



جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

جامعة المنارة
كلية الهندسة
قسم العمارة
السنة الثانية
الفصل الثاني

مقرر تجهيزات مباني ٣

Building installation 3 (CEAC701)

مقدمة وتعاريف خاصة بعلم مياه الهندسة الصحية

د.م. رائد سلمان جعفر

العام الدراسي 2019-2020

مقدمة Introduction

يعد كل من علم ميكانيك الموائع وعلم الهيدرولوجيا (علم المياه) من العلوم التي تحظى باهتمام الكثير من العلماء والباحثين نظراً لما لهذين العلمين من أهمية بالغة في حياة الإنسان وتقدمه الحضاري.

كما أنهما من الركائز التي قامت عليها بعض العلوم الهندسية ومنها المدنية والميكانيكية والكيميائية وارتبطت بعلوم أساسية أخرى مثل الجيولوجيا والفيزياء والارصاد الجوية. وتعتمد بعض مشاريع التشييد على دراسة ميكانيك الموائع وعلم المياه كما هو الحال في مشاريع شبكات المياه والسيول والصرف الصحي ومشاريع السدود والقنوات المائية ومحطات التحلية.

إن الموائع أو المياه بطبيعتها لها خواصها تميزها عن غيرها من المواد الصلبة والغازية، ومن أبرز هذه الخواص:

* قدرتها على الانسياب.

* قدرتها على التشكل بحسب الأوعية التي تشغلها.

* قابليتها على الانضغاط وتأثرها بأي قوة قص.

* احتوائها على أسطح حرة.

- وحدات النظام العالمي SI Units : International System of Units

من المناسب أن تستخدم وحدات النظام العالمي لوصف حالة الموائع بصفة عامة والمياه بصفة خاصة، في هذا المقرر يمكن استعمال الوحدات الأساسية التالية:

الوحدة	الوحدة	الوحدة	الوحدة	الوحدة	الوحدة
الكتلة	كيلوغرام (Kg)	الطول	متر (m)	الزمن	ثانية (s)
القوة	نيوتن (N)	الحجم	متر مكعب (m^3)	المساحة	(m^2)
الجاذبية	(m/s^2)	السرعة	(m/s)	التدفق	(m^3/s)
الضغط	(N/m^2) وتسمى باسكال Pa	الطاقة	(N.m) وتسمى الجول (J)		

1- السائل:

يعرف السائل بأنه المادة التي ليس لها شكل خاص بها والتي تستطيع الجريان في مختلف الاتجاهات، لذا تحدث تغيرات في شكله تحت تأثير القوى المختلفة الصغيرة جداً.

2- الوزن والكتلة:

تعرف كتلة جسم معين بكمية المادة التي يحويها هذا الجسم. أما وزن الجسم فيمثل القوة التي تمارس عليه الجاذبية. يرتبط الوزن (p) مع الكتلة (m) لجسم ما بالعلاقة التالية:

$$p=m*g$$

(g) تسارع الجاذبية الأرضية وتساوي ($g= 9.81 \text{ m/s}^2$)

3- الوزن النوعي والكتلة النوعية:

يعبر عن الوزن النوعي بالوزن في واحدة الحجم، ويعبر عن الكتلة النوعية بكتلة المادة في واحدة الحجم، وتعرف الكثافة بوزن المادة أو كتلتها على حجمها على وزن حجم مساوٍ للماء في الدرجة (4C°) أو كتلتها.

يرتبط الوزن النوعي (w) بالكتلة النوعية (p) بحسب العلاقة التالية:

$$w=p*g$$

4- الضغط:

يعرف الضغط (P) بالقوى (F) التي تؤثر في واحدة السطح (A) أي:

$$P=F/A$$

ويعرف الضغط النسبي بالضغط المقاس بالنسبة إلى الضغط الجوي (Pa).

ويعطى الضغط المطلق بمجموع الضغط النسبي مع الضغط الجوي.

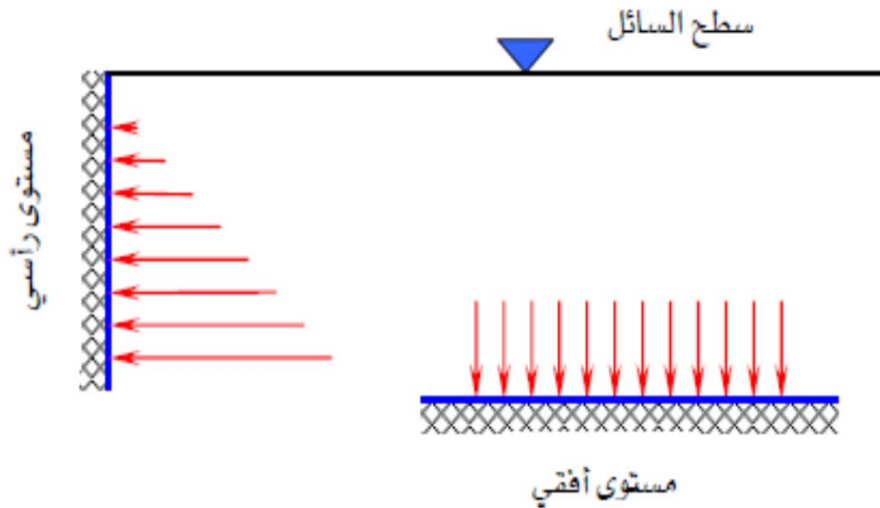
يولد السائل ضغطاً موزعاً في جميع الاتجاهات وبحسب المستوي الذي يحيط

بذلك السائل. وتختلف قوة ضغط السائل باختلاف وضع المستوي؛ فعندما

يأخذ المستوي الوضع الأفقي فإن الضغط يتساوى عند جميع نقاط ذلك

المستوي: بينما يزيد ضغط الماء بزيادة العمق عندما يكون المستوي في وضع

رأسي: كما يبينها الشكل التالي.



يبين الشكل ضغط المائع على المستويين الأفقي والرأسي

ويتم حساب ضغط السائل والمؤثر عمودياً على المستوى أو الجدار باستخدام

العلاقة:

$$p = F/A$$

p - ضغط السائل (N/m^2)

F - القوة الموحدة للضغط (N)

A - المساحة العمودية المعرضة للضغط (m^2)

بمعرفة كثافة السائل (ρ) يمكن تحديد الضغط الذي يولده عند عمق معين

(h) عن طريق العلاقة التالية:

$$p = \rho * g * h$$

$$= \gamma * h$$

ويتضح من هذه العلاقة أن ضغط المائع يزداد بازدياد العمق من سطح ذلك المائع.

ويمكن تمثيل ضغط السائل بوحدة البار Bar والتي تمثل الضغط النسبي (\bar{p})،
يحسب طالما الكثافة ثابتة من الصيغة:

$$\bar{p} = \frac{p}{10^5}$$

أن 1.0 kPa من ضغط الماء يكافئ ضغط نسبي مقداره 0.102 m.

1 Bar يساوي 100 kPa

مثال:

خزان أرضي ارتفاع الماء فيه 3 m ، احسب الضغط المائي بوحدة kPa في أسفل الخزان.

الحل:

حيث أن كثافة الماء 1000 kg/m^3 وبتطبيق المعادلة $p=F/A$ فإن ضغط الماء أسفل

الخزان:

$$p = \rho * g * h$$

$$=1000(\text{kg/m}^3)*9.81(\text{m/s}^2)*3\text{m}$$

$$=29430(\text{kg/m.s}^2)=29430(\text{N/m}^2)=29.43(\text{kN/m}^2)=29.43 \text{ kPa}$$

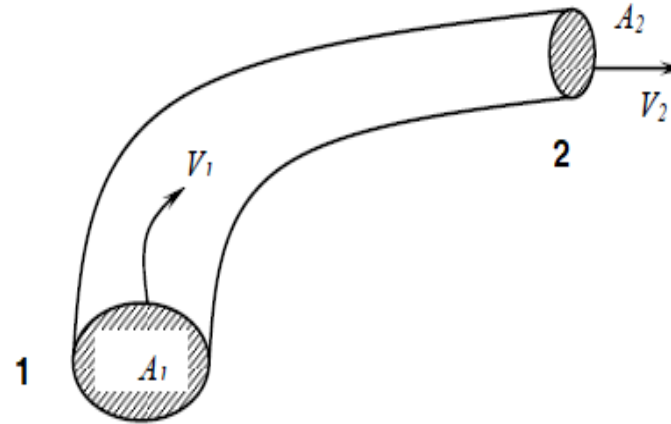
حركة المائع :Fluid motion

تعد حركة الموائع ذات صبغة معقدة نتيجة ارتباط حركة تدفقها بعدة عوامل، فقد يكون التدفق انسيابي بحيث تتحرك جزيئات السائل بشكل خطي وقد يكون مضطرب تتحرك جزيئاته كل غير منتظم.

كما يمكن أن يكون التدفق منتظم لم تتغير قيمة واتجاه سرعته من نقطة لأخرى خلال لحظة من الزمن أو غير منتظم، وكذلك دوراني حول محور التدفق أو غير دوراني، أحادي أو ثنائي أو ثلاثي الأبعاد، ثابت أو متغير مع الزمن.

معادلة الاستمرار :Continuity Equation

يرجع أساس معادلة الاستمرار إلى مبدأ احتفاظ السائل بكتلته، أي أن هذه الكتلة تظل ثابتة في مقاطع تدفق السائل وفي وحدة الزمن المتحركة. فعندما يتدفق السائل خلال أنبوب كما يبينه الشكل التالي:



الشكل تدفق لسائل منتظم الاستمرار خلال أنبوب

فإن معدل التدفق عند المقطع (1) يكون مساوياً لمعدل التدفق عند المقطع (2)

أي أن:

$$\rho_1 V_1 A_1 = \rho_2 V_2 A_2$$

حيث:

ρ_1 كثافة السائل عند المقطع (1)

ρ_2 كثافة السائل عند المقطع (2)

V_1 سرعة تدفق السائل عند المقطع (1)

V_2 سرعة تدفق السائل عند المقطع (2)

A_1 مساحة المقطع (1)

A_2 مساحة المقطع (2)

أما كمية تدفق السائل (Q) فتحسب من العلاقة التي تربط مساحة المقطع (A) مع معدل سرعة السائل (V):

$$Q=A*V$$

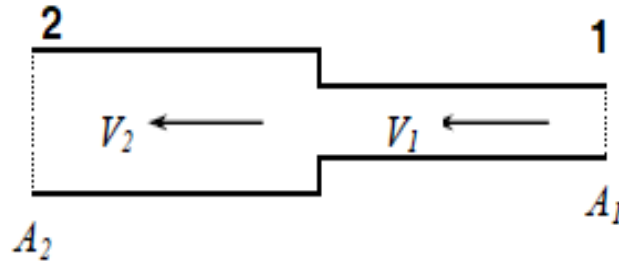
وفي حالة الموائع غير المنضغطة تكون كثافة المائع متساوية عند المقطعين:

أي أن $\rho_1 = \rho_2$ ؛ وبذلك تصبح معادلة الاستمرار:

$$Q=A_1*V_1=A_2*V_2$$

مثال 1:

أنبوبتان متصلتان ببعضهما كما في الشكل التالي: ويتدفق خلالهما الماء بسرعة 4.0 m/s عند المقطع (1) و 0.25 m/s عند المقطع (2). فإذا كان قطر المقطع (1) هو 3.0 mm ، فكم يكون قطر الأنبوب عند المقطع (2)؟



الحل:

معطى: $V_1 = 4.0 \text{ m/s}$ و $V_2 = 0.25 \text{ m/s}$

يتم حساب مساحة المقطع (1):

$$A_1 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times \left(\frac{3}{1000}\right)^2}{4} = 7.07 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

وبتطبيق معادلة الاستمرار يتم حساب مساحة المقطع (1) كما يلي:

$$A_1 * V_1 = A_2 * V_2$$

$$7.07 * 10^{-6} * 4.0 = 0.25 * A_2$$

$$A_2 = 1.1312 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

وبمعرفة مساحة المقطع يمكن تحديد قطر الأنبوب عند المقطع (2):

$$A_2 = \frac{\pi D_2^2}{4}$$

$$1.1312 \times 10^{-4} = \frac{\pi D_2^2}{4}$$

$$D = 0.012 \text{ m} = 12.0 \text{ mm}$$

مثال 2:

أنبوب قطره 150 mm يتدفق من خلاله الماء بمقدار $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ ، أوجد سرعة تدفق المياه في هذا الأنبوب.

الحل:

معطى: $D=150 \text{ mm}$ و $Q=0.12 \text{ m}^3/\text{s}$

مساحة مقطع الأنبوب:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 150^2}{4} = 17.671 \times 10^3 \text{ mm}^2 \\ = 17.671 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

سرعة تدفق الماء في الأنبوب:

$$V=Q/A = 0.12/17.671 \times 10^{-3} = 6.80 \text{ m/s}$$

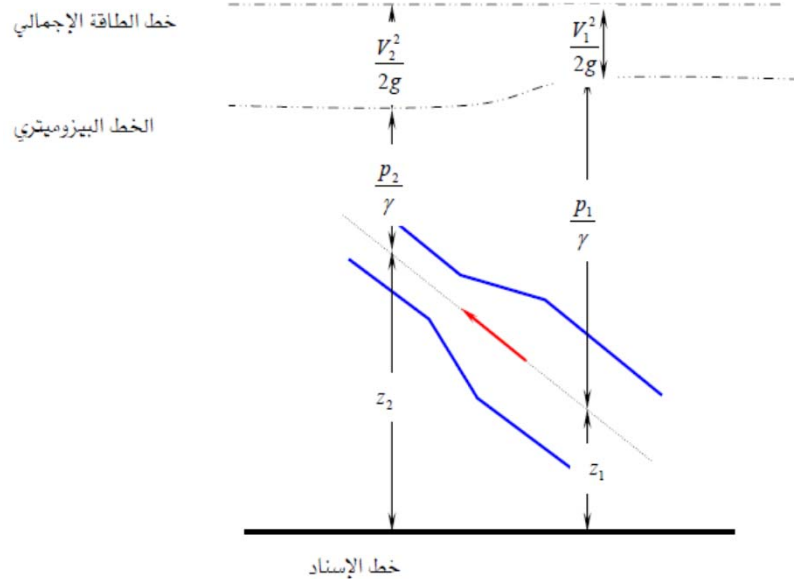
معادلة برنولي Bernoulli Equation

يعود أساس هذه المعادلة إلى مبدأ احتفاظ سريان الماء بالطاقة، أي أنه في حالة

سريان السائل في الأنبوب فإن الطاقة لا تتغير، بمعنى أنها عند المقطع (1) تكون

مساوية عند المقطع (2) كما يوضحها الشكل التالي:

رياضياً، فإن معادلة برنولي تأخذ الصيغة التالية:



$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

شكل توضيحي لمعادلة برنولي

حيث:

$$p_1 = \text{ضغط السائل عند المقطع (1)}$$

$$p_2 = \text{ضغط السائل عند المقطع (2)}$$

$$V_1 = \text{سرعة تدفق السائل عند المقطع (1)}$$

$$V_2 = \text{سرعة تدفق السائل عند المقطع (2)}$$

$$Z_1 = \text{منسوب المقطع (1) من مرجع الإسناد.}$$

$$Z_2 = \text{منسوب المقطع (2) من مرجع الإسناد.}$$

$$\gamma = \text{وحدة وزن السائل.}$$

$$g = \text{تسارع الجاذبية الأرضية.}$$

يحتوي طرفي معادلة برنولي على ثلاثة أجزاء تشكل في مجملها طاقة المائع بوحدة المتر وتحتوي على:

* طاقة ضغط السائل: $\frac{p}{\gamma}$

* طاقة حركة السائل: $\frac{V^2}{2g}$

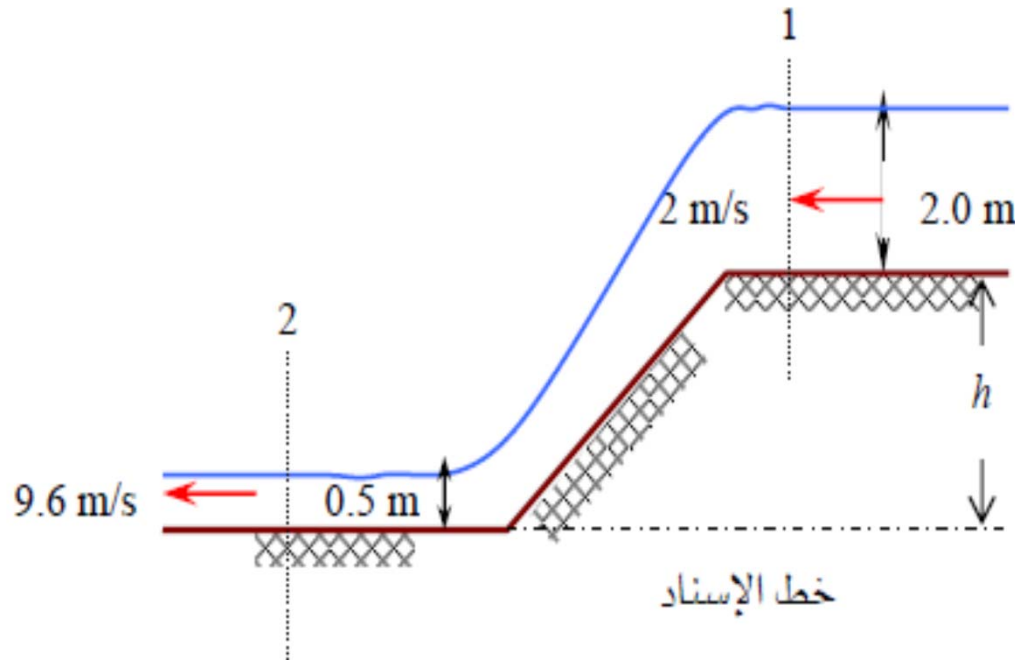
* طاقة وضع السائل: Z

وتعتمد معادلة برنولي على خط الطاقة الكلية وهو تعبير بياني يمكن رسمه بوحدات المتر ويوضح إجمالي طاقة المائع عند كل مقطع، وينحدر هذا الخط باتجاه سريان المائع. كما تعتمد المعادلة على الخط البيزوميثري أو خط الضغط الهيدروليكي والذي يقع تحت خط الطاقة الكلية ويكون موازياً له حتى تتغير مساحة المقطع.

مثال:

قناة مفتوحة تتدفق من خلالها المياه على مستويين، كما يبينها الشكل التالي، ومعطى سرعة وارتفاع المياه عند المقطعين (1) و (2). فإذا كانت سرعة المياه منتظمة و الضغط الهيدروليكي محدد على سطح الماء عند المقطعين، فما مقدار

العمق h ؟



الحل: حيث إن الضغط الهيدروليكي محدد على سطح الماء عند المقطعين، فإن:

$$p_1 = p_2 = 0$$

بتطبيق معادلة برنولي:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

حيث:

$$p_2 = 0, \quad p_1 = 0$$

$$v_2 = 9.6 \text{ m/s}, \quad v_1 = 2 \text{ m/s}$$

$$Z_2 = 0.5, \quad Z_1 = h + 2$$

بالتعويض المباشر في المعادلة يتم حساب العمق h كما يلي:

$$0 + \frac{(2)^2}{2g} + (h + 2) = 0 + \frac{(9.6)^2}{2g} + 0.5$$

$$h = 3 \text{ m}$$

Standard and codes for plumbing systems

الأكواد المستخدمة في مجال (التركيبات الصحية):

- IPC : International Plumbing Code
- UPC : Uniform Plumbing Code
- ASPE : American Society of Plumbing Engineers
- NPC : National Plumbing Code

- الكود المصري لأسس تصميم وشروط تنفيذ التركيبات الصحية للمباني

- الكود المصري لتصميم وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي

من المُفضل والأسهل استعمال الـ IPC وكود البلد.

1- water main pipe :

يقصد بها ماسورة مياه التغذية العامة الرئيسية (شبكة المدينة)

2- water service pipe :

هي الماسورة المأخوذة من الخط الرئيسي العام والتي يتم تركيب عداد المياه عليها
(Flowmeter)

3- water distribution pipe :

هي الماسورة المياه التي تمتد من بعد العداد إلى المبنى

4- riser :

الرايزر أو الصاعد وهي الماسورة الرأسية بالمبنى

5- cold water pipe :

ماسورة المياه الباردة

6- hot water pipe :

ماسورة المياه الساخنة

تغيرات الاحتياجات

يعكس معدل الاحتياج اليومي للفرد الواحد من المياه صورة عن مستوى المجتمع الذي يعيش فيه. يمكن الاعتماد في تحديد الاحتياج اليومي للفرد الواحد من المياه على المعلومات الإحصائية المتوفرة لدى الجهات المختصة مع الأخذ بعين الاعتبار التغيرات التي يمكن أن تطرأ على نتيجة ارتقاء المستوى الاجتماعي للسكان. يقدر هذا الاحتياج باللتر/ يوم للفرد الواحد ويتراوح هذا المعدل في المجتمعات بين (50) إلى (500) ليتر/ يوم للفرد الواحد.

يتعلق معدل الاستهلاك بعدة عوامل:

1- العوامل المناخية: يزداد الاستهلاك المائي في المناطق ذات المناخ الجاف الدافئ أكثر منه في المناطق الرطبة، وذلك لأغراض الاستحمام وسقاية الحدائق وتكييف الهواء كما يزداد الاستهلاك المائي في المناطق الشديدة البرودة وذلك لترك الحنفيات في المنازل مفتوحة لمنع تجمد المياه في الأنابيب.

ب- العوامل البشرية: يحدد الاستهلاك المائي على أساس المستوى المعيشي والاقتصادي للسكان إذ يكون المعدل صغيراً في المناطق الفقيرة على عكس ما هو عليه في المناطق الغنية معيشياً. وقد لا يزيد معدل الاستهلاك المائي عن (40 لترات / يوم للفرد الواحد) في المناطق التي لا تحتوي على شبكة صرف صحي.

ج- العوامل الصناعية والتجارية: تحتاج المصانع إلى كميات ضخمة من المياه أي يتوقف تقدير معدل الاستهلاك على حجم الإنتاج ونوعية الصناعة لذلك هناك بعض المصانع التي تعتمد على مصادر المياه الخاصة بها دون الحاجة إلى مصادر المياه الخاصة بالمدينة بسبب استهلاكها الكبير من المياه.

د- العوامل الاقتصادية: عندما تكون أسعار المياه مرتفعة يقلل السكان من استهلاكها وكذلك تبدأ المصانع بالاعتماد على مصادر للمياه الخاصة بها، كما يسرع المستهلك إلى إصلاح التسرب من عداد المياه أو من المواسير لذا يمنع هدر المياه. وقد أدت بعض الإصلاحات في عدادات المياه والأنابيب إلى إنقاص معدل الاحتياج المائي في بعض المدن في العالم إلى (40%).

هـ- العوامل السكانية: يعد معدل الاستهلاك المائي في المدن الكبيرة ذات أنظمة الصرف الصحي أكبر مما عليه في المدن الصغيرة. والفرق في معدل الاستهلاك ناجم عن وجود نشاط صناعي أكبر وحدائق عامة أكثر، وحركة تجارية نشطة ومعدل تسرب مياه وهدر أكبر.

حساب الاحتياج المائي:

1- معدل الاستهلاك للأغراض المعيشية:

أعطيت عدة علاقات رياضية إحصائية لتقدير معدل الاستهلاك للأغراض المعيشية ومثال على ذلك العلاقة التجريبية:

$$Q = 53 * (P)^{0.15}$$

حيث:

(Q) استهلاك الفرد الواحد من المياه مقدراً بالليتر يتراوح هذا المعدل بين (50 لـيتر/ يوم فرد) و(500 لـيتر/ يوم فرد) إذ إن الاستهلاك متعلق بالعوامل السابقة.
(P) عدد سكان المدينة بالألف.

كما يمكن اعتماد جداول خاصة بحسب عدد السكان و مستوى المعيشة ومستوى الرفاهية لتقدير الاستهلاك للأغراض المعاشية.

ب- معدل الاستهلاك لإطفاء الحريق:

لا يدخل في الحساب السابق احتياج إطفاء الحريق فلا بد من تحديد هذه الكمية التي تتعلق بالمساحة التي يشغلها التجمع السكاني، وبكثافة مواد البناء المستخدمة في الأبنية وبطبيعتها وبعدد الطوابق. لقد أعطيت عدة علاقات رياضية إحصائية لحساب التدفق اللازم لإطفاء الحريق نذكر منها العلاقة التالية:

$$Q = 65\sqrt{P} \cdot (1 - 0.01 \cdot \sqrt{P})$$

حيث (Q) التدفق اللازم بالليتر في الثانية

(P) عدد السكان مقدراً بالألف.

ج- معدلات الاستهلاك لسقي الحدائق ورش الشوارع:

لا تدخل معدلات الاستهلاك لسقي الحدائق ورش الشوارع في حساب معدل الاستهلاك الكلي في كثير من دول العالم وذلك بسبب وجود شبكة أنابيب خاصة بها.

ولكن إذا دخلت في حساب المعدل الكلي للاستهلاك فإنه يمكن تقديره بحوالي (30-20) ليتر/يوم عند كل فرد من السكان في حالة غياب المعلومات عن السطح المسقي.

وإما في حال توفر المعلومات عن السطح المروي فيمكن تقديره بحوالي (6-1.5) ليتر/م² من المساحة المروية أو المرشوشة.

تقدير الاستهلاك المستقبلي:

يعد تقدير حجم الاحتياج المائي الخطوة الأولى في تصميم شبكة التغذية بالمياه وأفضل طريقة هي الرجوع إلى السجلات بالمدينة المدروسة أو الحصول على البيانات لمدن أخرى ذات ظروف مماثلة.

وبعد ذلك يجب علينا تقدير ما سيكون عليه عدد السكان في المدينة مستقبلاً كي نعرف إجمالي الاستهلاك المستقبلي للمياه. ولدينا عدة طرق لتقديرها نذكر منها:

الطريقة الرياضية:

ونطبق هنا إحدى الحالتين:

1- الزيادة العددية: لنفرض أنه يطلب معرفة عدد سكان مدينة ما عام (2020) م. ولدينا عدد سكان المدينة المذكورة اعتباراً من عام (1900) م وحتى (1980) م. تعطى العلاقة التي تحدد عدد السكان في عام (2020) م. كما يلي:

$$N(1)2020 = N1980 + \left(\frac{N1980 - N1970}{10} \right) (2020 - 1980)$$

$$N(2)2020 = N1970 + \left(\frac{N1970 - N1960}{10} \right) (2020 - 1970)$$

$$N(n)2020 = N1910 + \left(\frac{N1910 - N1900}{10} \right) (2020 - 1910)$$

وهكذا نعد كل القيم من إحصائيات السنوات السابقة لكل عشر سنوات

وتأخذ القيمة الوسطية للقيم (N 2020) أي:

$$N2020 = \frac{N(1)2020 + N(2)2020 + \dots + N(n)2020}{n}$$

فتنتج القيمة المتوقعة الأكثر احتمالاً في عام لعدد السكان.

مثال:

المطلوب تقدير عدد سكان مدينة في عام 2020 إذا أعطي عدد سكانها من عام 1900 وحتى عام 1980 وفق الجدول التالي:

السنة	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980
عدد السكان	50115	118868	160019	214754	250276	295383	321347	360120	420035

أحسب أيضاً مقدار استهلاك الفرد من المياه في العام 1980 وفي نهاية الفترة المطلوب تقدير عدد سكان المدينة فيها.

الحل:

طريقة الزيادة العددية:

$N(1) = 659695$	$N(2) = 553985$
$N(3) = 477131$	$N(4) = 611132$
$N(5) = 534452$	$N(6) = 707369$
$N(7) = 561529$	$N(8) = 875151$

ومنه المتوسط الحسابي لهذه القيم : $N(2020) = 623805$

وهو احتمال عدد سكان المدينة عام 2020 بطريقة الزيادة العددية.

الطلب الثاني: يمكن استعمال العلاقة التقريبية الإحصائية لحساب مقدار استهلاك الفرد من المياه عام 1980.

$$Q(1980) = 53(P)^{0.15}$$

حيث:

(P) عدد السكان بالآلاف أي :

$$Q(1980) = 53(420.035)^{0.15} = 131 \text{ l/sec P}$$

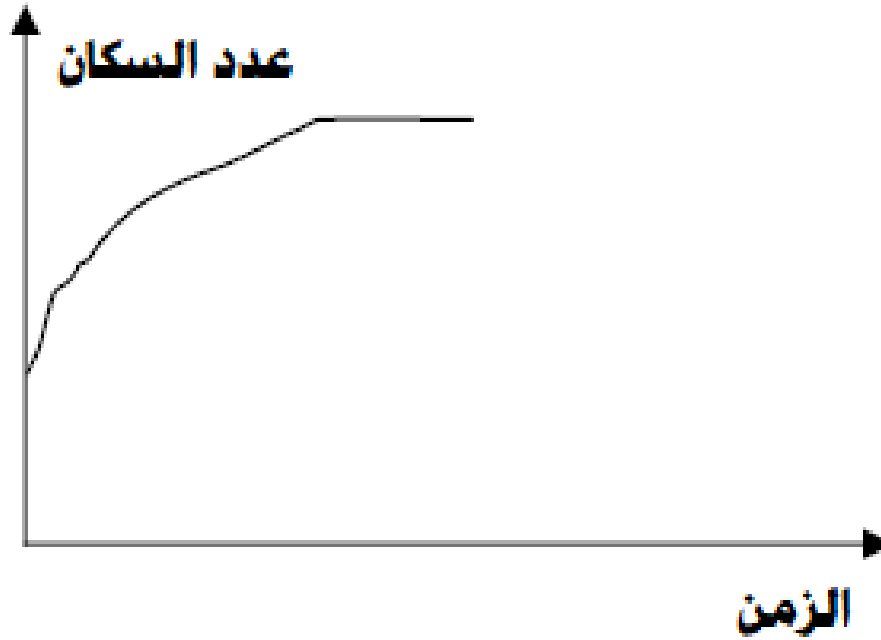
أما قيمة الاستهلاك للفرد في العام 2020 فيكون:

$$Q(2020) = 53(P)^{0.15} = 53(623.805)^{0.15}$$

$$Q(2020) = 140 \text{ l/sec P}$$

الطريقة التخطيطية:

وفيها تحدد سنوات التعداد السابقة والتعداد المقابل لكل سنة، ثم نرسم الخط البياني ومنه يحدد منحني التعداد بالنظر حتى السنة المطلوب تقدير عدد سكانها، كما يحدد الشكل.



كما أنه يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار اختلاف كثافة السكان من منطقة إلى أخرى ضمن المدينة الواحدة، وذلك بحسب نوع البناء.

الطريقة الهندسية:

من أجل الحصول على تعداد السكان الحقيقي للمنطقة التي يراد إنشاء مشروع صرف صحي يخدمها عدداً من السنين يلزم معرفة عدد السكان الحالي لحساب عدد السكان المستقبلي وهناك عدة طرق لتقدير عدد السكان منها هذه الطريقة.

$$P = P_0 * \left(1 + \frac{\theta}{100}\right)^n$$

P_0 : عدد السكان الحالي.

P : عدد السكان بعد n من السنين.

n : عدد من السنوات المستقبلية لمعرفة عدد السكان بعدها.

θ : المعدل المئوي لزيادة السكان السنوية.

الطريقة الحسابية:

وتسمى طريقة الزيادة الثابتة، وفيها يفترض زيادة تعداد المدينة عدداً ثابتاً كل فترة زمنية (عشر سنوات مثلاً) يمكن الحصول على هذه الزيادة من دراسة نتائج الإحصاء السابقة ومن ثم الزيادة في التعداد كل عشر سنوات ويؤخذ متوسط هذه الزيادات بعد استبعاد الزيادة غير العادية.

$$P = P_0 + A \times t$$

P_0 : آخر تعداد حقيقي.

A : متوسط زيادة عدد السكان في فترة زمنية (تعادل الفترة بين إحصائين متوالين).

t : عدد الفترات الإحصائية المطلوب تقدير عدد السكان في نهايتها.