



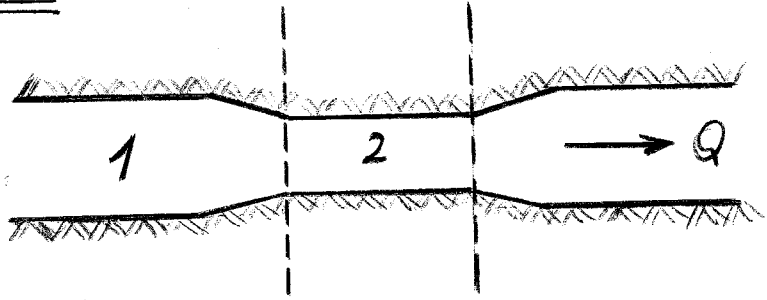
İ.T.Ü İNŞAAT FAKÜLTESİ - HİDROLİK DERSİ

AÇIK KANAL HİDROLİĞİ 2

1. **Soru :** Taban genişliği 8 m olan dikdörtgen kesitli bir kanaldan $24 \text{ m}^3/\text{s}$ debi geçerken su derinliği 2.0 m' dir. Kanal genişliğinin 6 m' ye düşürüldüğü kesitte ;
 - a) 0.20 m yüksekliğinde bir eşik yerleştirildiğinde eşik üzerindeki su derinliğini hesaplayınız.
 - b) 0.50 m yüksekliğinde bir eşik yerleştirildiğinde eşik üzerindeki su derinliğini hesaplayınız.
 - c) Eşik öncesinde kabarma olmaması için eşik yüksekliği $e_{\max}$ en fazla ne olmalıdır ?
2. **Soru :** Dikdörtgen kesitli bir kanalda, $Q=15 \text{ m}^3/\text{s}$, $B=5 \text{ m}$, $k=50$ ve kanal taban eğimi $10=0.0025$ dir.
 - a) Daralma yapılmadan önceki bölgede üniform akım derinliğini ve akımın rejimini bulunuz.
 - b) Membadaki akım şartlarını değiştirmeden taban genişliğinin alabileceği minimum değeri bulunuz.
3. **Soru :** Dikdörtgen kesitli bir kanaldan, $q=3.13 \text{ m}^3/\text{s.m'}$ lik birim genişlik debisi geçmektedir.Akım derinliği 1.85m'dir. Bu kanalın tabanına $e=0.70 \text{ m}$ yüksekliğinde bir eşik yerleştirilmek isteniyor.
 - a) Akımın rejimini bulunuz.
 - b) Akımın bu eşiğin üzerinden mevcut özgül enerjisi ile geçemeyeceğini gösteriniz.
 - c) Buna göre akım eşiğin bulunduğu kesiti minimum enerjisi ile geçmelidir. Bu durumun sağlanması için akım, memba tarafında ne kadar kabarmalıdır ?
 - d) Tam eşik kesitinde suyun derinliği ne olur ?
 - e) Eşğin memba tarafındaki kabarmış su yüzü kotunu dikkate alarak eşğin mansap tarafında meydana gelecek üniform akım derinliğini bulunuz.
 - f) Eşğin daha da mansabında bir hidrolik sıçrama meydana gelir mi ? Gelirse sıçramadan sonraki su derinliğini hesaplayınız.
 - g) Bu durumda kanalda meydana gelecek su yüzeyinin şeklini çiziniz.
4. **Soru :** Dikdörtgen kesitli bir açık kanalın tabanında, eşikten önceki akım şartlarını değiştirmeden (eşikten önce kabarmaya sebep olmadan) eşiğe verilebilecek maksimum yüksek 0.50 m olarak belirlenmiş ve buna karşı gelen eşik üzerindeki akım derinliği de 1.5 m olarak ölçülmüştür. Buna göre akımın debisini, eşikten önceki gerçekleşmesi mümkün olan akım derinliği (derinlikleri) ile akımın rejimini (rejimlerini) belirleyiniz.
5. **Soru :** Taban genişliği 4 m olan dikdörtgen kesitli kanaldan $16 \text{ m}^3/\text{s}$ debi geçerken su derinliği 2.5 m dir.
 - a) Kanal genişliğinin belirli bir uzunluk boyunca 5 m' ye çıkarılması durumunda genişleme bölgesindeki su derinliği ne olur ?
 - b) Genişliğin 4 m olduğu kanalda 0.40 m derinliğinde bir taban çukuru yapılması durumunda çukur bölgesinde su derinliği ne olur ?
 - c) Kanal genişliğinin 5 m' ye çıkarıldığı bölgede 0.40 m derinliğinde bir taban çukuru yapılması durumunda çukur bölgesinde su derinliği ne olur ?
6. **Soru :** 1.3 m genişliğinde dikdörtgen kesitli bir kanalda 1 m derinliğinde su $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ' lik bir debi ile akmaktadır.
 - a) Akım hangi rejimdedir ?
 - b) Kanal genişliği az bir mesafede kanal boyunca tedrici olarak daralıp tekrar eski halini alıyor. Daralmanın olduğu kesitte genişlik 1 m' dir. Suyun mevcut enerjisi ile kabarmadan bu kesitten geçip- geçemeyeceğini kontrol ediniz.

OPEN CHANNEL FLOW - 2

I/ $Q = 24 \text{ m}^3/\text{sec.}$
 $B_1 = 8 \text{ m.}$ $B_2 = 6 \text{ m.}$
 $h_1 = 2 \text{ m.}$



* $q_1 = Q/B_1 = 24/8 = 3 \text{ m}^3/\text{sec.m}$

* $V_1 = Q/A_1 = q_1/h_1 = 3/2 = 1.5 \text{ m/sec.}$

* $E_1 = h_1 + V_1^2/2g = 2 + 1.5^2/19.62 = 2.11 \text{ m}$

* $h_{cr1} = \sqrt[3]{q_1^2/g} = \sqrt[3]{3^2/9.81} = 0.97 \text{ m.}$

$h_1 = 2 \text{ m} > h_{cr1} = 0.97 \text{ m.} \rightarrow \text{Subcritical flow}$

* $q_2 = 24/6 = 4 \text{ m}^3/\text{sec.m}$

* $h_{cr2} = \sqrt[3]{q_2^2/g} = \sqrt[3]{4^2/9.81} = 1.18 \text{ m.}$

* $E_{min2} = 3/2 h_{cr2} = 3/2 \cdot 1.18 = 1.77 \text{ m.}$

* $E_1 \geq E_{min2} + e \quad ?$

$2.11 \text{ m} > 1.77 \text{ m} + 0.20 \text{ m} = 1.97 \text{ m} \quad \checkmark$

* $E_1 = E_2 + e$

$2.11 = E_2 + 0.20 \rightarrow E_2 = 1.91 \text{ m.}$

$E_2 = h_2 + V_2^2/2g = h_2 + Q^2/2gA_2^2 = h_2 + q_2^2/2gh_2^2$

* $1.91 = h_2 + 16/19.62h_2^2$

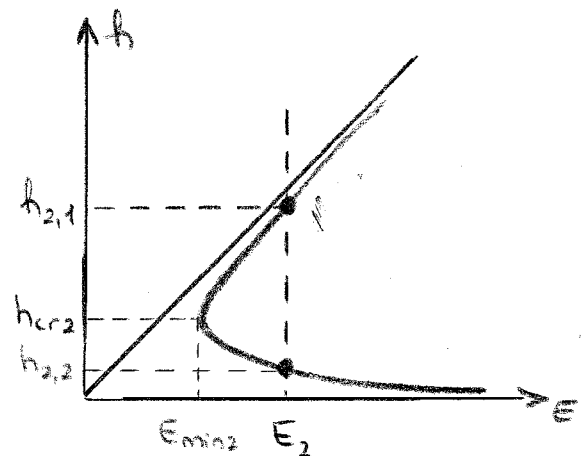
$h_2^3 - 1.91h_2^2 + 0.82 = 0$

$\Rightarrow h_{2,1} = 1.58 \text{ m. (Subcritical flow)}$

* $h_{2,2} = 0.90 \text{ m. (Supercritical flow)}$

* $h_1 = 2 \text{ m} \quad E_1 = 2.11 \text{ m.} \quad \left. \vphantom{h_1 = 2 \text{ m}} \right\} "1"$
 Subcritical flow

$h_2 = 1.58 \text{ m} \quad E_2 = 1.91 \text{ m.} \quad \left. \vphantom{h_2 = 1.58 \text{ m}} \right\} "2"$
 Subcritical flow



$$* E_1 = 2,11 \text{ m.} \quad E_{\min 2} = 1,77 \text{ m.} \quad e = 0,50 \text{ m.}$$

$$E_1 \geq E_{\min 2} + e \quad ?$$

$$2,11 \text{ m} < 1,77 \text{ m} + 0,50 \text{ m} = 2,27 \text{ m} \quad \rightarrow *$$

$$* E_1' = E_{\min 2} + e$$

$$E_1' = 2,27 \text{ m.}$$

$$E_1' = h_1' + q_1^2 / 2g \cdot (h_1')^2$$

$$* 2,27 = h_1' + 9 / 19,62 (h_1')^2$$

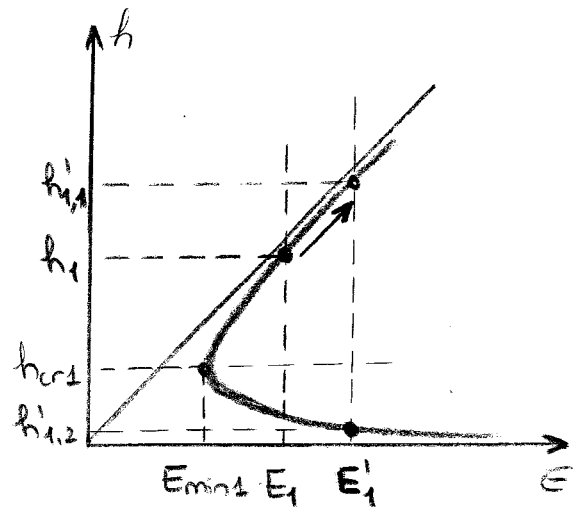
$$(h_1')^3 - 2,27 (h_1')^2 + 0,46 = 0$$

$$\Rightarrow h_{1,1}' = 2,17 \text{ m. (Subcritical flow)}$$

$$* h_{1,2}' = 0,51 \text{ m. (Supercritical flow)}$$

$$* \left. \begin{array}{l} h_1 = 2 \text{ m} \quad E_1 = 2,11 \text{ m} \\ \text{Subcritical flow} \end{array} \right\} "1"$$

$$\left. \begin{array}{l} h_1' = 2,17 \text{ m} \quad E_1' = 2,27 \text{ m} \\ \text{Subcritical flow} \end{array} \right\} "1"$$



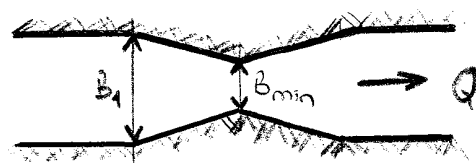
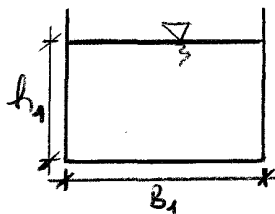
$$* E_1 \geq E_{\min 2} + e_{\max}$$

$$2,11 \text{ m} = 1,77 \text{ m} + e_{\max}$$

$$e_{\max} = 0,34 \text{ m.}$$

II/ $Q = 15 \text{ m}^3/\text{sec.}$

$B_1 = 5 \text{ m.}$ $B_2 = B_{\min}$
 $K = 50$ $I_o = 0,0025$



$$\left. \begin{aligned} * A_1 &= B_1 \cdot h_1 = 5h_1 \\ * P_1 &= B_1 + 2h_1 = 5 + 2h_1 \end{aligned} \right\} R_1 = \frac{A_1}{P_1} = \frac{5h_1}{5 + 2h_1}$$

$$* Q = K \cdot R_1^{2/3} \cdot I_o^{1/2} \cdot A_1$$

$$15 = 50 \cdot \left[\frac{5h_1}{5 + 2h_1} \right]^{2/3} \cdot 0,0025^{1/2} \cdot 5h_1$$

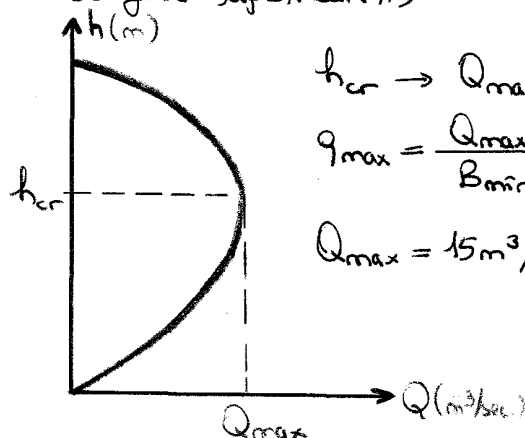
Trial - Error $\rightarrow h_1 = 1,32 \text{ m.}$

$$* h_{cr1} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{(15/5)^2}{9,81}} = 0,97 \text{ m.}$$

$$* h_1 = 1,32 \text{ m} > h_{cr1} = 0,97 \text{ m.} \rightarrow \text{Subcritical flow}$$

$$* E_1 = E_2 \quad (\text{No change in water surface upstream.})$$

$$\begin{aligned} * E_2 &= E_{\min 2} \rightarrow h_2 = h_{cr} \\ &\rightarrow q = q_{\max} \\ &\rightarrow B = B_{\min} \end{aligned}$$



$$h_{cr} \rightarrow Q_{\max}$$

$$q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{B_{\min}}$$

$$Q_{\max} = 15 \text{ m}^3/\text{sec.} = \text{constant}$$

$$* E_1 = h_1 + \frac{q_1^2}{2gh_1^2} = 1,32 + \frac{3^2}{19,62 \cdot 1,32^2} = 1,58 \text{ m.}$$

$$E_1 = h_1 + \frac{Q^2}{2g \cdot A^2} = 1,32 + \frac{15^2}{19,62 \cdot (1,32 \cdot 5)^2} = 1,58 \text{ m.}$$

$$* E_1 = E_2 = E_{\min 2} = 1,58 \text{ m}$$

$$* h_{cr2} = \frac{2}{3} E_{\min 2} = \frac{2}{3} \cdot 1,58 = 1,05 \text{ m.}$$

$$* h_{cr2} = \sqrt[3]{\frac{q_{max}^2}{g}}$$

$$q_{max} = \sqrt{h_{cr2}^3 \times g} = \sqrt{1,05^3 \times 9,81} = 3,37 \text{ m}^3/\text{sec.m}$$

$$* Q = q_{max} \cdot b_{min}$$

$$b_{min} = \frac{Q}{q_{max}} = \frac{15}{3,37} = 4,45 \text{ m.}$$

III/
$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{3,13^2}{9,81}} = 1,00 \text{ m.}$$

$$* h_{cr} = 1,00 \text{ m} < h_1 = 1,85 \text{ m} \rightarrow \text{Subcritical Flow}$$

$$* E_1 \geq E_{min} + e \quad ?$$

$$* E_{min} = \frac{3}{2} h_{cr} = \frac{3}{2} \cdot 1 = 1,5 \text{ m.}$$

$$* E_1 = h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = h_1 + \frac{q^2}{2g h_1^2} = 1,85 + \frac{3,13^2}{19,62 \cdot 1,85^2} = 2,00 \text{ m.}$$

$$* E_1 = 2,00 \text{ m} \quad E_{min} = 1,5 \text{ m} \quad e = 0,70 \text{ m.}$$

$$E_1 < E_{min} + e$$

$$* E_1' = E_{min} + e$$

$$E_1' = 1,50 + 0,70 = 2,20 \text{ m.}$$

$$* E_1' = h_1' + \frac{q^2}{2g h_1'^2} = h_1' + \frac{3,13^2}{19,62 \cdot h_1'^2} = 2,20 \text{ m.}$$

$$\rightarrow h_{1,1}' = 2,09 \text{ m. (Subcritical Flow)}$$

$$\rightarrow h_{1,2}' = 0,55 \text{ m. (Supercritical Flow)}$$

* The depth of water over the hump is the critical depth.
($h_{cr} = 1,00 \text{ m.}$)

$$* \quad E_1' = E_3$$

$$h_1' + \frac{q^2}{2g \cdot (h_1')^2} = h_3 + \frac{q^2}{2g \cdot h_3^2}$$

$$2,09 + \frac{3,13^2}{19,62 \cdot 2,09^2} = h_3 + \frac{3,13^2}{19,62 \cdot h_3^2}$$

$$2,20 \text{ m} = h_3 + \frac{3,13^2}{19,62 \cdot h_3^2}$$

$$\rightarrow h_{3,1} = 0,55 \text{ m.} \quad (\text{Supercritical flow})$$

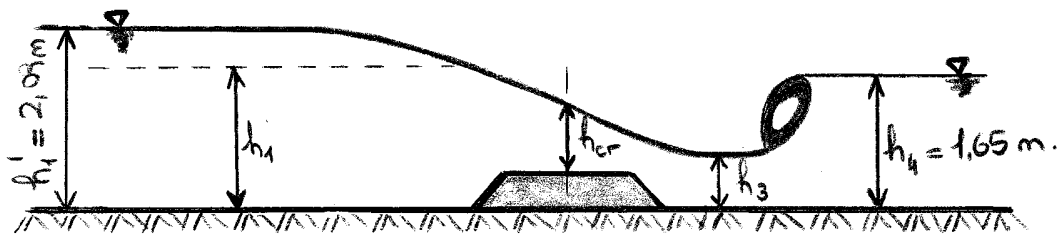
$$-x \quad h_{3,2} = 2,09 \text{ m.} \quad (\text{Subcritical flow})$$

$$* \quad h_3 h_4 (h_3 + h_4) = \frac{2q^2}{g}$$

$$0,55 \cdot h_4 (0,55 + h_4) = \frac{2 \cdot 3,13^2}{9,81}$$

$$0,55 h_4^2 + 0,30 h_4 - 2 = 0$$

$$h_4 = 1,65 \text{ m.}$$



IV/ $e = 0.50 \text{ m. (maximum)}$
 $\downarrow$
 $h_2 = 1.50 \text{ m. (critical)}$

* $E_{\min} = \frac{3}{2} h_{cr} = \frac{3}{2} \cdot 1.5 = 2.25 \text{ m.}$

* $h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$

$\Rightarrow q = \sqrt{h_{cr}^3 \cdot g} = \sqrt{1.50^3 \cdot 9.81} = 5.75 \text{ m}^3/\text{sec.m}$

* $E_1 = E_{\min} + e_{\max}$

$E_1 = 2.25 + 0.50 = 2.75 \text{ m.}$

* $E_1 = h_1 + \frac{q^2}{2gh_1^2} = 2.75 \text{ m.} = h_1 + \frac{5.75^2}{19.62 \cdot h_1^2}$

$\rightarrow h_{1,1} = 2.47 \text{ m. (Subcritical Flow) } (h_{1,1} > h_2 = h_{cr})$

$\rightarrow h_{1,2} = 0.97 \text{ m. (Supercritical Flow) } (h_{1,2} < h_2 = h_{cr})$

* $N_{Fr1} = \frac{V_{1,1}}{\sqrt{g \cdot h_{1,1}}} = \frac{q/h_{1,1}}{\sqrt{g \cdot h_{1,1}}} = \frac{5.75/2.47}{\sqrt{9.81 \cdot 2.47}} = 0.47$

$N_{Fr1} = 0.47 < 1 \rightarrow \text{Subcritical Flow}$

* $N_{Fr2} = \frac{V_{1,2}}{\sqrt{g \cdot h_{1,2}}} = \frac{5.75/0.97}{\sqrt{9.81 \cdot 0.97}} = 1.92$

$N_{Fr2} = 1.92 > 1 \rightarrow \text{Supercritical Flow}$

+1 $Q = 16 \text{ m}^3/\text{sec.}$

$B_1 = 4 \text{ m. } B_2 = 5 \text{ m.}$

⑤ $h_1 = 2,5 \text{ m.}$

* $q_1 = 16/4 = 4 \text{ m}^3/\text{sec. m}$

* $h_{cr1} = \sqrt[3]{4^2/9,81} = 1,18 \text{ m.}$

* $h_1 = 2,5 \text{ m} > h_{cr1} = 1,18 \text{ m} \rightarrow \text{Subcritical flow}$

* $q_2 = 16/5 = 3,20 \text{ m}^3/\text{sec. m}$

* $E = \text{constant}$

$q_2 < q_1 \rightarrow h_2 > h_1$

* $E_1 = E_2$

$E_1 = h_1 + \frac{q_1^2}{2g \cdot h_1^2} = 2,5 + \frac{16}{19,62 \cdot 2,5^2}$

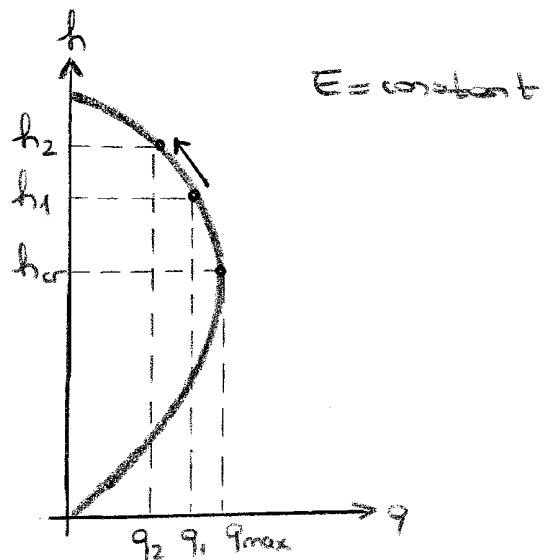
$E_1 = 2,63 \text{ m.}$

$E_1 = E_2 = 2,63 \text{ m.}$

$E_2 = h_2 + \frac{q_2^2}{2g \cdot h_2^2} = h_2 + \frac{3,20^2}{19,62 \cdot h_2^2} = 2,63 \text{ m.}$

$\rightarrow h_{2,1} = 2,55 \text{ m. (Subcritical flow)}$

$\times h_{2,2} = 0,49 \text{ m. (Supercritical flow)}$



* $E_1 + d = E_2$

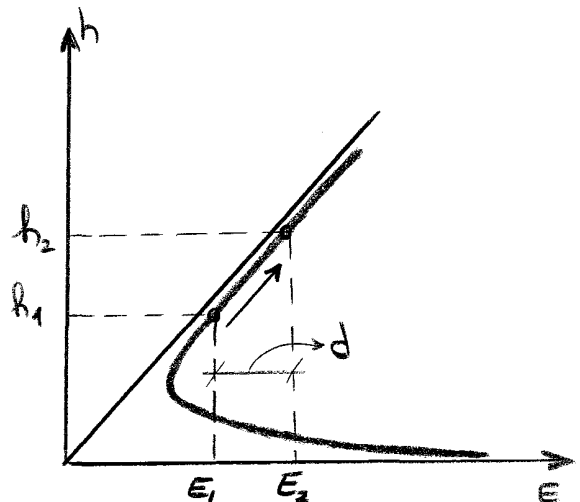
$2,63 + 0,40 = 3,03 \text{ m.}$

* $E_2 = h_2 + \frac{q_1^2}{2g \cdot h_2^2} = 3,03 \text{ m.}$

$3,03 = h_2 + \frac{4^2}{19,62 \cdot h_2^2}$

$\rightarrow h_{2,1} = 2,94 \text{ m.}$

$\times h_{2,2} = 0,58 \text{ m.}$



$$* B = 5 \text{ m} \quad d = 0.4 \text{ m}$$

$$E_2 = 3.03 \text{ m.}$$

$$E_2 = h_2 + \frac{q_2^2}{2g h_2^2} = h_2 + \frac{3.2^2}{19.62 \cdot h_2^2}$$

$$\rightarrow h_{2,1} = 2.97 \text{ m.}$$

$$\rightarrow h_{2,2} = 0.45 \text{ m.}$$

$$\text{VI/ } Q = 1 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

$$B_1 = 1.3 \text{ m.}$$

$$h_1 = 1 \text{ m.}$$

$$* q_1 = 1/1.3 = 0.77 \text{ m}^3/\text{sec.m}$$

$$* h_{c1} = \sqrt[3]{\frac{0.77^2}{9.81}} = 0.39 \text{ m.}$$

$$* h_1 = 1 \text{ m} > h_{c1} = 0.39 \text{ m.} \quad (\text{Subcritical Flow})$$

$$* B_2 = 1 \text{ m}$$

$$q_2 = 1 \text{ m}^3/\text{sec.m}$$

$$* h_{c2} = \sqrt[3]{\frac{1^2}{9.81}} = 0.47 \text{ m.}$$

$$* E_{\min 2} = 3/2 h_{c2} = 3/2 \cdot 0.47 = 0.71 \text{ m.}$$

$$* E_1 \geq E_{\min 2} \quad ?$$

$$* E_1 = h_1 + \frac{q_1^2}{2g h_1^2} = 1 + \frac{0.77^2}{19.62 \cdot 1^2} = 1.03 \text{ m.}$$

$$* E_1 = 1.03 \text{ m} > 0.71 \text{ m} \quad \checkmark$$

(There is no change in water surface upstream)