
של גז תוך
מדידת
טמפרטורה
ולחץ.



G flow מתרומת כול

G flow מתרומת כול

מערכת כיול מד ספיקת נוזל בשיטת שקילה



הפניית זרימת נוזל בחוג סגור ובתנאי זרימה יציבים אל מיכל שקילה והשוואת הכמות שנמדדת ע"י המכשיר הנבדק לכמות שנמדדת ע"י מערכת השקילה.

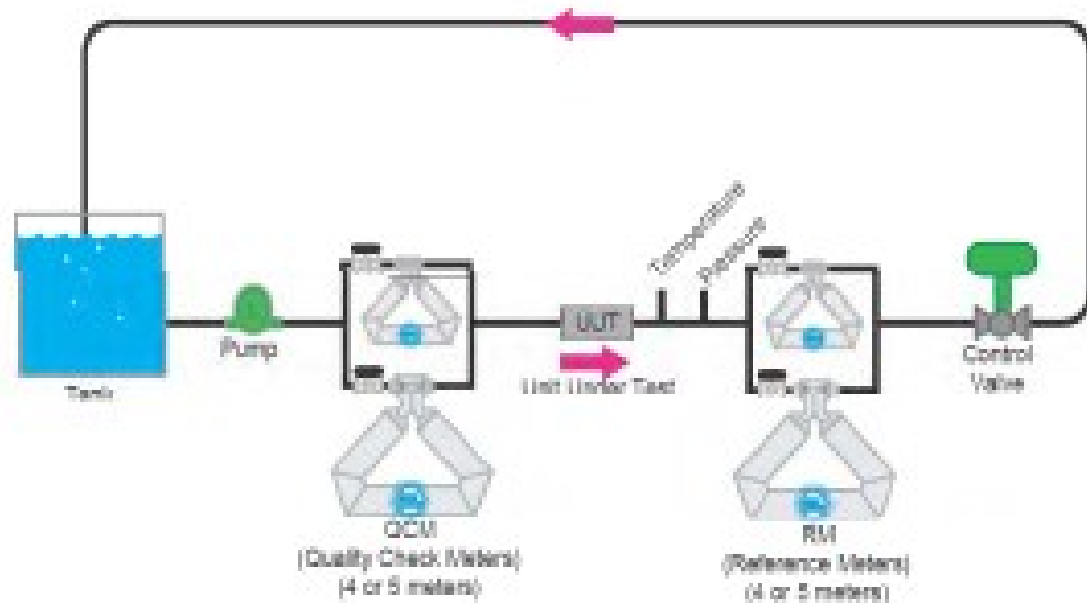
G flow פתרונות כיול

מערכות כיול אחרות

- ▶ מערכת כיול משנית
- ▶ הכיול מבוצע בהשוואה למכשיר מכויל ועקיב למערכת ראשונית.
- ▶ רצוי להשתמש במערכת המבוססת על שיטת מדידה שונה מהמכשיר הנבדק.

G flow פתרונות כיול

כיול בהשוואה למכשיר ייחוס



G flow מתרומת כול

G flow מתרומת כול

מערך כיול טורי

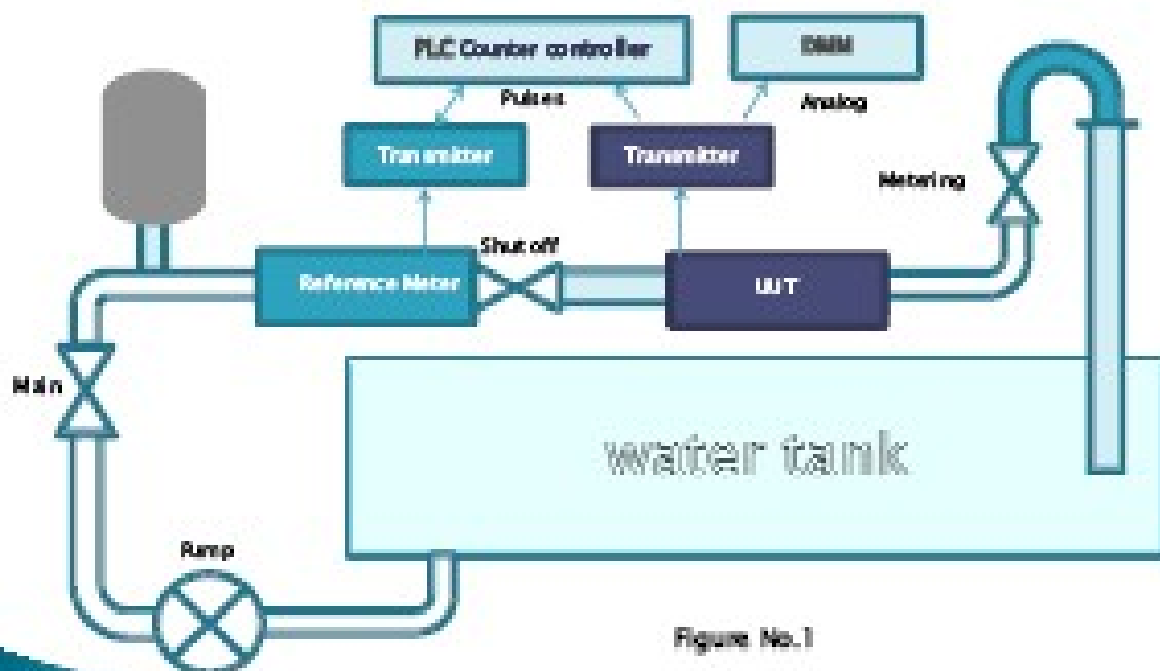


Figure No.1

G flow מתרומת כול

תקנים

▶ אין תקנים בינלאומיים לכיול מדי ספיקה. קיימים תקנים כאלה למסה, אורך וזמן. העקיבות לספיקה במערכות ראשוניות מלקחת מתקנים אלה.

▶ תקן ISO 17025 המפרט את הדרישות הכלליות לכשירות לביצוע כיולים לרבות עקיבות הכיול.

▶ מערכות כיול ראשוניות ומשניות מיוצרות ע"י מעבדות כיול ונבחנות ע"י הלקוח או רשויות ההסמכה.

G flow מתחמת כיול

רשויות הסמכה

ILAC

International Laboratory Accreditation Cooperation

ISRAC - הרשות הלאומית להסמכת מעבדות

ישראל

AZLA - *American Association for Laboratory Accreditation*

ארצות הברית

NVLAP - *National Voluntary Laboratory Accreditation Program*

אנגליה

UKAS - *United Kingdom Accreditation Service*

גרמניה

DKD - *Deutscher Kalibrier-dienst*

G flow מתחמת כיול

הגדרת הכיול

▶ מה מכיילים ?

▶ מסה / נפח

תצוגה מקומית 852 l/h

יציאת זרם 14.83 mA

יציאת פולסים $1 \text{ p} = 10 \text{ liter}$

צפיפות $P = 0.9986 \text{ g/ml}$

טמפרטורה $^{\circ}\text{C}$

לחץ bar

G flow פתוחת כול

הגדרת הכיול

▶ מקום ביצוע הכיול:

▶ האם המכשיר יכול כשהוא מורכב
במערכת ?

▶ האם כל מרכיבי המערכת נשלחים לכיול
במקרה שהכיול מבוצע במעבדה ?

G flow פתוחת כול

הגדרת הכיול

▶ חומר הכיול:

רגישות לנתוני חומר:
צמיגות, צפיפות, טמפרטורה וכד'
במיוחד בספיקות נמוכות.

▶ תחום הכיול:

תחום המכשיר כנגד התחום שבשימוש
המערכת.

G flow פתוחת כול

הגדרת הכיול

• הסטייה המרבית המותרת:

האם הדרישה לדיוק אופיינה בהתאמה
לדרישות התהליך או נלקחה מנתוני
יצרן ללא התחשבות במגבלות התהליך ?

• אי הוודאות:

הגדרת אי הוודאות הנדרשת בכיול
(לא מהמכשיר).

G flow פתוחת כול

הגדרת הכיול

• שיטת הכיול:

האם שיטת הכיול תוכננה בהתאמה לאופן השימוש במכשיר?
כיול הכולל התחלה וסוף, כיול במנות קטנות מאוד / גדולות מאוד?

• תנאי ייחוס לכיול בספיקות גז:

Normal / Standard / Actual

G flow פתוחות כיול

סוגי מדי ספיקה לא כוללים

- ▶ Turbine, Magnetic, Ultrasonic, Sonic Nozzle, Orifice, V-Cone, Laminar, Vortex Swirl, Open-Channel, Thermal Mass, Coriolis, Positive Displacement, Variable area - Rota meter,,

▶ רגישויות:

חומר הכיול, צמיגות, צפיפות, מוליכות, טמפרטורה, התקנה, הפרשת אלקטרומגנטיות, פרופיל זרימה וכד'.

G flow פתוחות כיול

תיקוף שיטת הבדיקה

תיקוף שיטת בדיקה:

הוכחה בדבר התאמת השיטה שנבחרה לשימוש.
בדיקות קדם המבוצעות במטרה להכיר את
מגבלות השיטה:
גבול הגילוי, דיוק, טווח, ליניאריות, ושאר נתונים
הנחוצים לביצוע חישוב אי וודאות הכיול.

G flow פתרונות כיול

גורמים שישפיעו על תוצאות הכיול

מד ספיקה מגנטי.
כיול בהשוואה למכשיר ייחוס תוך כדי זרימה.
הכיול מבוצע עבור יציאת זרם 4 to 20 mA
ועבור תצוגת המכשיר ביחידות הנדסיות
הכיול מבוצע בתחום ספיקה מוגדר.

G flow פתרונות כיול

גורמים שישפיעו על תוצאות הכיול

▶ אי וודאות מכשיר הייחוס:

אי הוודאות והסטיות בכיול האחרון,
סחף תקופתי.
כושר הפרדת התצוגה.

▶ הדירות מערכת הכיול:
תוצאות בדיקת התיקוף.

גורמים שישפיעו על תוצאות הכיול

▶ פרופיל הזרימה:

מיישרי הזרימה, קוטר, אורך ואיכות פנים
הצינור.

חיבורי הצנרת: התאמה בין האוגנים, אטמים
ומחברים.

יציבות הזרימה.

גורמים שישפיעו על תוצאות הכיול

- ▶ אויר במערכת: קו חזרת נוזל למערכת הסחרור או נזילה.
- ▶ חומר הכיול: ניקיון, מוליכות נמוכה, גבולית ולא יציבה.
- ▶ רעשים אלקטרומגנטיים מקוחת אפשריים: מטעים, מתנעים, ווסתי מהירות.
- ▶ חשמל סטטי ואיכות חיבורי הארקה.
- ▶ ערכי CUTOFF ואיכות ביצוע האיפוס ZERO בתחילת הכיול.

G flow פתרונות כול

גורמים שישפיעו על תוצאות הכיול

- ▶ חימום ראשוני, כושר הפרדה של תצוגת המכשיר, יציבות הקריאה, ערך DAMPING, אופן ותזמון לקיחת התוצאות.
- ▶ חישובים.
- ▶ טעויות העתקה ועריכה.

G flow פתרונות כול

גורמים שישפיעו על תוצאות הכיול

▶ כל חריגה מגבולות הנראות היצרן לגבי טמפרטורה (נוזל וסביבה), רעידות, לחץ העבודה, מתח הפעלה וכו'.

▶ קריאת זרם היציאה 4 to 20 mA
אי וודאות קריאת הזרם כתוצאה מ:
אי וודאות כיול מכשיר הקריאה, סטיות בכיול, כושר הפרדת התצוגה, סחף תקופתי, ליניאריות, יציבות הקריאות ותזמון קריאת התוצאה.

G flow מתרומת כול

ספיקות גז

גורמים שישפיעו על תוצאות הכיול

▶ הגדרה נכונה של תנאי הייחוס. Reference Conditions

▶ סוג הגז בזמן הכיול מול הגז שבשימוש.

▶ דיוק מדידת לחץ : מהירות תגובה, מיקום ודיוק המדידה.

▶ דיוק מדידת הטמפרטורה : מהירות תגובה, מיקום ודיוק המדידה.

▶ מילות.

G flow מתרומת כול

ספיקות בד

גורמים שישפיעו על תוצאות הכיול

- ▶ פרופיל זרימה: מיישרי זרימה.
- ▶ הלחץ בו מבוצע הכיול.
- ▶ ערכי CUTOFF
- ▶ איכות ביצוע האיפוס ZERO בתחילת הכיול
- ▶ המצאות נוזל בקו הגז / אויר
- ▶ חישוב ערכי צמיגות, צפיפות ודחיסות הגז.

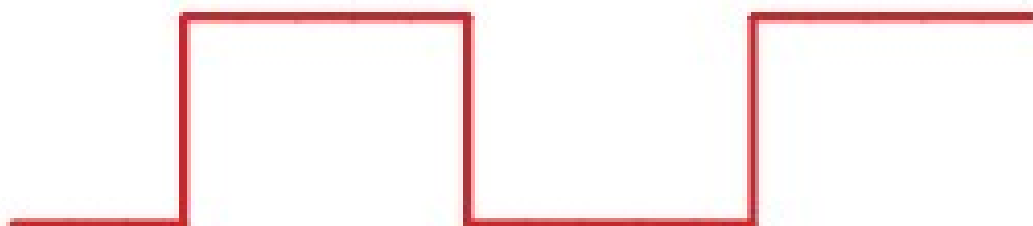
G flow פתרונות כיול

כיול יציאת פולסים של מד ספיקה

G flow

כיוול יציאת אורות (פולסים)

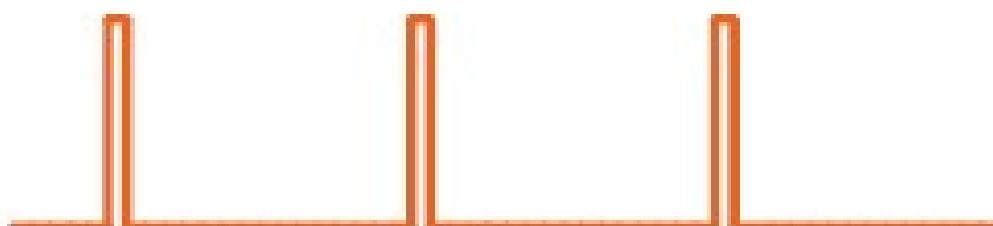
— את מהכשיר הנבדק



G flow פרוסת כול

כיוול יציאת אורות (פולסים)

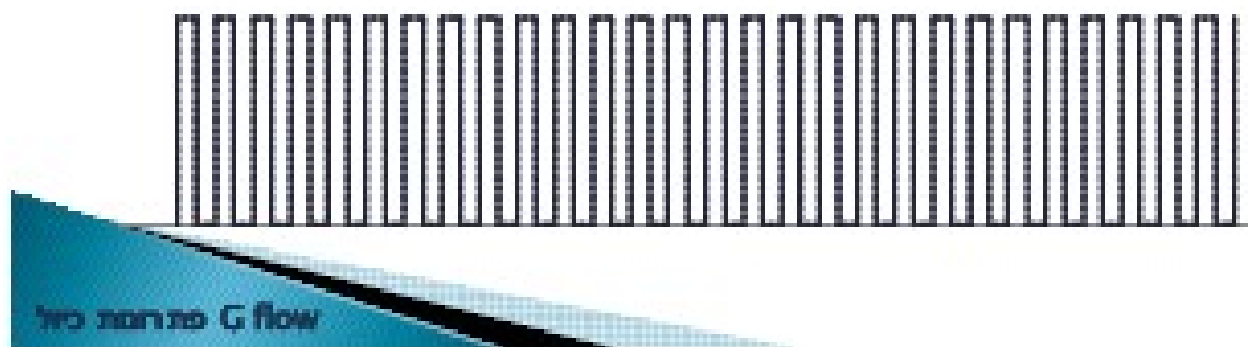
— מסעי נבדק



G flow פרוסת כול

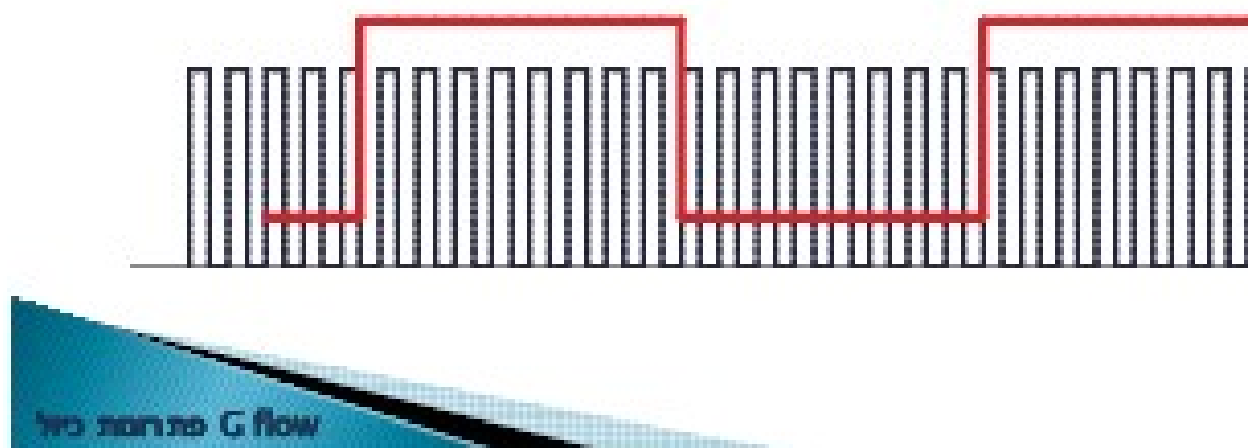
כיוול יצאא אאאא (אולסאם)

מכשיר ייחוס—



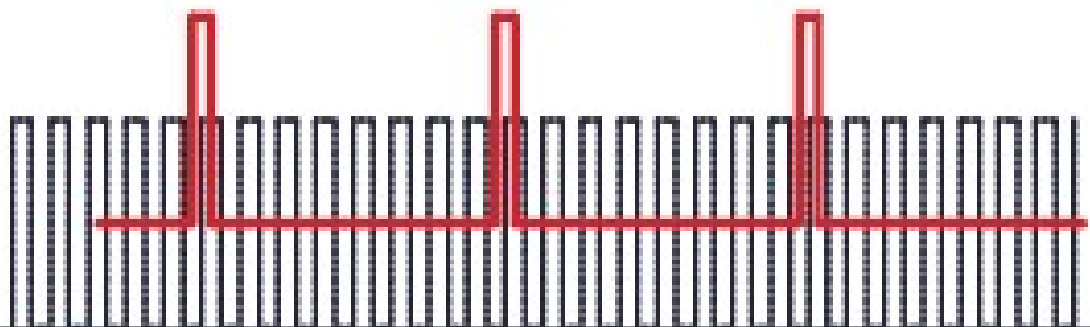
כיוול יצאא אאאא (אולסאם)

מכשיר נבדק— מכשיר ייחוס—



כיוול יציאת אטות (פולסים)

מכשיר נבדק — מכשיר ייחוס —



G flow פתרונות כיוול

תעודת הכיוול - זיהוי

G flow

Calibration Certificate No. 1234-10

Customer

Name: *Carrot*
Address: *Mofet*

Unit Under Test

Manufacturer: *J+H*
Model: *PROMAG 50*
Serial No.: *123133*
Customer No.: *234234*
Calibration Range: *20 to 200 kg/min*
Output: *Spidee = 0.1 kg*
Tolerance: *± 0.5 %FS*
Ambient Conditions: *20 ± 1 °C, 50 ± 10 %RH*

Calibration

Place of Calibration: *Molon*
Date of Calibration: *02.02.2009*
LABORATOR CERTIFICATE: *ROMAT 20 °C, 10000 g/ST*
Date Of Issue: *02.02.2009*

Reference Instrument

Description: *Mass Flow Meter*
Internal No.: *07 033*
Due Date: *02.02.2009*
Manufacturer: *CF MET*

G flow פתרונות כיוול

פרטי הכיול

Calibration Results

Reference Instrument		Unit Under Test		Deviation	Expanded Uncertainty
A_{ref}/u_{ref}	A_{ref}	$\mu_{UUT} \pm u_{UUT}$	A_{UUT}	MSDg	$\pm k=2u_{exp}$
10	50.03	500	50	-0.1	0.2
50	249.17	2500	250	0.3	0.3
100	499.14	5000	500	0.1	0.1

Calibrated by: Gasfl flow

-End of certificate-

The uncertainties are for a compliance probability of approximately 95% and coverage factor of $k=2$. The Calibration performed is according with the requirements of ISO/IEC 17025. The DEMC symbol refers to calibrations which are included in the laboratory scope of accreditation, and performed according to the accreditation rules as stipulated in the accreditation certificate. ISO/IEC 17025 is not responsible for the calibration results reported by the laboratory and the accreditation in no way constitutes or implies product approval. Calibration results relate only to items calibrated and only at the date of calibration. Compliance with tolerance standards also constitutes no warranty. Calibration certificates shall have the appropriate language in which they were given. Calibration certificates shall be issued in the language of the calibration. Standards used are maintained in accordance with ISO/IEC 17025 and are traceable to National and International Standards.

Page 2 of 2

flow מטרות כול

מדי ספיקת גז – אימות דיהן בזרמת מים

- ▶ בדיקת אימות ביצועי מערכת ע"י הזרמת סוג הזרמת אחר.
- ▶ כל אימות מסוג זה מבוסס על הוראות יצרן מפורטות המגדירות את התהליך, את הגבולות, המקדמים והחישובים שיש לבצע. כל התיעוד מסופק ע"י היצרן.
- ▶ אימות כזה אינו מחליף כיוול עקיב.
- ▶ ניתן להשתמש בתוצאות לבחינת סחף תקופתי בביצועי המכשיר.
- ▶ בחלק מהמכשירים השיטה אכן מספקת תוצאה המעידה על תקימות של המכשיר.

flow מטרות כול

אימות מדי זרימה גדולים

- ▶ מדי זרימה גדולים אשר אין אפשרות לאמת אותם בהזרמת חומר אחר או בכל סוג של השוואה למד ספיקה.
- ▶ אימות כזה יכול להתבצע ע"י מדידת מהירות זרימה במספר מקודות שבשטח החתך, ניתוח הנתונים עם מאפייני הזורם וביצוע חישובים והמרות ליחידות ספיקה.
- ▶ ניתן לביצוע בעזרת מדי מהירות Insertion בשיטת שבשבות (אקטואלי) או בשיטה טרמית (מסתי)

G flow פתרונות כול

שאלות

G flow

Reynolds Number [Re]

- ▶ מספר ריינולדס:
- ▶ פרמטר חסר מימד המשמש ככלי הנדסי העוזר לקבוע אם הזרימה היא טורבולנטית או למינרית.
- ▶ המספר מבטא את היחס שבין הלחץ דינמי לבין כוחות החיכוך הפועלים בין הזורם לסביבת הזרימה.
- ▶ לחץ דינמי = מכפלת צפיפות במהיירות ²
- ▶ כוח החיכוך = מכפלת הצמיגות במהירות ובאורך.

G flow פתרונות כול

Reynolds Number [Re]

Laminar flow ▶

$$Re < 2000$$

Turbulent ▶

$$Re > 3000$$

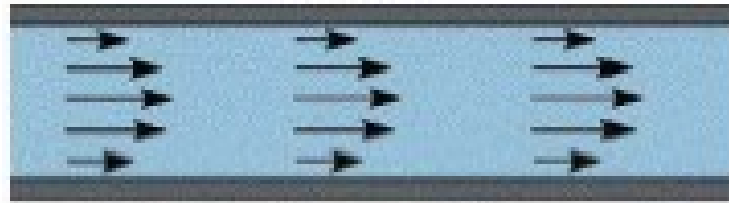
G flow פתרונות כול

מאפייני זרימה

Turbulent

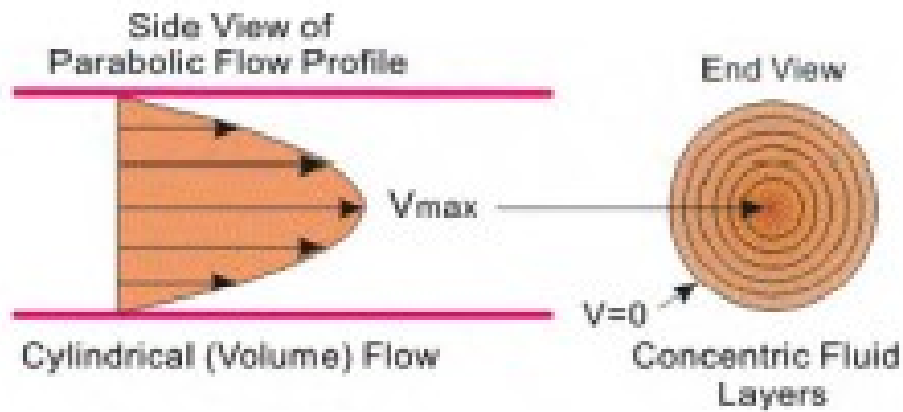


Laminar



G flow פורמט כול

זרימה למינרית



G flow פורמט כול

G



flow

גדי רז

0525-772250