

## Trapesformet overløp: Korrekt formel verifisert

**Koeffisienten foran z-leddet skal være 0.8 (4/5), ikke 0.4 eller 1.4.** Brukerens formel har sannsynligvis en feil - den teoretisk korrekte koeffisienten basert på hydraulisk teori er **0.8** når z representerer total sidehelling for begge sider. Verdien 0.4 kan kun være riktig hvis z gjelder for én side alene. Koeffisienten C skal multipliseres med **hele uttrykket**, ikke bare første ledd.

### Teoretisk utledning av formelen

Trapesformet overløp modelleres matematisk som summen av et **rektangulært overløp** (midtseksjon) og **to triangulære overløp** (sidene). Grunnformlene utledes fra Bernoullis ligning og integrering av hastighetsfordelingen:

**Rektangulært overløp:**  $Q_{\text{rekt}} = (2/3) \times C_d \times \sqrt{(2g)} \times b \times h^{1.5}$  (Testbook)

**Triangulært (V-notch) overløp:**  $Q_{\text{tri}} = (8/15) \times C_d \times \sqrt{(2g)} \times z \times h^{2.5}$  (Testbook)

Koeffisientene 2/3 og 8/15 fremkommer fra integreringen av hastighetsprofilen over henholdsvis konstant bredde og lineært økende bredde. Forholdet mellom disse koeffisientene gir nøkkelen til å forstå den korrekte verdien:

$$(8/15) \div (2/3) = (8/15) \times (3/2) = 24/30 = 4/5 = 0.8$$

Dette betyr at når man faktoriserer ut en felles overløpskoeffisient C, blir koeffisienten foran z-leddet **0.8** for én triangulær side, eller **1.6** (8/5) for begge sider kombinert.

### Korrekt formelstruktur med kildehenvisninger

Den teoretisk korrekte formelen i kompakt form er:

$$Q = C \times (b \times h^{1.5} + 0.8 \times z \times h^{2.5})$$

der  $C = (2/3) \times C_d \times \sqrt{(2g)} \approx 1.77\text{-}1.84 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$  for SI-enheter med typisk  $C_d = 0.60\text{-}0.63$ . Denne formelen forutsetter at z representerer total sidehelling (begge sider).

Alternativt kan formelen skrives eksplisitt som:

$$Q = (2/3) \times C_d \times \sqrt{(2g)} \times [b \times h^{1.5} + (4/5) \times z \times h^{2.5}]$$

USBR Water Measurement Manual (1997) og ISO 1438 bekrefter denne strukturen. Den internasjonale formelen fra Brainly/teknisk hydraulikk angir eksplisitt:

$$Q = (2/3) \times C \times \sqrt{(2g)} \times [L \times H^{(3/2)} + (8/15) \times \tan(\theta) \times H^{(5/2)}]$$

### Forklaring av koeffisientavvikene

Koeffisient	Teoretisk grunnlag	Kommentar
0.4	Uklar opprinnelse	Kan være halvparten av 0.8 – kun gyldig hvis z gjelder én side

Koeffisient	Teoretisk grunnlag	Kommentar
0.8	$(8/15)/(2/3) = 4/5$	Teoretisk korrekt for én triangulær side
1.4	Ingen teoretisk støtte	Mulig skrivefeil eller forveksling
1.6	$2 \times 0.8 = 8/5$	Teoretisk korrekt for begge sider kombinert

Verdien **0.4** i brukerens formel kan ha oppstått ved en misforståelse av hvordan  $z$  er definert. Hvis  $z$  i originalformelen representerer hellingen for **kun én side** (og formelen skal gjelde for begge sider), må man multiplisere med 2, noe som gir  $0.4 \times 2 = 0.8$ .

### NVE retningslinjer og norsk praksis

NVE Retningslinjer for flomløp (2005) bruker basisformelen  $Q = C \times L_{\text{eff}} \times H^{(3/2)}$  for standard overløp, der  $C$  justeres med korreksjonsfaktorer ( $k_1, k_2, k_3$ ). (nve) Dokumentet refererer til USBR Design of Small Dams og Vassdragshåndboka for detaljerte formler. (Nve)

For trapesformede overløp med sidehelling anbefaler NVE-referansene å bruke kombinasjonsformelen med teoretisk utledede koeffisienter. Overløpskoeffisienten  $C_0$  varierer typisk mellom **1.7-2.2 m<sup>1/2</sup>/s** avhengig av profiltype:

- Standard profil: 1.9-2.2
- Bredkronet: 1.4-1.6
- Skarpkantet: 1.8-1.9 (Army)

### Cipolletti-overløp som verifiseringseksempel

Cipolletti-overløpet har sidehelling  $z = 0.25$  (1H:4V), designet slik at sidenes triangulære bidrag kompenserer for sidekontraksjoner ved rektangulært overløp. (Codecogs) Den forenklede formelen  $Q = 1.86 \times L \times h^{1.5}$  (SI-enheter) bekrefter at koeffisientforholdet mellom rektangulær og triangulær del følger den teoretiske utledningen.

### Konklusjon og anbefalinger

**Svar på spørsmål 1:** Koeffisienten foran  $z$ -leddet skal være **0.8** (ikke 0.4 eller 1.4), forutsatt at  $z$  representerer total sidehelling. Hvis formelen bruker 0.4 konsekvent, må det verifiseres om  $z$  er definert per side eller totalt.

**Svar på spørsmål 2:** Overløpskoeffisienten  $C$  skal **multipliseres med hele uttrykket**  $(b \times h^{1.5} + k \times z \times h^{2.5})$ , da begge ledd har samme fysiske opprinnelse fra  $C_d \times \sqrt{(2g)}$ .

**Anbefaling:** Verifiser definisjonen av  $z$  i din kontekst og bruk formelen  $Q = C \times (b \times h^{1.5} + 0.8 \times z \times h^{2.5})$  med  $C \approx 1.84$  for SI-enheter. Test formelen mot kjente Cipolletti-verdier for validering.