

MÄTOSÄKERHET – SKRYMDENSITET I KOLVBORRHYLSA

I det här exemplet finns mätosäkerhetsberäkning för bestämning av skrymdensitet i kolvborrhylsa beskriven. För en detaljerad beräkning, se excel-fil under:

P: |Laboratorie|Geolab|Styrande dokument|Dokument|Mätosäkerhet|Mätosäkerhet-Skrymdensitet

Inledning

Bestämning av skrymdensitet utförs enligt standard SS-EN ISO 17892-2:2014 och görs rutinmässigt på jordprover i kolvborrhylsor. Vågen tareras med en tom hylsa av samma typ och volymen antas motsvara de mått som en kolvborrhylsa enligt ritning skall ha.

En stor osäkerhet som inte innefattas av mätosäkerhetsberäkningen är att det erhållna värdet på skrymdensiteten är ett genomsnittligt värde för ett prov som kan ha varierande sammansättning. Ett betydande fel kan uppstå om provtagningen orsakat separation av jorden i hylsan. Det är inte ovanligt att prov av lös lera eller organisk jord deformerats vid provtagningen, så att jorden inte har full anliggning mot hylsans väggar. Skrymdensiteten rapporteras då som osäker.

Utrustning

- Våg (Mettler, PG 5002-S DR, s/n: 1117513776), mätområde 0–5000 g. Största tillåtna last max 1000 g/5000 g. Skaldelsvärde 0,01 g/0,1 g.
- Ställinjal, mätområde 0–170 mm. Skaldelsvärde 0,5 mm.

Parametrar som påverkar mätosäkerheten

1. Hylsans massa (våg)
2. Vägning (våg)
3. Hylsans höjd och innerdiameter (tolerans)
4. Mätning av höjd (injal)
5. Ojämnheten på ytan efter trimning

Förklaring till ingående parametrar

1. Vid en intern kontroll (vägning av 200 hylsor) konstaterades det att hylsornas massa (tomt) har en standardavvikelse på $\pm 0,6894$ g. Vågens mätosäkerhet är försumbar i sammanhanget. Antas en normalfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_1) = 0,6894 \text{ g}$$

2. Vågen har en mätosäkerhet på $\pm 0,02$ g enligt det senaste kalibreringsbeviset. Mätosäkerheten är angiven som en utvidgad mätosäkerhet med täckningsfaktorn $k=2$. Antas en normalfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_2) = \frac{0,02 \text{ g}}{2} = 0,01 \text{ g}$$

Vågen har en avläsbarhet på 0,01 g ($\pm 0,005$ g) i det givna mätområdet 0–1000 g. Antas en rektangelfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_3) = \frac{0,005 \text{ g}}{\sqrt{3}} = 0,0028868 \text{ g}$$

3. Enligt toleranskrav för kolvborrhylsornas höjd och innerdiameter så har de en standardavvikelse på $\pm 0,01$ cm respektive $+ 0,01$ cm. Antas en triangelfördelning ger det standardosäkerheterna:

$$u(x_4) = \frac{0,01 \text{ cm}}{\sqrt{6}} = 0,0040825 \text{ cm}$$

$$u(x_5) = \frac{0,01 \text{ cm}}{\sqrt{6}} = 0,0040825 \text{ cm}$$

MÄTOSÄKERHET – SKRYMDENSITET I KOLVBORRHYLSA

4. Linjalen anses ha en noggrannhet på $\pm 0,05$ cm. Antas en rektangelfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_6) = \frac{0,05 \text{ cm}}{\sqrt{3}} = 0,028868 \text{ cm}$$

Linjalen har en avläsbarhet på $0,05$ cm ($\pm 0,025$ cm). Antas en rektangelfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_7) = \frac{0,025 \text{ cm}}{\sqrt{3}} = 0,0144338 \text{ cm}$$

Fel som tillkommer vid hantering av linjalen $\pm 0,1$ cm. Antas en triangelfördelning ger det standardosäkerheten:

$$u(x_8) = \frac{0,1 \text{ cm}}{\sqrt{6}} = 0,040825 \text{ mm}$$

5. Ojämnheten på ytan efter trimning anses vara försumbar i sammanhanget och påverkar inte mätosäkerheten.

Sambandet mellan in- och utstorheter

Beräkning av skrymdensiteten, ρ (g/cm^3) görs enligt följande formel:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_p - m_h}{\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot (h - a)}$$

där

ρ :	Provets beräknade skrymdensitet (g/cm^3)
m :	Provets massa (g)
V :	Provets volym (cm^3)
m_p :	Kolvborrhylsan + provets massa (g)
m_h :	Kolvborrhylsans massa (g)
d :	Kolvborrhylsans innerdiameter (cm)
h :	Kolvborrhylsans höjd (cm)
a :	Skillnaden mellan kolvborrhylsans höjd och provets höjd (cm)

Med antagna värden för respektive parameter ger det formeln:

$$\rho = \frac{575,84 - 88,74}{\frac{\pi \cdot 5,02^2}{4} \cdot (17,0 - 1,5)} = 1,588 \text{ g}/\text{cm}^3$$

Känslighetsfaktorer

Derivering av formeln ovan ger känslighetsfaktorerna som används för beräkning av den sammanlagda standardosäkerheten.

Känslighetsfaktorerna blir:

$$\frac{\partial}{\partial m_p} \rho = \frac{4}{[\pi d^2 \cdot (h - a)]} = \frac{4}{[\pi \cdot 5,02^2 \cdot (17,0 - 1,5)]} = 0,0032597$$

MÄTOSÄKERHET – SKRYMDENSITET I KOLVBORRHYLSA

$$\frac{\partial}{\partial m_h} \rho = -\frac{4}{[\pi d^2 \cdot (h - a)]} = -\frac{4}{[\pi \cdot 5,02^2 \cdot (17,0 - 1,5)]} = -0,0032597$$

$$\frac{\partial}{\partial d} \rho = -\frac{8 \cdot (m_p - m_h)}{[\pi d^3 \cdot (h - a)]} = -\frac{8 \cdot (575,84 - 88,74)}{[\pi \cdot 5,02^3 \cdot (17,0 - 1,5)]} = -0,63258$$

$$\frac{\partial}{\partial h} \rho = -\frac{4 \cdot (m_p - m_h)}{[\pi d^2 \cdot (h - a)^2]} = -\frac{4 \cdot (575,84 - 88,74)}{[\pi \cdot 5,02^2 \cdot (17,0 - 1,5)^2]} = -0,10244$$

$$\frac{\partial}{\partial a} \rho = \frac{4 \cdot (m_p - m_h)}{[\pi d^2 \cdot (h - a)^2]} = \frac{4 \cdot (575,84 - 88,74)}{[\pi \cdot 5,02^2 \cdot (17,0 - 1,5)^2]} = 0,10244$$

Sammanställning

Osäkerhetskälla	Storhet X_i	Skattning x_i	Standard- osäkerhet $u(x_i)$	Sannolikhets- fördelning	Känslighets- faktor c_i	Bidrag till mätosäkerheten $u_i(y) = c_i \cdot u(x_i)$
Kolvborrhylsan:						
Hylsans massa (g)	m_h	88,74	0,6894	Normal	-0,0032597	-0,00224720
Hylsans höjd (cm)	h	17,0	0,0040825	Triangulär	-0,1024371	-0,00041820
Hylsans diameter (cm)	d	5,02	0,0040825	Triangulär	-0,6325799	-0,00258251
Våg:						
Mätosäkerhet (g)	m_p	575,84	0,01	Normal	0,0032597	0,00003260
Avläsbarhet (g)	m_p	575,84	0,0028868	Rektangulär	0,0032597	0,00000941
Linjal:						
Noggrannhet (cm)	a	1,5	0,0288675	Rektangulär	0,102437	0,00295710
Avläsbarhet (cm)	a	1,5	0,0144338	Rektangulär	0,102437	0,00147855
Fel vid hantering (cm)	a	1,5	0,040825	Triangulär	0,102437	0,00418200

Detta ger den sammanlagda standardosäkerheten:

$$u_c(y) = \sqrt{u_1^2(y) + u_2^2(y) + u_3^2(y) + \dots + u_n^2(y)} = 0,00635 \text{ g/cm}^3$$

Den utvidgade mätosäkerheten, med täckningsfaktorn $k = 2$, vilket för en normalfördelning svarar mot en täckningssannolikhet på ungefär 95 % blir:

$$U_{95}(y) = k_{95} \times u_c(y) = 2 \times 0,00635 \approx 0,013 \text{ g/cm}^3$$

Slutsats

Vid en skrymdensitet på 1,59 g/cm³ uppskattas den utvidgade mätosäkerheten, U, vid konfidensnivån 95 %, till:

$\pm 0,013 \text{ g/cm}^3$ (ABS) eller $\pm 0,80 \%$ (RSD)