

كلية الهندسة  
جامعة أسوان



# Water Supply Engineering

**Code: CONE 323**

**Lecture: 13**  
**Course Instructor:**  
**Dr. Mohamed Fekry**

# **WATER SUPPLY WORKS**

**STORAGE & DISTRIBUTION WORKS**  
**ELEVATED TANKS.**

## Distribution Works:

### 1-High lift pumps and boosters pumps

#### purpose:

Raise the water from the ground tanks to the water network distribution system in the city.

- Pumps works 24 hours with constant rate.
- Pumps works 24 hours with two different rates.
- Pumps works 12 hours with constant rate.

### 2-Elevated Tanks:

#### Purpose: (with regard to water quantity)

A) Cover the fluctuation in water consumption through a day.

B) Cover 20 % of the fire demand.

#### Purpose: (with regard to pressure)

##### 1- Near H.L.P:

- a) fix the head of the pumps so it works with max. Efficiency
- b) protect the pumps from water hummer

##### 2- In the middle of the city:

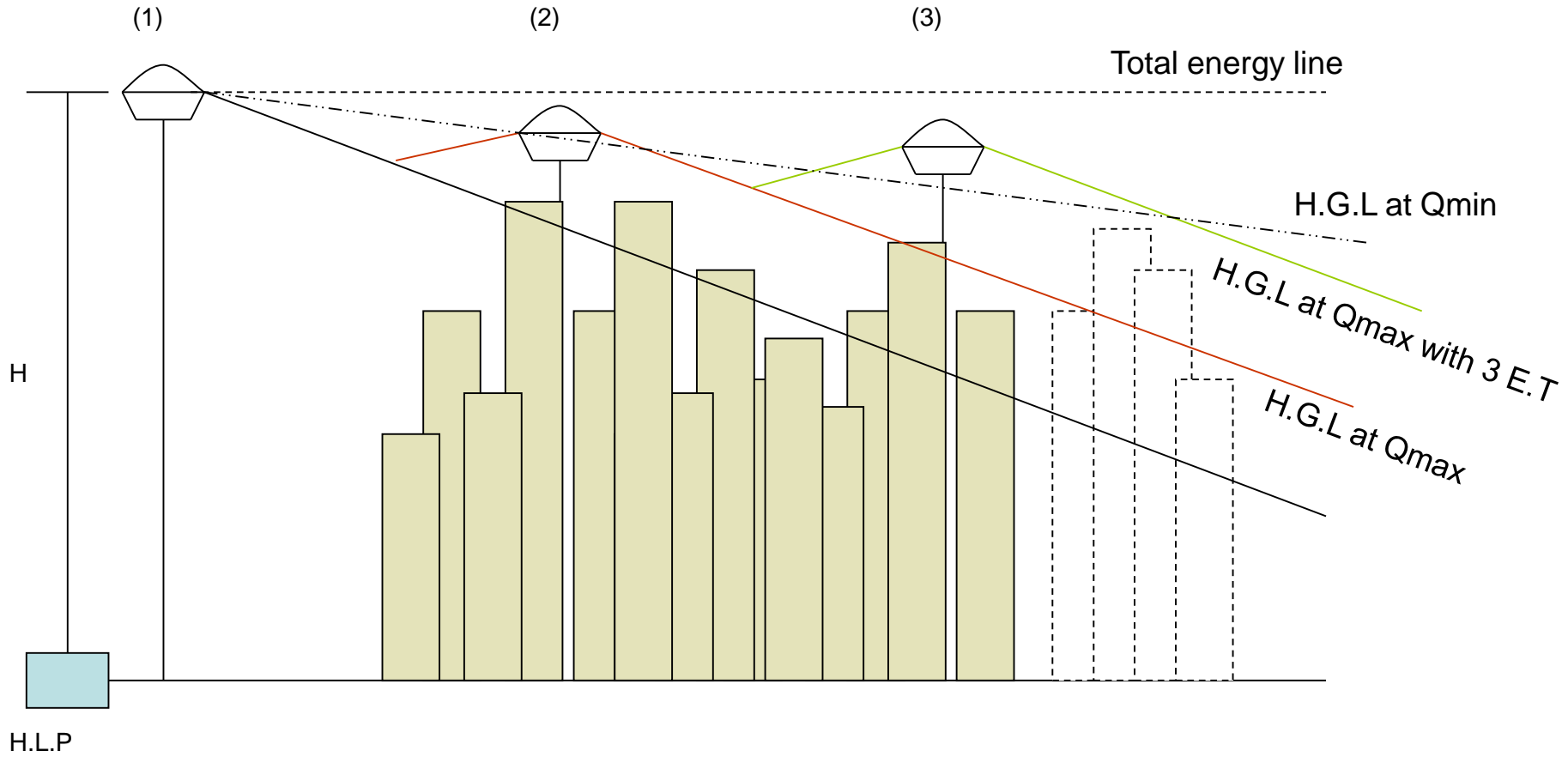
- a) improve the pressure of the city max consumption

##### 3- At the end of the city:

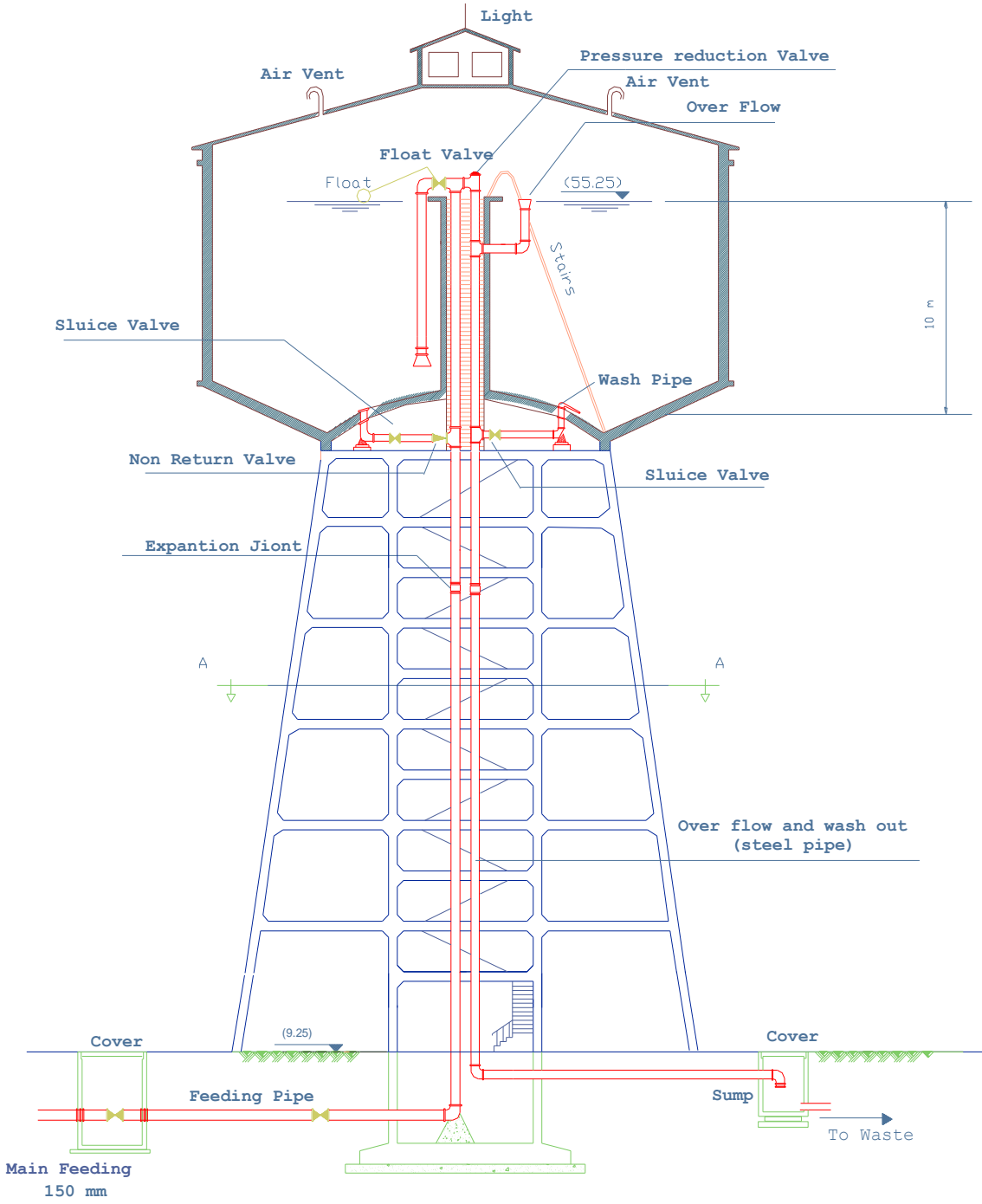
- a) improve the pressure at the end of the city
- b) give the ability to make extension to the city



**Photographs of elevated tanks**



# Elevated tank

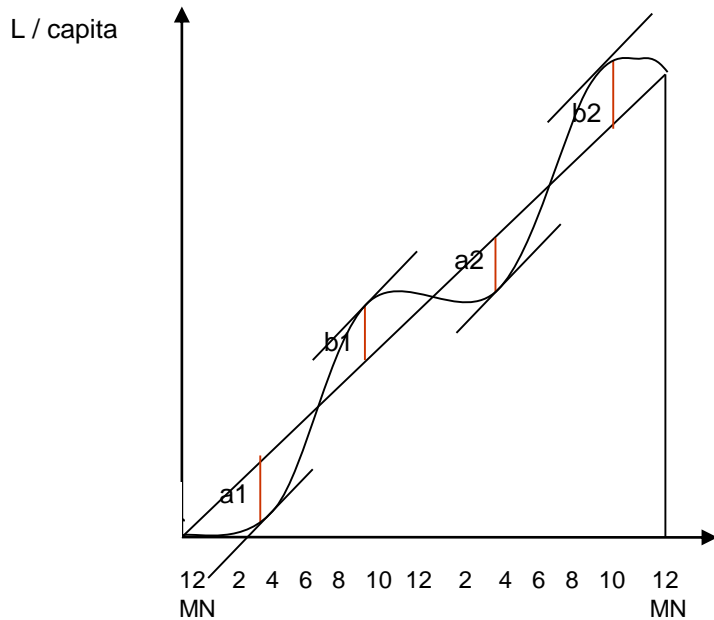


## Design criteria:

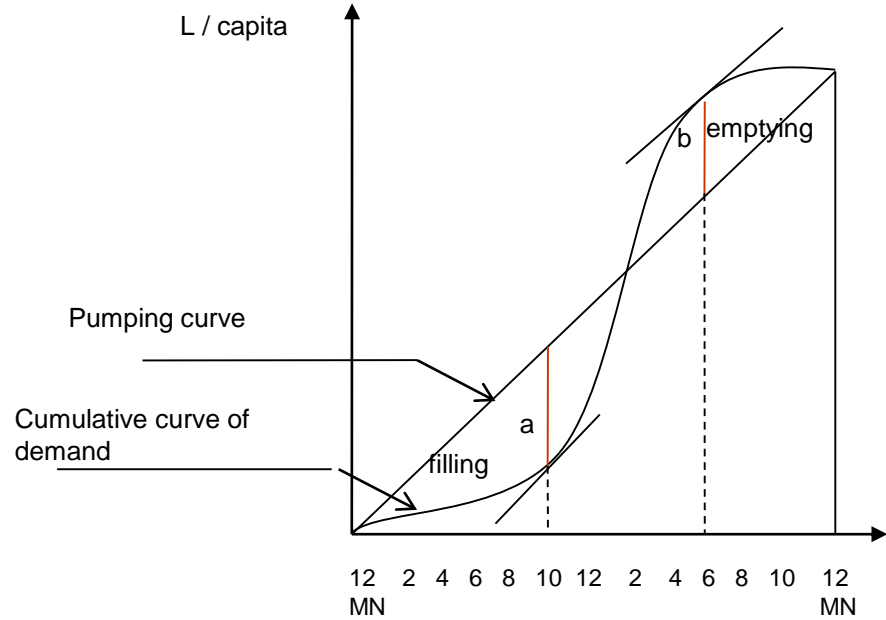
- 1- Capacity = equalizing storages + 0.2 (120 x population/10000)
- 2- Capacity =  $A \times d = n \times \pi ( \Phi^2_o - \Phi^2_i ) / 4 \times d$
- 3-  $\Phi_i = 1 - 3 \text{ m}$
- 4-  $d = 10 \text{ m}$
- 5-  $n \geq 2$
- 6-  $\Phi_o \leq 35 \text{ m}$

## a) Pumps works 24 hours with constant rate

Cumulative curve



**Equalizing storage = bigger of a + bigger of b**

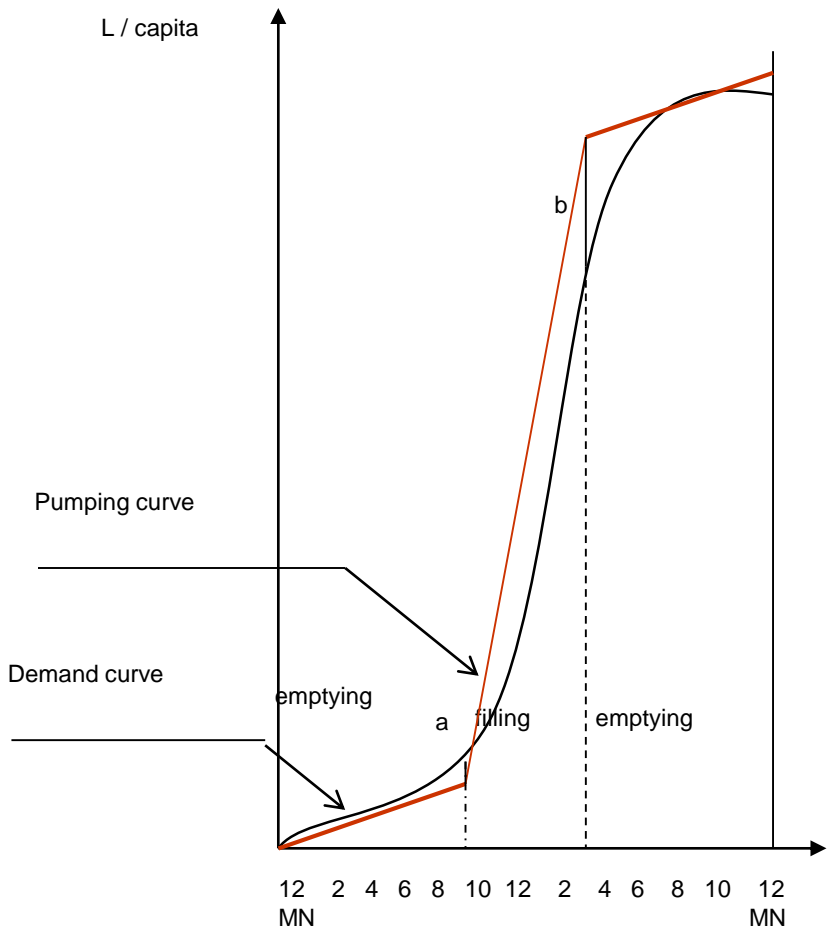


**Equalizing storage = a + b**

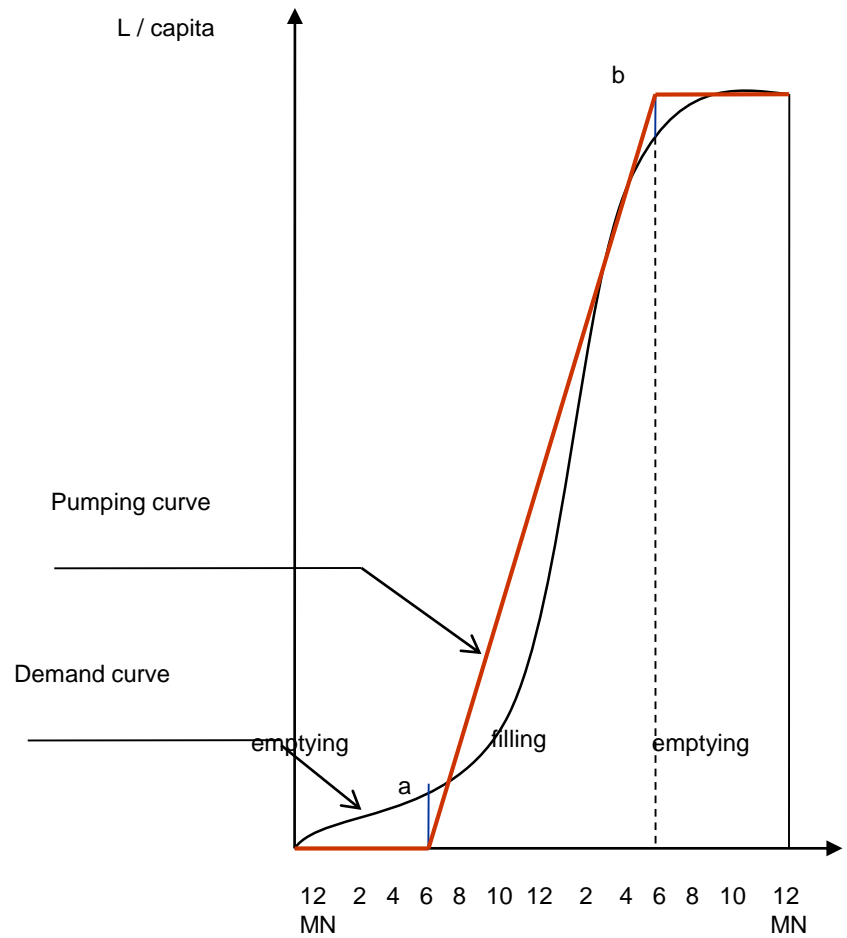
The elevated tank is filling when the slope of tangent of the demand curve is less than the slope of the pumping curve.

The elevated tank is emptying when the slope of tangent of the demand curve is bigger than the slope of the pumping curve.

**b) Pumps are working with two different rates**



**c) Pumps works 12 hours with constant rate.**



**Equalizing storage = a + b**

## Example:

A city has a population of 50000 capita. The given table shows the **total water consumption** for maximum daily water consumption for this city **at two hours periods** at the stated time, The high lift pumps are to operate in accordance with the following during 24 hours:

- 1- At 150 % of the average rate from 8.00 am to 8.00 pm.
- 2- At 50 % of the average rate for the other hours of the day.

It is required to:

Find the average daily water consumption for this city in l/c/d.

Design the elevated tanks.

How much water is in the elevated tanks at:

- 1- 8.00 am
- 2- 8.00 pm
- 3- Noon
- 4- Midnight

4- What are the filling and emptying hours?

5- Determine the diameter of the water rise feeding the elevated tank.

Time (hrs)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Cumulative Water Consumption (m <sup>3</sup> )	600	1000	1800	2300	3500	5000	6500	7900	9300	10600	11300	12000

Solution:

$$Q_{ave} = \frac{12000 \times 1000}{50000} = 240 \text{ l / c / d}$$

$$Q_p = \frac{12000}{24} = 500 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$150\% \text{ of } Q_p = \frac{500 \times 150}{100} = 750 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$50\% \text{ of } Q_p = \frac{500 \times 50}{100} = 250 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

Hours	$Q_p$	$Q_c$	$Q_p - Q_c$	$\Sigma Q_p - Q_c$	storage
0-1	250	300	-50	-50	250
1-2	250	300	-50	-100	200
2-3	250	200	50	-50	250
3-4	250	200	50	0	300
4-5	250	400	-150	-150	150
5-6	250	400	-150	<u>-300</u>	0
6-7	250	250	0	-300	0
7-8	250	250	0	-300	0
8-9	750	600	<u>150</u>	-150	150
9-10	750	600	150	0	300
10-11	750	750	0	0	300
11-12	750	750	0	0	300
12-13	750	750	0	0	300

→ = -50 - (-300)

= Sum( $Q_p - Q_c$ ) -  
Max. negative  
value of  
Sum( $Q_p - Q_c$ )

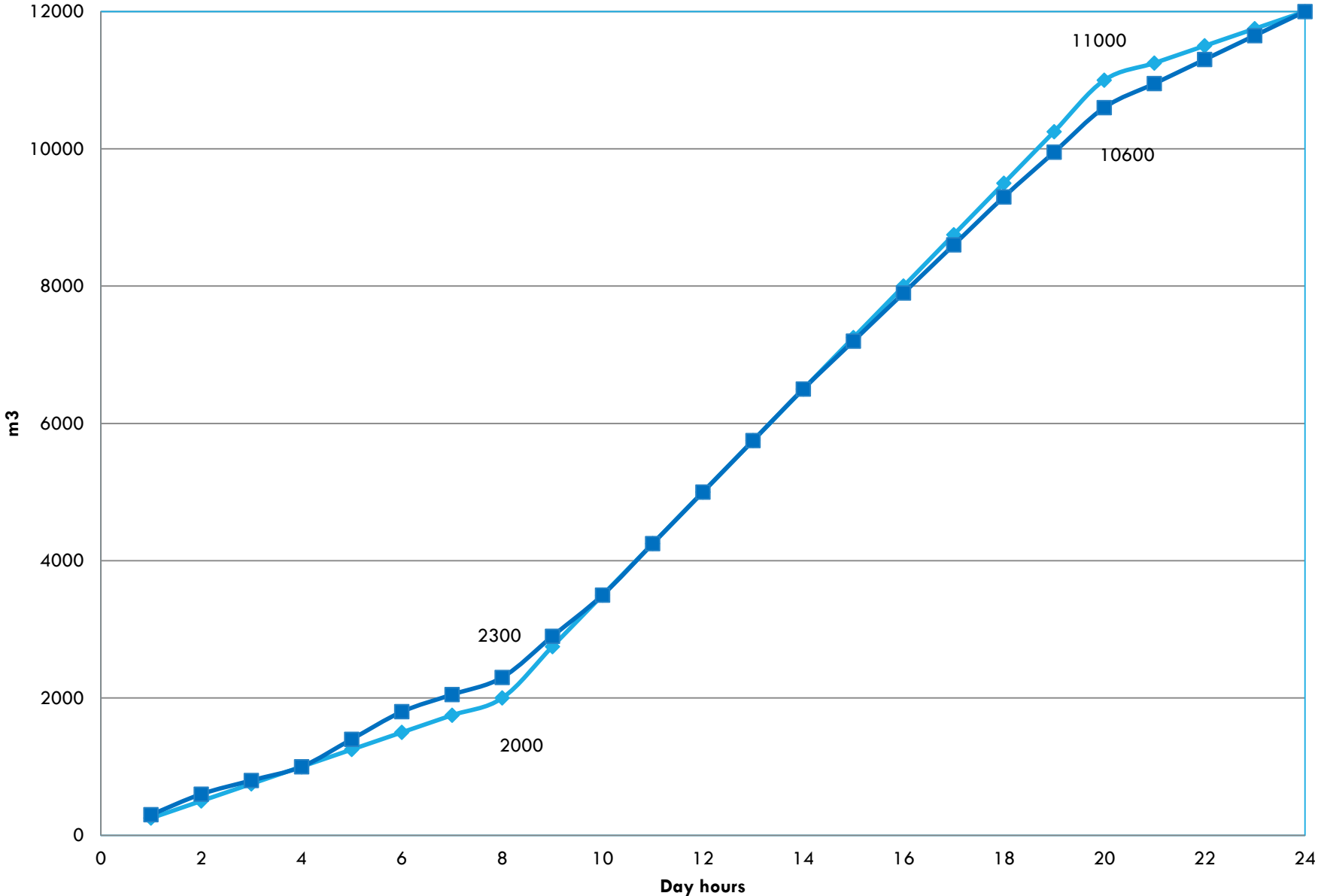
Hours	$Q_p$	$Q_c$	$Q_p - Q_c$	$\Sigma Q_p - Q_c$	storage
13-14	750	750	0	0	300
14-15	750	700	50	50	350
15-16	750	700	50	100	400
16-17	750	700	50	150	450
17-18	750	700	50	200	500
18-19	750	650	100	300	600
19-20	750	650	100	<u>400</u>	700
20-21	250	350	-100	300	600
21-22	250	350	-100	200	500
22-23	250	350	-100	100	400
23-24	250	350	-100	0	300

## + Filling & - Empting

Hours	Q <sub>p</sub>	Q <sub>c</sub>	Sum (Q <sub>p</sub> )	Sum (Q <sub>c</sub> )	Q <sub>p</sub> -Q <sub>c</sub>	Sum (Q <sub>p</sub> -Q <sub>c</sub> )	Storage
0-1	250	300	250	300	-50	-50	250
1-2	250	300	500	600	-50	-100	200
2-3	250	200	750	800	50	-50	250
3-4	250	200	1000	1000	50	0	300
4-5	250	400	1250	1400	-150	-150	150
5-6	250	400	1500	1800	-150	-300	0
6-7	250	250	1750	2050	0	-300	0
7-8	250	250	2000	2300	0	-300	0
8-9	750	600	2750	2900	150	-150	150
9-10	750	600	3500	3500	150	0	300
10-11	750	750	4250	4250	0	0	300
11-12	750	750	5000	5000	0	0	300
12-13	750	750	5750	5750	0	0	300
13-14	750	750	6500	6500	0	0	300
14-15	750	700	7250	7200	50	50	350
15-16	750	700	8000	7900	50	100	400
16-17	750	700	8750	8600	50	150	450
17-18	750	700	9500	9300	50	200	500
18-19	750	650	10250	9950	100	300	600
19-20	750	650	11000	10600	100	400	700
20-21	250	350	11250	10950	-100	300	600
21-22	250	350	11500	11300	-100	200	500
22-23	250	350	11750	11650	-100	100	400
23-24	250	350	12000	12000	-100	0	300

# Cumulative curve

◆ Sum (Qp) ■ Sum (Qc)



The equalizing storage = 700 m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}\text{Capacity} &= \text{equalizing storages} + 0.2 (120 \times \text{population}/10000) \\ &= 700 + 0.2 (120 \times 50000/10000) = 820 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Capacity} = A \times d$$

$$= n \times \pi (\Phi_o^2 - \Phi_i^2) / 4 \times d$$

$$820 = 2 \pi (\Phi_o^2 - 2^2) / 4 \times 10$$

$$\Phi_o = 7.23 \text{ m}$$

- At 8.00 am. the storage in the tank = 0
- At 8.00 pm. the storage in the tank = 700 m<sup>3</sup>
- At noon the storage in the tank = 300 m<sup>3</sup>
- At midnight the storage in the tank = 300 m<sup>3</sup>

4- Filling hours:

2-4

8-10

14-20

Emptying hours:

0-2

4-6

20-24

5- Design of the water riser feeding the elevated tank:

$$Q = A \times v$$

$$Q = 150 \text{ m}^3/\text{h}$$

Assume the velocity = 1.5 m/s

$$\frac{150}{60 \times 60} = \frac{\pi \phi^2}{4} \times 1.5$$

$$\phi = 0.19 \approx 200 \text{ mm}$$

الجدول التالي يبين النسب المئوية لمعدلات الاستهلاك منسوبة إلى الاستهلاك اليومي المتوسط لمدينة ما عند سنة التصميم والذي يبلغ ٧٠٠٠ م<sup>٣</sup> وكمية المياه الكلية المطلوبة للحريق ٤٢٠ م<sup>٣</sup> والمطلوب ما يلي:

- استنتاج السعة الكلية اللازمة لخزانات المياه العالية (حسابياً وبيانياً) على أساس عمل الطلبات لمدة ١٦ ساعة يومياً من الساعة ٨ صباحاً وحتى الساعة ٢٤ مساءً احسب عدد الخزانات إذا كانت سعة الخزان الواحد لا تزيد عن ٦٠٠ م<sup>٣</sup>.
- تحديد الأوقات التي يجري فيها ملأ الخزانات وتفريغها.
- معرفة الوقت الذي يصل عنده منسوب المياه في الخزانات العلوية إلى حديه الأقصى والأدنى.
- تصميم ماسورة المدخل للخزان علماً بأن السرعة فيها لا تزيد عن ١,٥٠ م/ث وللخزان ماسورة منفصلة للدخول وأخرى للخروج.
- تحديد الضاغط الكلي الذي تعمل ضده طلبات الضغط العالي إذا كان الفارق في المنسوب بين قاعي الخزان العالي والأرضي ٤٠ متر وارتفاع محبس العوامة عن قاع الخزان العالي ٥ متر ويقع الخزان العالي بجوار الخزان الأرضي مباشرة وقيمة الفواقد الثانوية وضغط المياه المتبقي ٢,٥٠ متر

ساعات اليوم	٢-٠	٤-٢	٦-٤	٨-٦	١٠-٨	١٢-١٠
نسب الاستهلاك	٢,٠	٠,٧٥	٠,٥	٢,٥	٣,٥	٥,٠
ساعات اليوم	١٤-١٢	١٦-١٤	١٨-١٦	٢٠-١٨	٢٢-٢٠	٢٤-٢٢
نسب الاستهلاك	٩,٢٥	٨,٥	٣,٥	٥,٠	٦,٠	٣,٥

## الحل

أولاً: حساب سعة الخزانات العالية وعددها بالطريقة الحسابية  
 ينشأ الجدول الآتي والذي يوضح نسب الرفع للطلبيات ( $Q_1$ ) والاستهلاك للمدينة ( $Q_2$ ) ك  
 ساعة وبحيث أن نسب الرفع كل ساعة = 161100 من الاستهلاك اليومي للمدينة

$\Sigma(Q_1 - Q_2)$	$Q_1 - Q_2$	نسبة الاستهلاك $Q_2$	نسبة الرفع $Q_1$	ساعات اليوم
2,0 -	2,0 -	2	-	1-
4,0 -	2,0 -	2	-	2-1
4,75 -	0,75 -	0,75	-	3-2
0,00 -	0,75 -	0,75	-	4-3
6,0 -	0,00 -	0,0	-	5-4
6,0 -	0,00 -	0,0	-	6-5
9,0 -	2,0 -	2,0	-	7-6
11,0 -	2,0 -	2,0	-	8-7
8,75 -	2,75 +	3,0	6,25	9-8
6,0 -	2,75 +	3,0	6,25	10-9
4,75 -	1,25 +	0,0	6,25	11-10
3,0 -	1,25 +	0,0	6,25	12-11
6,0 -	3,0 -	9,25	6,25	13-12
9,0 -	3,0 -	9,25	6,25	14-13
11,75 -	2,25 -	8,0	6,25	15-14
<u>14,0 -</u>	2,25 -	8,0	6,25	16-15
11,75 -	2,75 +	3,0	6,25	17-16
8,0 -	2,75 +	3,0	6,25	18-17
7,25 -	1,25 +	0,0	6,25	19-18
6,0 -	1,25 +	0,0	6,25	20-19
0,75 -	0,25 +	6,0	6,25	21-20
0,00 -	0,25 +	6,0	6,25	22-21
2,75 -	2,75 +	3,0	6,25	23-22
<u>صفر</u>	2,75 +	3,0	6,25	24-23
	صفر	%100	%100	المجموع

سعة التخزين للاستهلاك ( $C_0$ ) تساوي مجموع القيم المطلقة لأكبر عدد موجب وأصغر عدد

سالب من عمود  $\Sigma(Q_1 - Q_2)$

بالتالي فإن سعة التخزين للاستهلاك = 14% من أقصى استهلاك يومي

$$C_c = \frac{14 \times 1.7 \times 7000}{100} = 1666 \text{ m}^3$$

- ولحساب سعة التخزين للحريق

حيث يتم تخزين ٢٠% من الكمية الكلية لمياه الحريق في الخزانات العالية بينما يتم تخزين الباقي في الخزانات الأرضية

$$\therefore C_{fire} = V_{fire} \times \frac{20}{100}$$

$$\therefore C_{fire} = 420 \times 0.20 = 84 \text{ m}^3$$

- السعة الكلية للخزانات العالية = ١٦٦٦ + ٨٤ = ١٧٥٠ م<sup>٣</sup>  
بالتالي يمكن أخذ عدد ٣ خزانات سعة الخزان الواحد = ٥٨٤ م<sup>٣</sup>

ثانياً: تحديد الأوقات التي يجري فيها ملأ الخزانات وتفريغها

وقت ملأ الخزان يكون عند قيم (Q<sub>1</sub>-Q<sub>2</sub>) الموجبة وبالتالي يكون من الساعة ٨-١٢ ومن الساعة ١٦-٢٤ أما وقت تفريغ الخزان يكون عند قيم (Q<sub>1</sub>-Q<sub>2</sub>) السالبة من الساعة صفر-٨ ثم من الساعة ١٢-١٦

ثالثاً: تحديد الوقت الذي يصل عنده منسوب المياه في الخزانات إلى حديه الأقصى والأدنى

يتم تحديد وقت أقصى منسوب للمياه بالخزانات من الجدول أمام أكبر قيمة موجبة في العمود  $\sum (Q_1 - Q_2)$  ويكون بالتحديد عند الساعة ٢٤ أما وقت أدنى منسوب للمياه بالخزان فيمكن تحديده عند أصغر قيمة سالبة بنفس العمود وتكون عند الساعة ١٦.

رابعاً: تصميم ماسورة المدخل للخزان

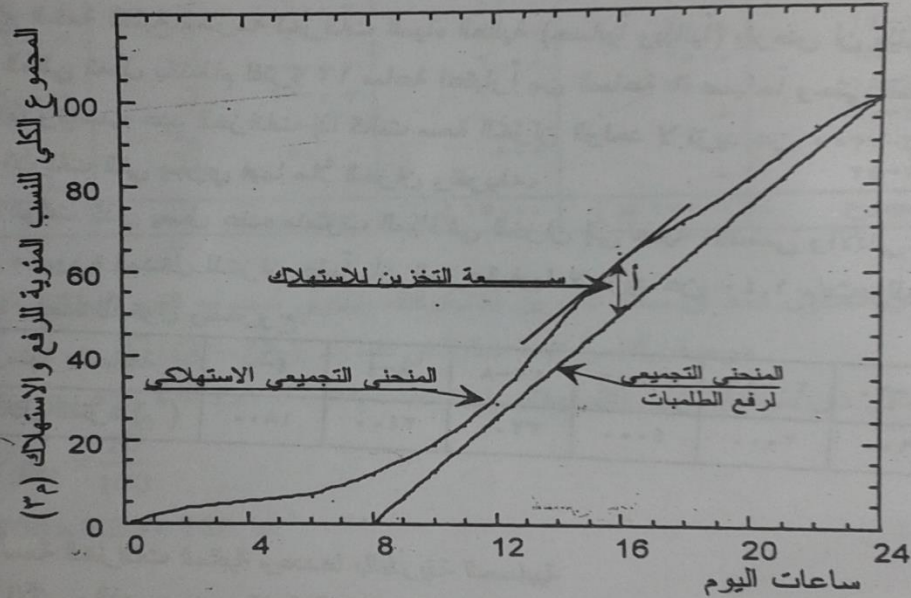
حيث أن للخزان ماسورة منفصلة للدخول وأخرى للخروج بالتالي يتم تصميم ماسورة المدخل على أقصى قيمة موجبة لـ Q<sub>1</sub>-Q<sub>2</sub> وهي كما هو مبين من الجدول + ٢,٧٥%

$$\therefore q_{1-pipe} = \frac{2.75}{3 \times 100} \times \frac{1.7 \times 7000}{60 \times 60} = 0.0303 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$A_{1-pipe} = \frac{q_{1-pipe}}{v} = \frac{0.0303}{1.5} = 0.0202 \text{ m}^2 \Rightarrow d = 0.160 \text{ m}$$

Take D = 175 mm

كما يمكن استنتاج سعة التخزين للاستهلاك بيانياً كما هو واضح في الشكل التالي



المنحنى التجميعي للاستهلاك اليومي للمدينة ورفع الطلبات كنسب مئوية من أقصى استهلاك يومي

سعة التخزين للاستهلاك = 1 - 14% من أقصى استهلاك يومي  
= 1666 م<sup>3</sup> وهي قيمة مماثلة لتلك التي استنتجت من الطريقة الحسابية.

الضاغط الكلي الذي تعمل ضده الطلبات = فرق المنسوب بين قاع الخزان العالي وقاع الخزان الأرضي + ارتفاع محبس العوامة عن قاع الخزان العالي + قيمة الفواقد الثانوية وضغط المياه المتبقي  
= 47,00 - 2,00 + 0 + 40 =

## مثال (١١)

الجدول التالي يبين استهلاك المياه لمدينة سكنية بالمتر المكعب لفترات زمنية قدرها ٤ ساعات اعتباراً من منتصف الليل وذلك خلال ساعات أقصى استهلاك يومي عند سنة التصميم فإذا كانت كمية المياه الكلية المطلوبة لمكافحة الحريق في المدينة ٩٠٠ م<sup>٣</sup> فالمطلوب:

- استنتاج السعة الكلية اللازمة لخزانات المياه العالية (حسابياً وبيانياً) بفرض أن طلبات الرفع العالي تعمل بانتظام لفترة ١٢ ساعة اعتباراً من الساعة ٦ صباحاً وحتى الساعة ٦ مساءً واحسب عدد الخزانات إذا كانت سعة الخزان الواحد لا تزيد عن ١٠٠٠ م<sup>٣</sup>.
- تحديد الأوقات التي يجري فيها ملأ الخزان وتفريغه.
- معرفة الوقت الذي يصل عنده منسوب المياه في الخزان إلى حذيه الأقصى والأدنى.
- تصميم ماسورة المدخل للخزان علماً بأن السرعة فيها لا تزيد عن ١,٤٠ م/ث وللخزان ماسورة واحدة للدخول وللخروج.

الفترة الزمنية بالساعة	٤-٠	٨-٤	١٢-٨	١٦-١٢	٢٠-١٦	٢٤-٢٠
المستهلك خلال الفترة (م <sup>٣</sup> )	١٨٠٠	٢٤٠٠	٣٢٠٠	٤٠٠٠	٢٠٠٠	١٦٠٠

## الحل

ولاً: حساب سعة الخزانات العالية وعندها بالطريقة الحسابية

بنشأ الجدول الآتي والذي يوضح كمية الرفع والاستهلاك كل ساعتين وبحيث أن كمية الرفع كل ساعتين = الاستهلاك اليومي الكلي ÷ ٦

$\Sigma(Q_1 - Q_2)$	$Q_1 - Q_2$	الاستهلاك (م <sup>3</sup> ) $Q_2$	الرفع $Q_1$ (م <sup>3</sup> )	ساعات اليوم
٩٠٠ -	٩٠٠ -	٩٠٠	-	٢-٠
١٨٠٠ -	٩٠٠ -	٩٠٠	-	٤-٢
٣٠٠٠ -	١٢٠٠ -	١٢٠٠	-	٦-٤
١٧٠٠ -	١٣٠٠ +	١٢٠٠	٢٥٠٠	٨-٦
٨٠٠ -	٩٠٠ +	١٦٠٠	٢٥٠٠	١٠-٨
١٠٠ +	٩٠٠ +	١٦٠٠	٢٥٠٠	١٢-١٠
٦٠٠ +	٥٠٠ +	٢٠٠٠	٢٥٠٠	١٤-١٢
١١٠٠ +	٥٠٠ +	٢٠٠٠	٢٥٠٠	١٦-١٤
٢٦٠٠ +	١٥٠٠ +	١٠٠٠	٢٥٠٠	١٨-١٦
١٦٠٠ +	١٠٠٠ -	١٠٠٠	-	٢٠-١٨
٨٠٠ +	٨٠٠ -	٨٠٠	-	٢٢-٢٠
صفر	٨٠٠ -	٨٠٠	-	٢٤-٢٢
	صفر	١٥٠٠٠ (م <sup>3</sup> )	١٥٠٠٠ (م <sup>3</sup> )	المجموع

ومن الجدول نجد أن سعة التخزين للاستهلاك تساوي مجموع القيم المطلقة لأقصى قيمة

موجبة وأقصى قيمة سالبة في العمود  $\Sigma(Q_1 - Q_2)$

بالتالي فإن سعة التخزين للاستهلاك ( $C_c$ ) =  $٢٦٠٠ - ٣٠٠٠ + ٥٦٠٠$  متر مكعب

$$\therefore C_{fire} = V_{fire} \times \frac{20}{100}$$

$$\therefore C_{fire} = 900 \times 0.20 = 180 \text{ m}^3$$

- السعة الكلية للخزانات العالية =  $C_{fire} + C_c$

$$= ١٨٠ + ٥٦٠٠$$

$$= ٥٧٨٠ \text{ م}^3$$

بالتالي يمكن أخذ عدد ٦ خزانات سعة الخزان الواحد =  $٩٦٥ \text{ م}^3$

ثانياً: تحديد الأوقات التي يجري فيها ملأ الخزان وتفريغه

وقت ملأ الخزان يكون عند قيم  $(Q_1 - Q_2)$  الموجبة وكما هو واضح من الجدول يكون من

الساعة ٦-١٨ أما وقت تفريغ الخزان يكون عند قيم  $(Q_1 - Q_2)$  السالبة من الساعة صفر-٦

صباحاً وكذلك من الساعة ١٨-٢٤

ثالثاً: تحديد الوقت الذي يصل عنده منسوب المياه في الخزان إلى حديه الأقصى والأدنى يتم تحديد وقت أقصى منسوب للمياه بالخزان من الجدول أمام أكبر قيمة موجبة في العمود  $\sum (Q_1 - Q_2)$  ويكون بالتحديد عند الساعة ١٨ أما وقت أدنى منسوب للمياه بالخزان فيمكن تحديده من الجدول أمام أكبر قيمة سالبة في العمود  $\sum (Q_1 - Q_2)$  ويكون بالتحديد عند الساعة ٦ صباحاً.

رابعاً: تصميم الماسورة المساعدة للخزان

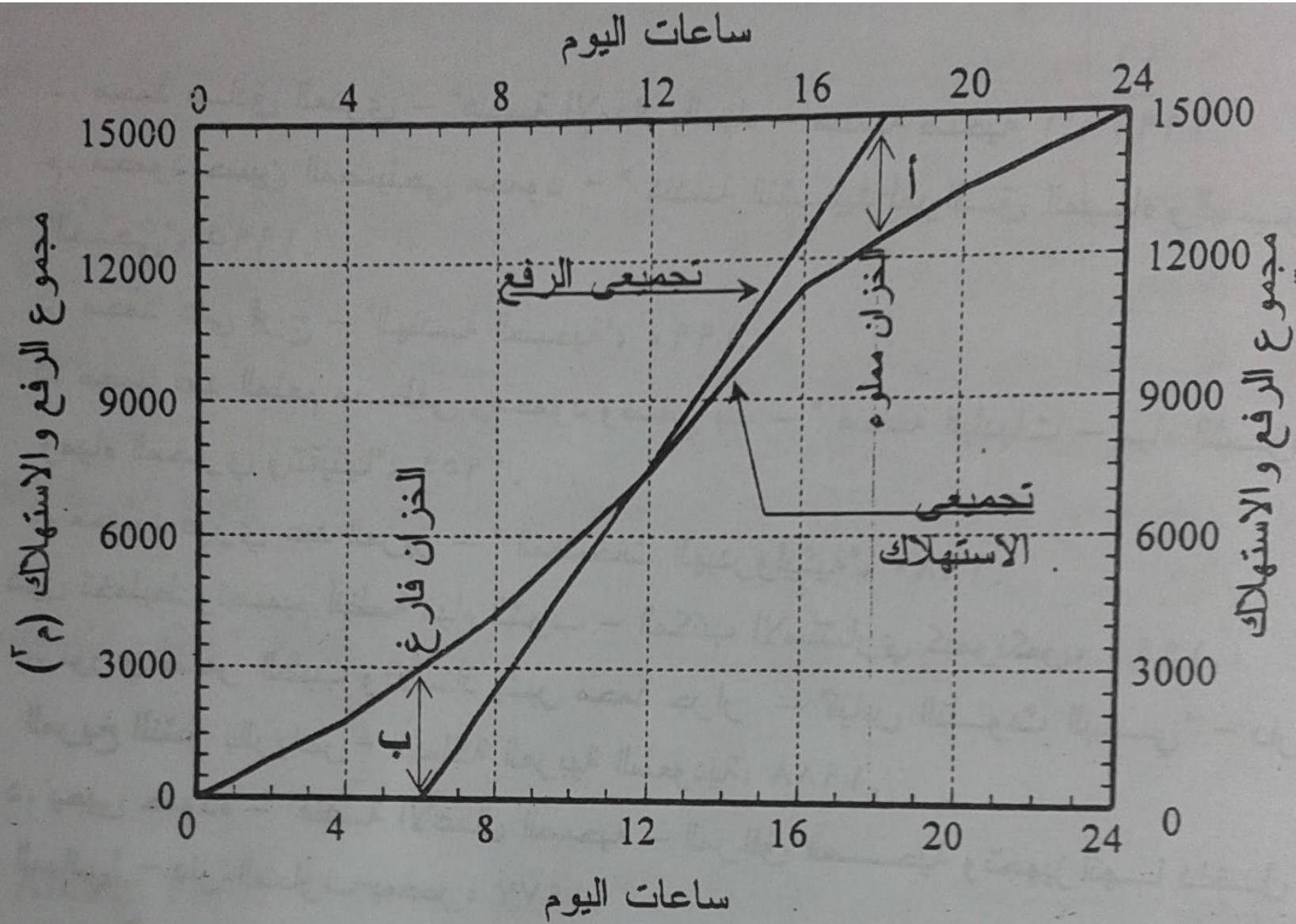
حيث أن هذه الماسورة تستعمل لملأ وتفريغ الخزان فإنها تصمم على أكبر قيمة عددية موجبة أو سالبة لـ  $Q_1 - Q_2$  وهي كما هو مبين من الجدول تساوي ١٥٠٠ متر مكعب / ٢ ساعة / خزانات

$$\therefore q_{1-pipe} = \frac{1500}{6} \times \frac{1}{2 \times 60 \times 60} = 0.0347 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$A_{1-pipe} = \frac{0.0347}{1.4} = 0.0231 \text{ m}^2 \Rightarrow D = 0.172 \text{ m}$$

Take D = 175 mm

كما يمكن استنتاج سعة التخزين للاستهلاك بيانياً كما هو موضح في الشكل التالي وتساوي (أ+ب) = ٥٦٠٠ م<sup>٣</sup> وهي نفس القيمة التي استنتجت من الطريقة الحسابية.



المنحنى التجميعي للاستهلاك اليومي ورفع الطلبات خلال ساعات أقصى استهلاك يومي

وكل عام وأنتم بخير  
كما أنني أتمنى لكم جميعاً كامل التوفيق  
نفع الله بكم العباد والبلاد

د. محمد فكرى