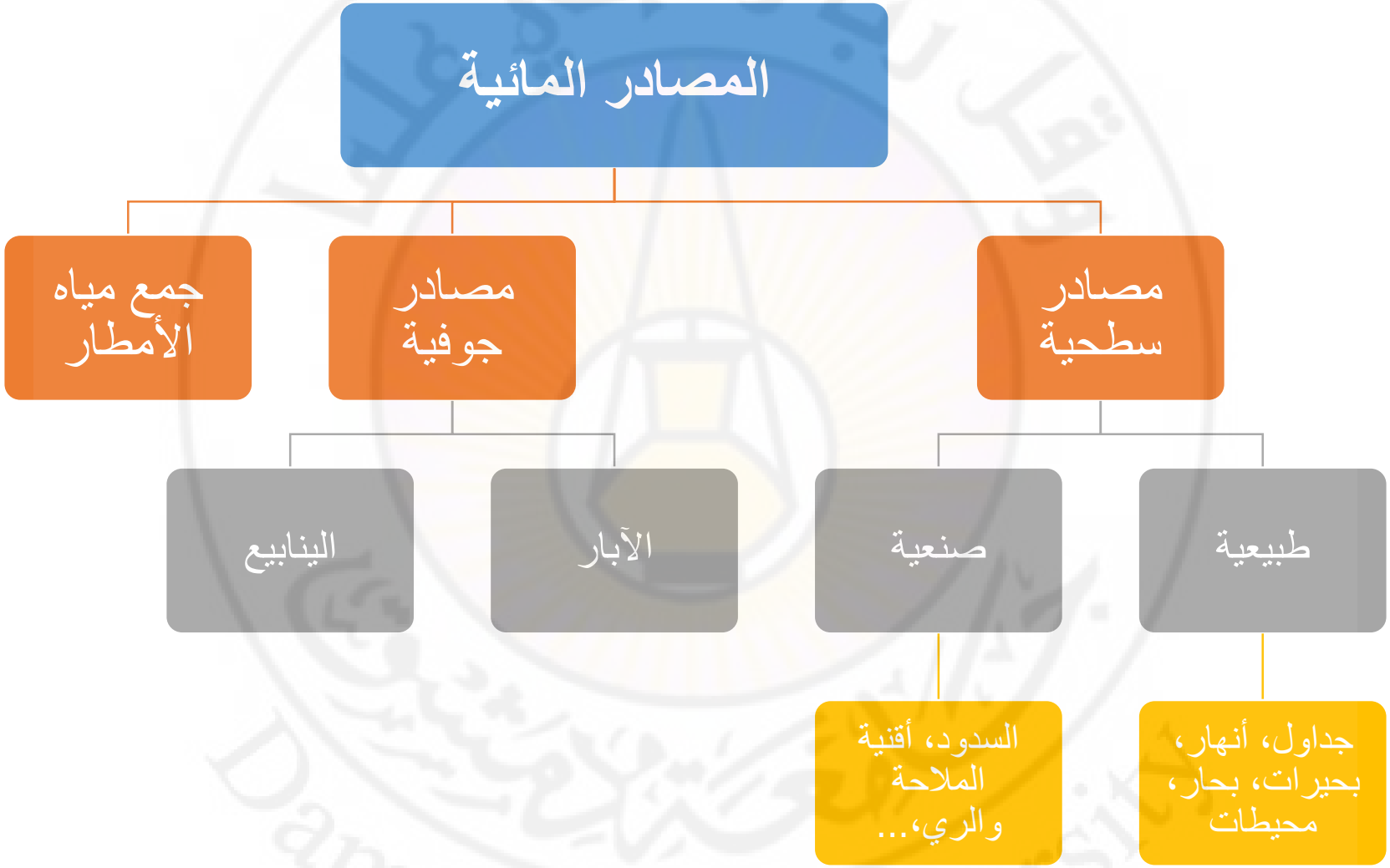
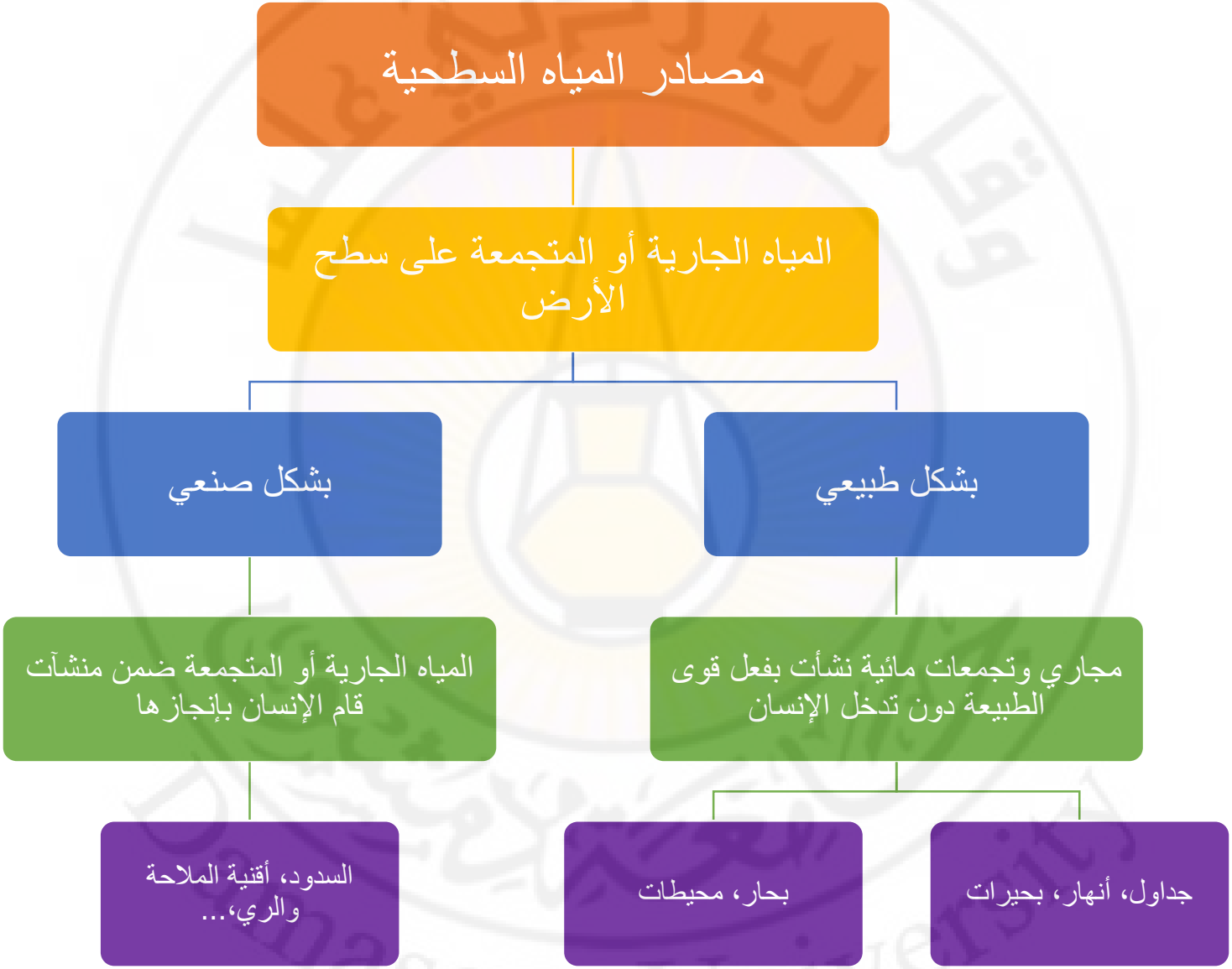
المصادر المائية


المصادر المائية
مصادر سطحية
مصادر جوفية
جمع مياه الأمطار
طبيعية
صنعية
الآبار
الينابيع
جداول، أنهار، بحيرات، بحار، محيطات
السدود، أقنية الملاحة والري،...

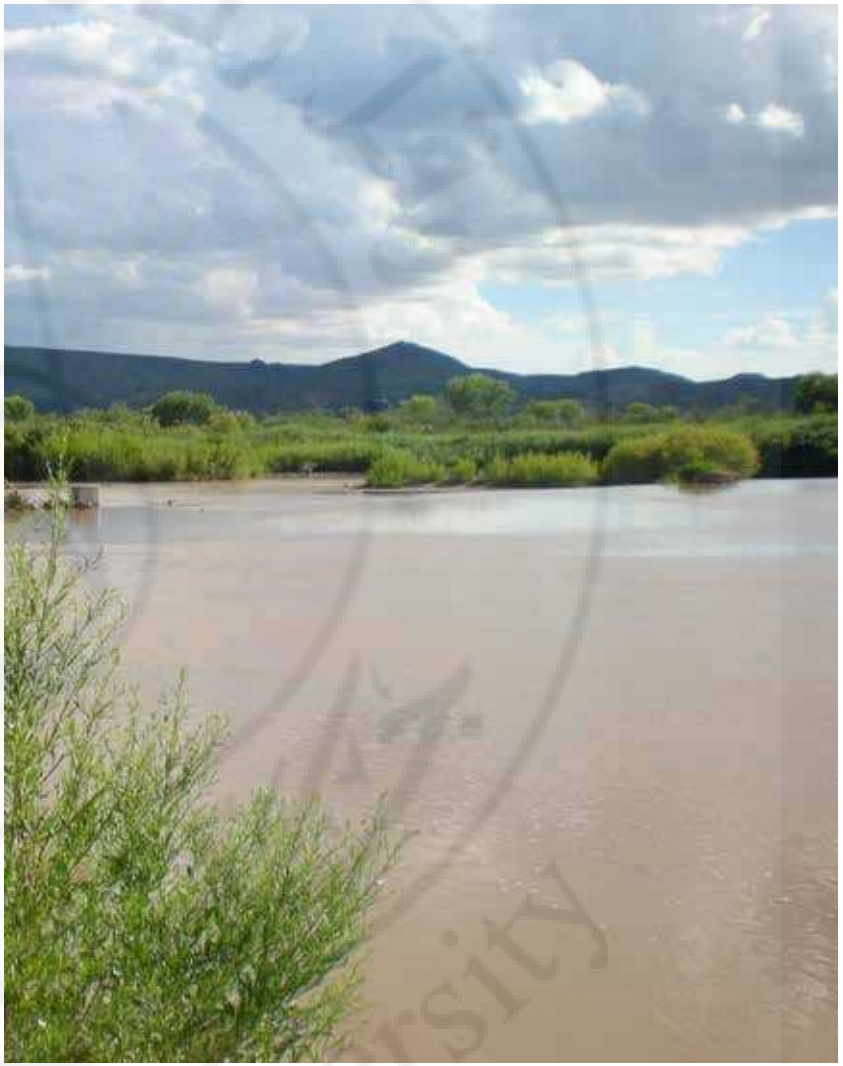

مصادر المياه السطحية
المياه الجارية أو المتجمعة على سطح الأرض
بشكل طبيعي
بشكل صنعي
مجاري وتجمعات مائية نشأت بفعل قوى الطبيعة دون تدخل الإنسان
المياه الجارية أو المتجمعة ضمن منشآت قام الإنسان بإنجازها
جداول، أنهار، بحيرات
بحار، محيطات
السدود، أقنية الملاحة والري،...

- ميزات المياه السطحية:

1. عالية التلوث
2. تغير غزارة الجريان زمانياً
3. مواصفات المياه متغيرة زمانياً ومكانياً
4. المحتوى من أملاح الحديد والمنغنيز الثنائية المنحلة معدوم عدا قاع البحيرات التي تسود فيها ظروف لاهوائية او البحيرات المعرضة للإثراء الغذائي
5. حرارتها متغيرة زمانياً ومكانياً
6. محتواها من الأملاح المنحلة بشكل عام قليل ومتغير مكانياً حسب التربة والروافد والمصبات
7. عكارة مرتفعة
8. ملونة
   - بسبب وجود الطحالب والطمي
9. محتوى مرتفع من الأوكسجين المنحل
   - التبادل الغازي مع الهواء المحيط
10. طرية بشكل عام
    - إذا كان مصدرها تجمع مياه الأمطار
    - لم تمر على تربة لحل أملاح الكالسيوم
11. يمكن أن يكون لها رائحة وطعم
12. غنية بأشكال الحياة المائية



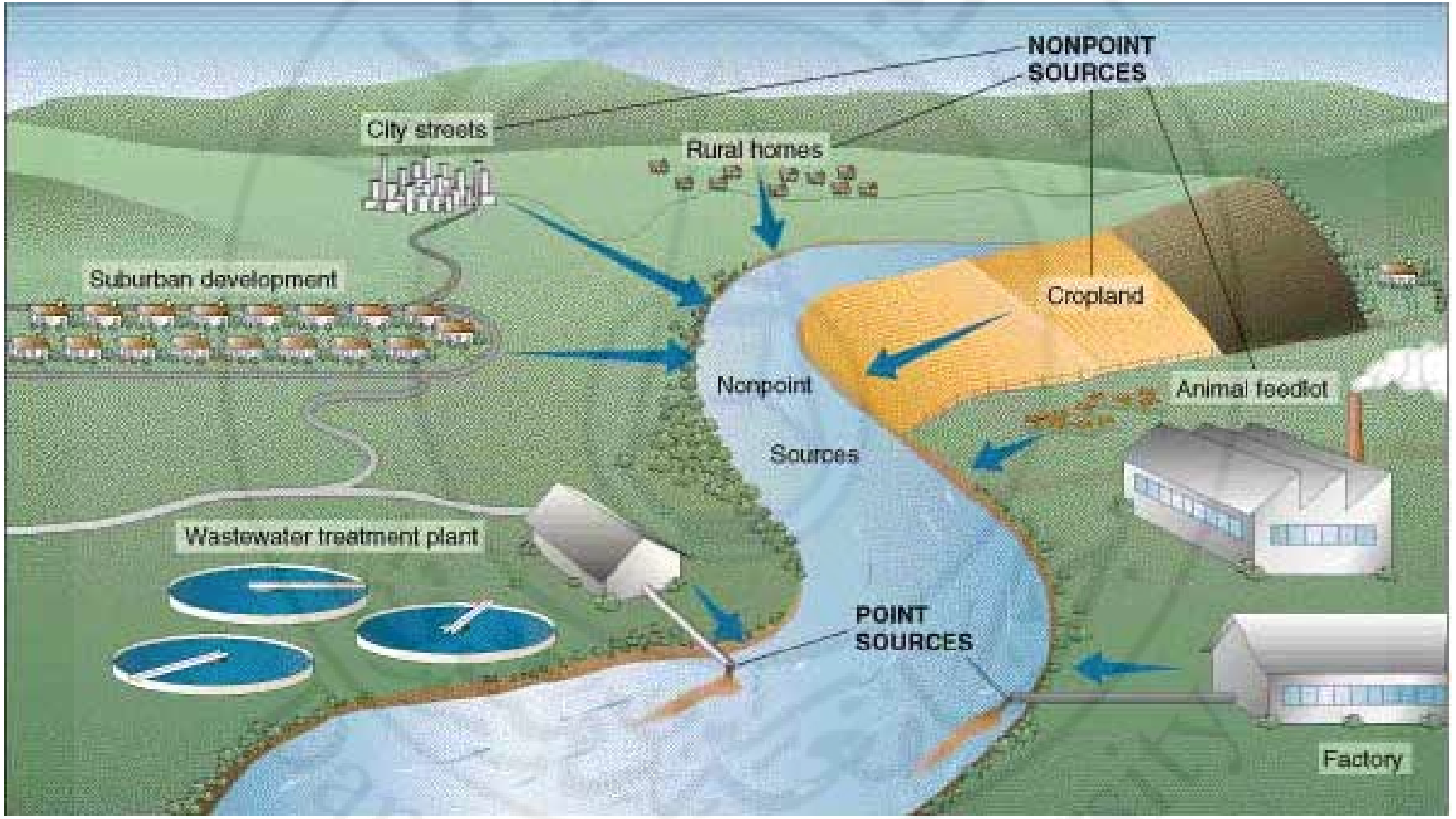




Damascus University



- المياه السطحية عالية التلوث كونها مكشوفة
  - من أهم مصادر التلوث:
    - مياه الأمطار: المواد المحمولة من الجو خلال هطول الأمطار مباشرة على سطح المصدر المائي
      - هباب الفحم، غبار، غازات منحلة في المياه، ...
    - السيول الناتجة عن تجمع مياه الأمطار والتي تجرف معها مختلف أشكال الملوثات الموجودة على سطح الأرض
      - غبار وتراب، أوراق شجر، مخلفات حيوانية، بقايا أسمدة ومبيدات، زيوت ووقود، نفايات ناتجة عن المنازل، حيوانات ميتة،...
    - مياه الصرف الصحي والصناعي
    - مياه الصرف الزراعي: نواتج غسيل التربة
      - أتربة، بقايا المحاصيل، مخلفات حيوانية، أملاح منحلة، بقايا الأسمدة والمبيدات،...


NONPOINT
SOURCES
City streets
Rural homes
Suburban development
Cropland
Nonpoint
Sources
Animal feedlot
Wastewater treatment plant
POINT
SOURCES
Factory

مواصفات المياه متغيرة زمانياً ومكانياً

الأسباب

- الفيضانات الناتجة عن العواصف المطرية
- مصبات مياه الصرف الصحي والصناعي
- الحوادث المفاجئة

استخدام مياهها غير آمن لأغراض مياه الشرب

- استخدامها نادر دون خطوات تنقية مناسبة


غنية بأشكال الحياة المائية
غنية بالأوكسجين المنحل
معرضة مباشرة لأشعة الشمس
تسيطر بيئة حية متغيرة من مكان لآخر

الأنهار

النهر مجرى مائي طبيعي ذو ضفتين، مياهه عذبة على الأغلب

يمكن أن ينشأ عن

- الهطولات المتجمعة بشكل مسيلات ضمن حوض تجميع يسمى الحوض الصباب
- جريان المياه الجوفية الخارجة من الينابيع
- المياه الخارجة من البحيرات
- بحيرة، بحر، محيط
- ترشح مياهه ضمن الأرض لتغذي الطبقات الجوفية الحاملة

- مياه الأمطار الهاطلة
- المياه الناتجة عن ذوبان الثلوج

يمتد بين المنبع والمصب

أهم مشاكل مياه الأنهار

العكارة	الجراثيم والكائنات الممرضة	اللون والرائحة والطعم	قد تحتوي على ملوثات عضوية وكيميائية (حسب المصبات)	التغير المستمر لنوعيتها	التغير المستمر لغزارة الجريان
		تزيد من كلفة تنقية المياه	تصعب عمليات التنقية	يحد من كمية المياه التي يمكن استغلالها دون منشآت تنظيم جريان مناسبة	

من أجل معرفة إمكانية استخدام مياه نهر معين

يجب دراسة التالي خلال سنتين على الأقل من سنوات الجفاف المتتالية

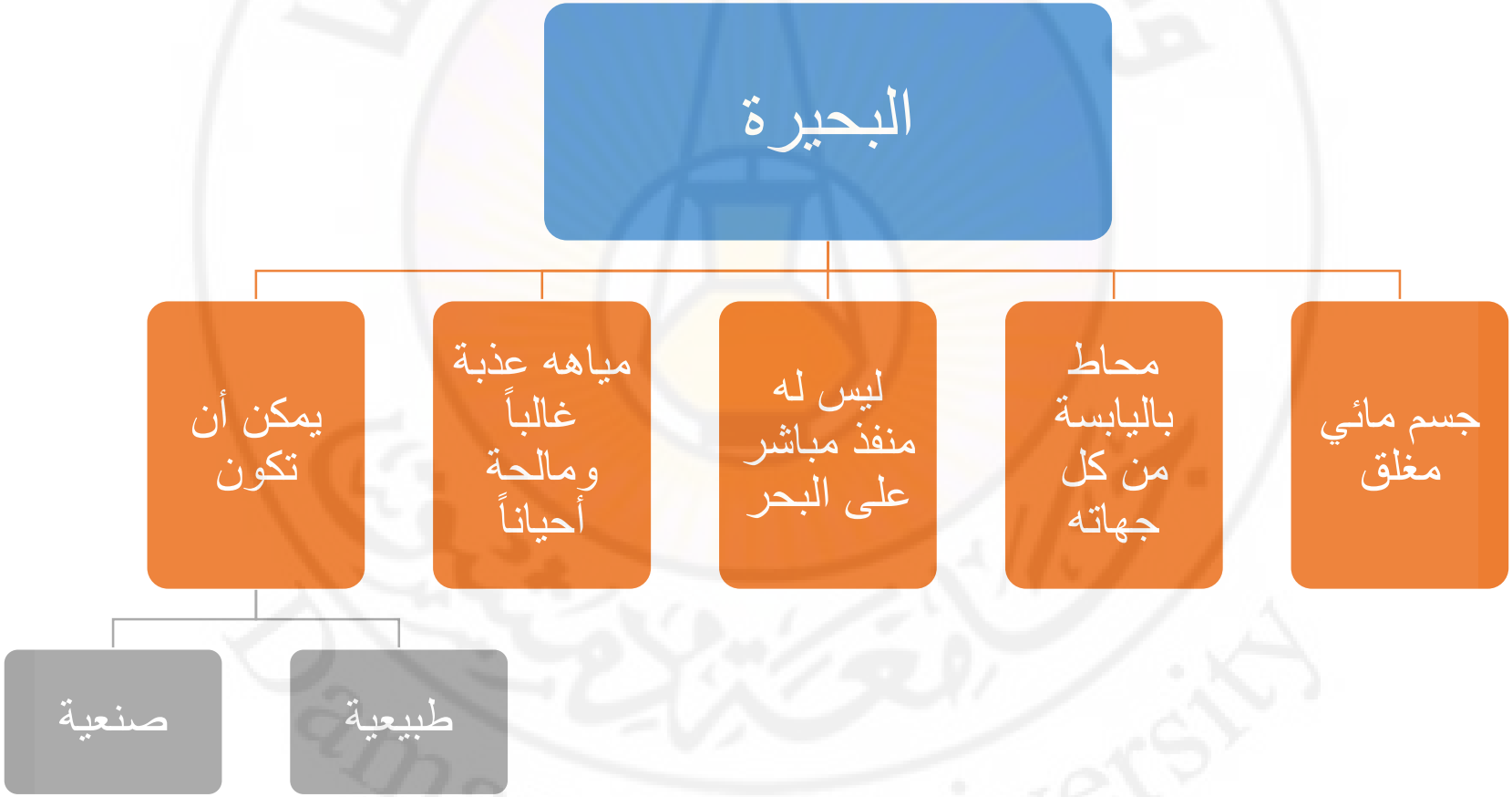
- تغير غزارة الجريان
- تغير نوعية مياه النهر
- تغير منسوب مياه النهر

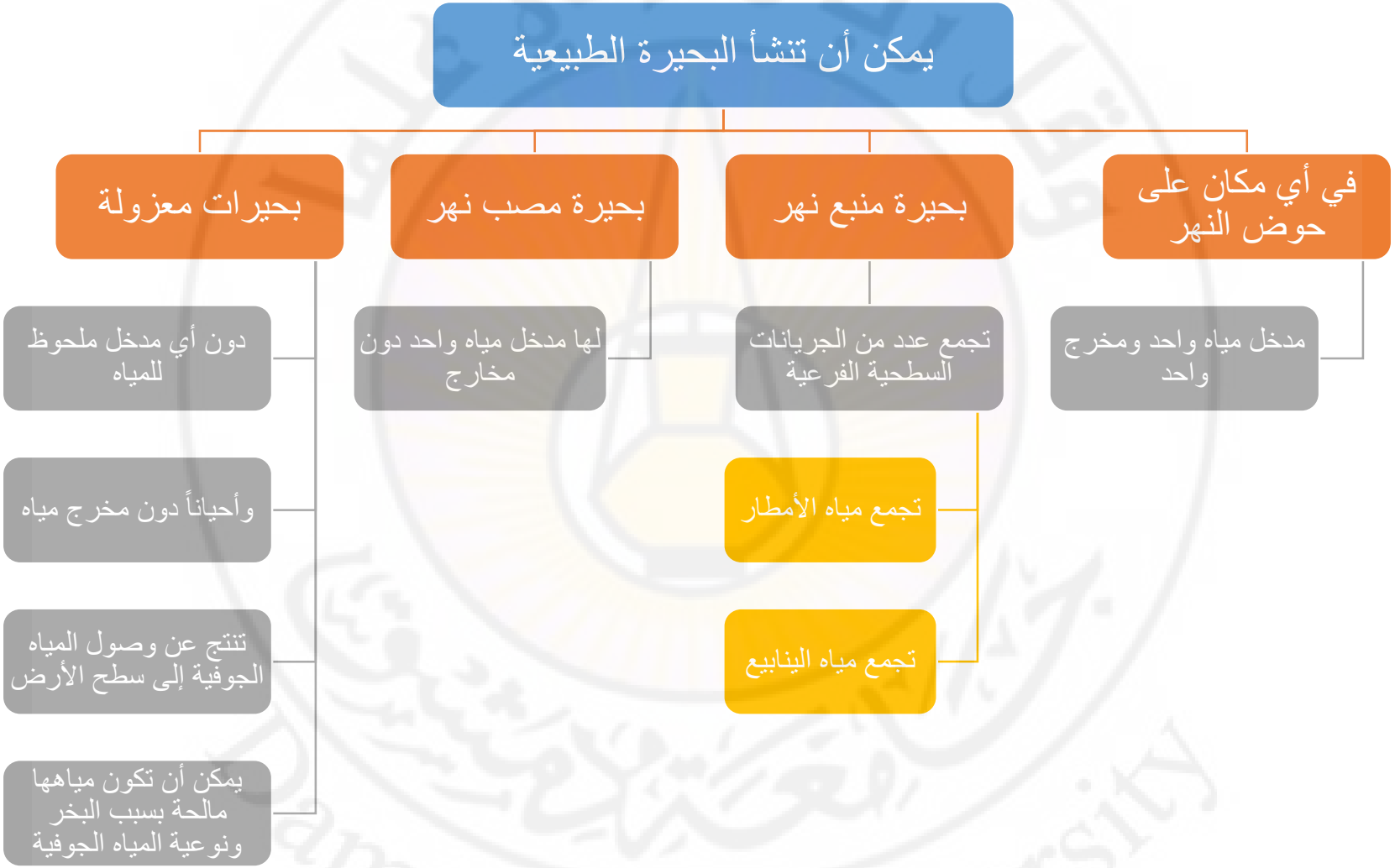
لايفضل استخدامها لأغراض الشرب

- تعرضها الكبير للتلوث بسبب المصبات وجرف التربة
- ارتفاع كلفة عمليات التنقية

يفضل استخدام مياهها لأغراض الري والصناعة بعد تنقية مناسبة

مياه البحيرات



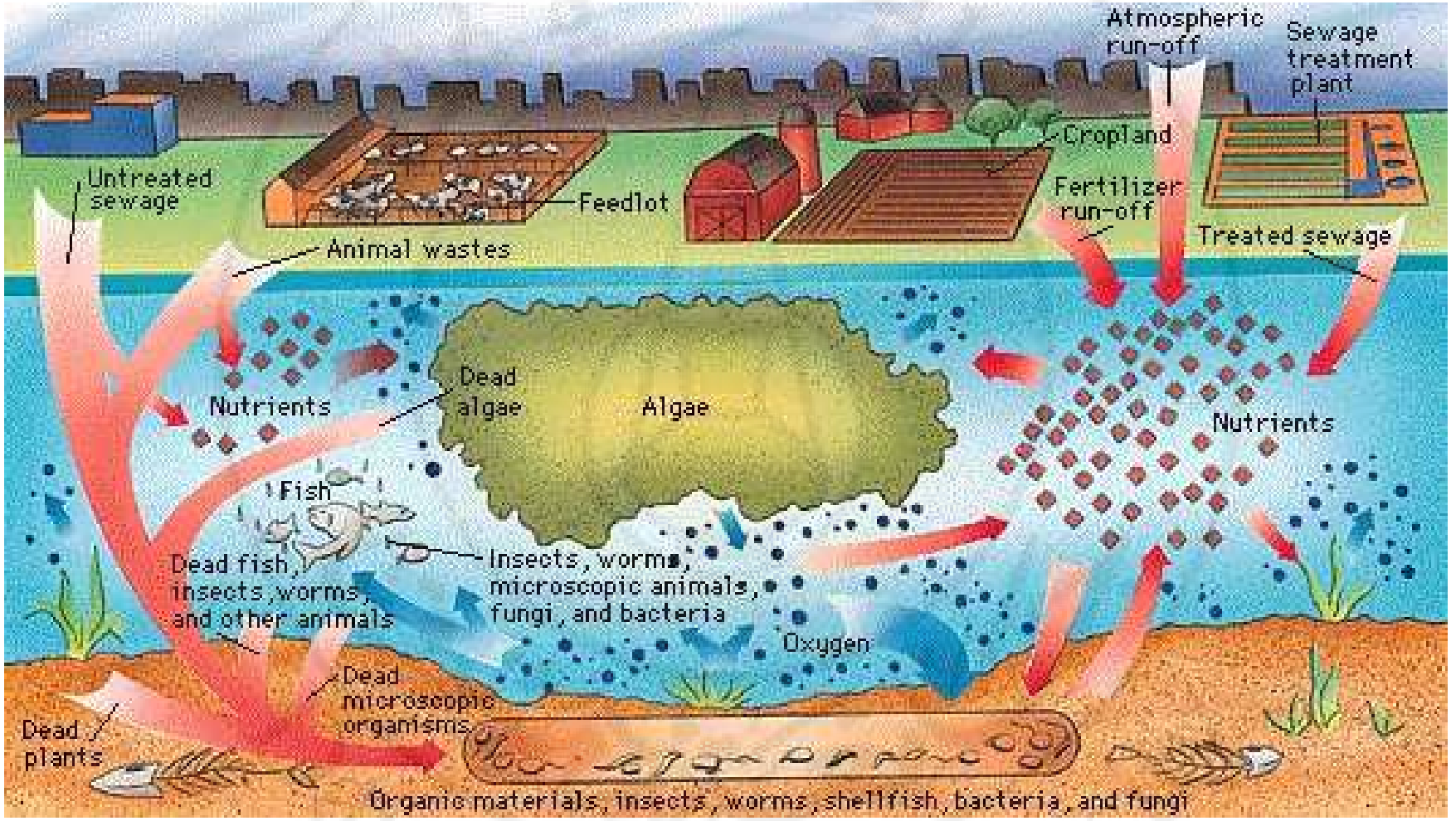

يمكن أن تنشأ البحيرة الطبيعية
في أي مكان على حوض النهر
بحيرة منبع نهر
بحيرة مصب نهر
بحيرات معزولة
مدخل مياه واحد ومخرج واحد
تجمع عدد من الجريانات السطحية الفرعية
تجمع مياه الأمطار
تجمع مياه الينابيع
لها مدخل مياه واحد دون مخارج
دون أي مدخل ملحوظ للمياه
وأحياناً دون مخرج مياه
تنتج عن وصول المياه الجوفية إلى سطح الأرض
يمكن أن تكون مياهها مالحة بسبب البخر ونوعية المياه الجوفية


البحيرات الصنعية
تنشأ خلف السدود بهدف
تنظيم مجاري الأنهار
جمع وتأمين احتياطي مياه للاستخدامات المختلفة
توليد الكهرباء

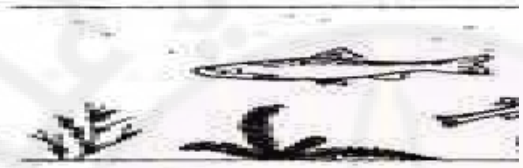
أهم مشاكل البحيرات

- طول الزمن اللازم لتجدد مياهها
- ظروف مناسبة لنمو القواقع المائية
- معرضة لمشكلة الإثراء الغذائي (Eutrophication)
- فواقد المياه بالبخر عالية

- إمكانية تراكم الملوثات وصعوبة خروجها
- انتقال البلهارسيا
- مشاكل تراكم على المآخذ المائية
- توافر فائض من مركبات P, N
- نمو مفرط للطحالب
- كبر مساحة السطح


Atmospheric run-off
Sewage treatment plant
Cropland
Untreated sewage
Feedlot
Fertilizer run-off
Animal wastes
Treated sewage
Nutrients
Dead algae
Algae
Nutrients
Fish
Dead fish, insects, worms, and other animals
Insects, worms, microscopic animals, fungi, and bacteria
Oxygen
Dead microscopic organisms
Dead plants
Organic materials, insects, worms, shellfish, bacteria, and fungi









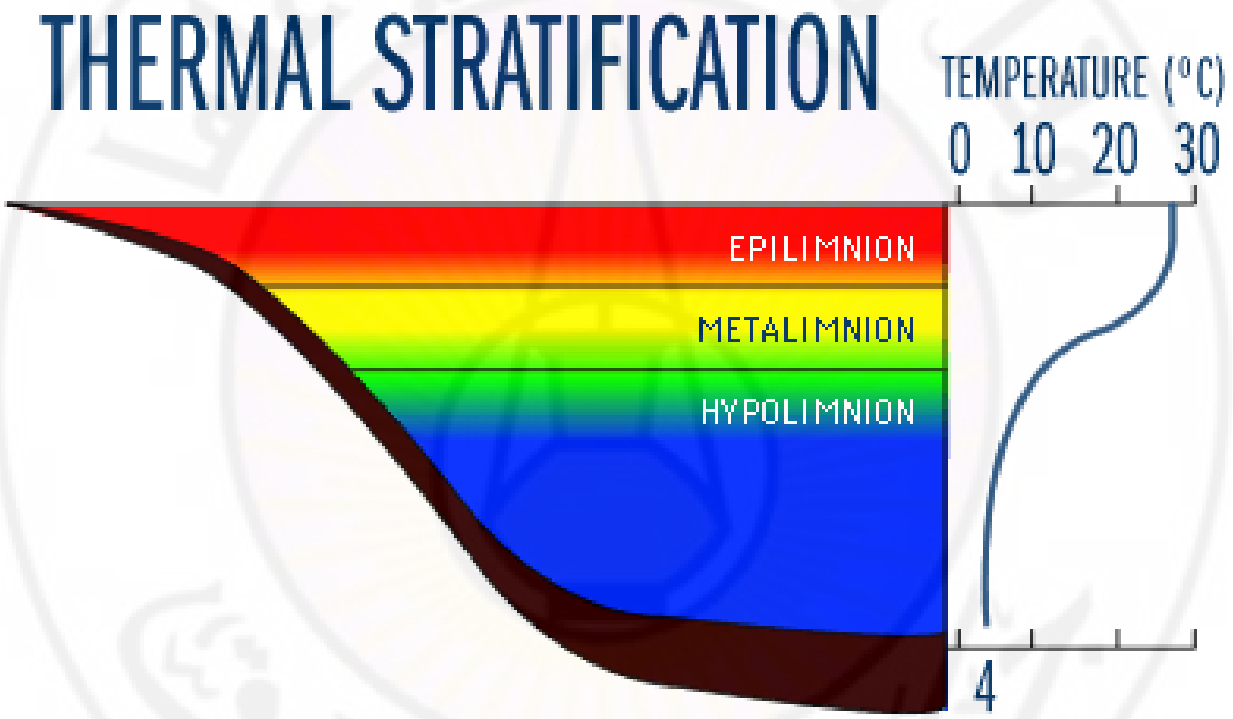
مشكلة الإثراء الغذائي

- مدة مكث المياه النظرية في البحيرة T

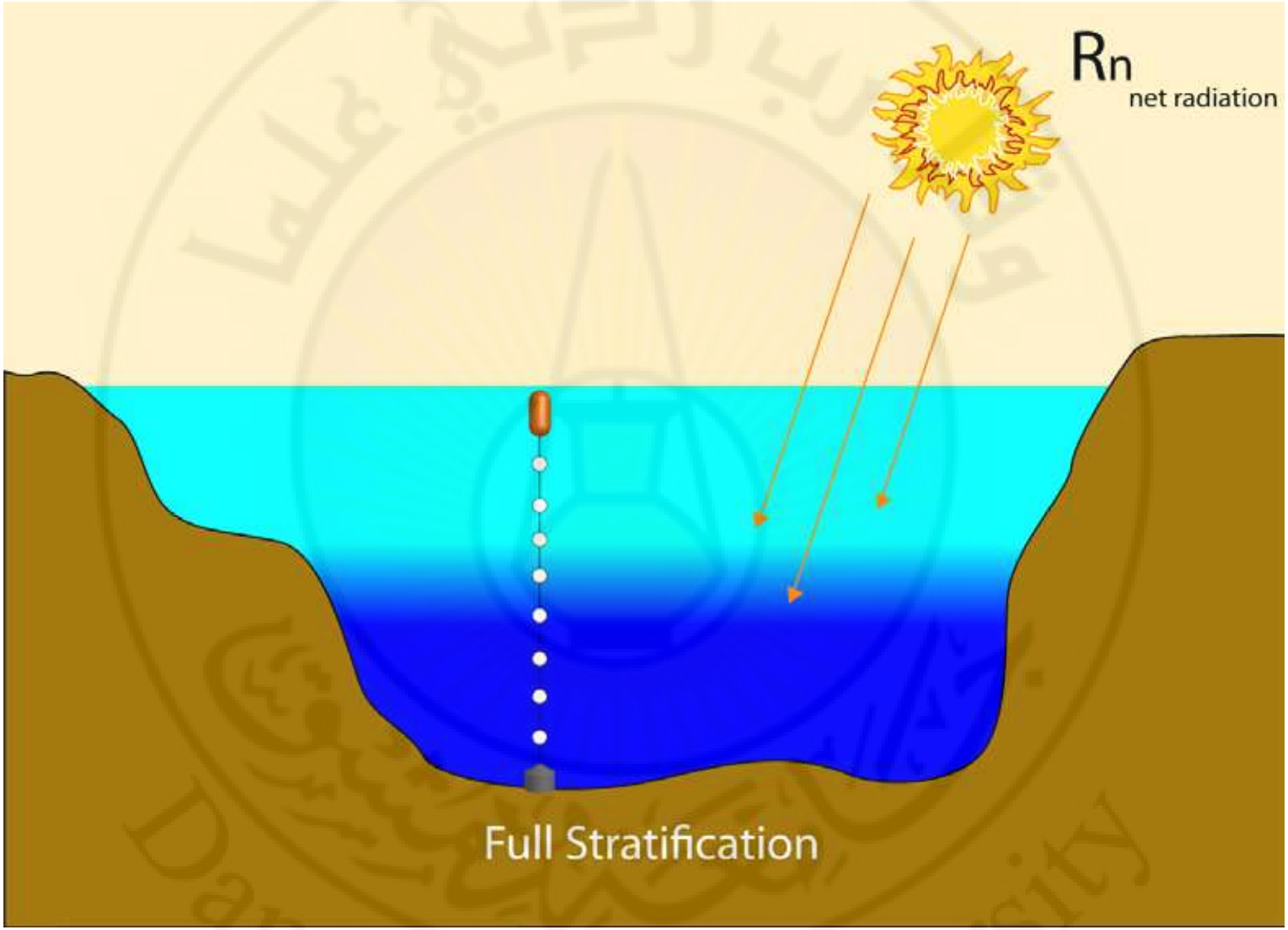
$$T = \frac{V}{Q_{out}}$$

V (m^3): حجم البحيرة الكلي
Q_{out} : الغزارة الخارجة

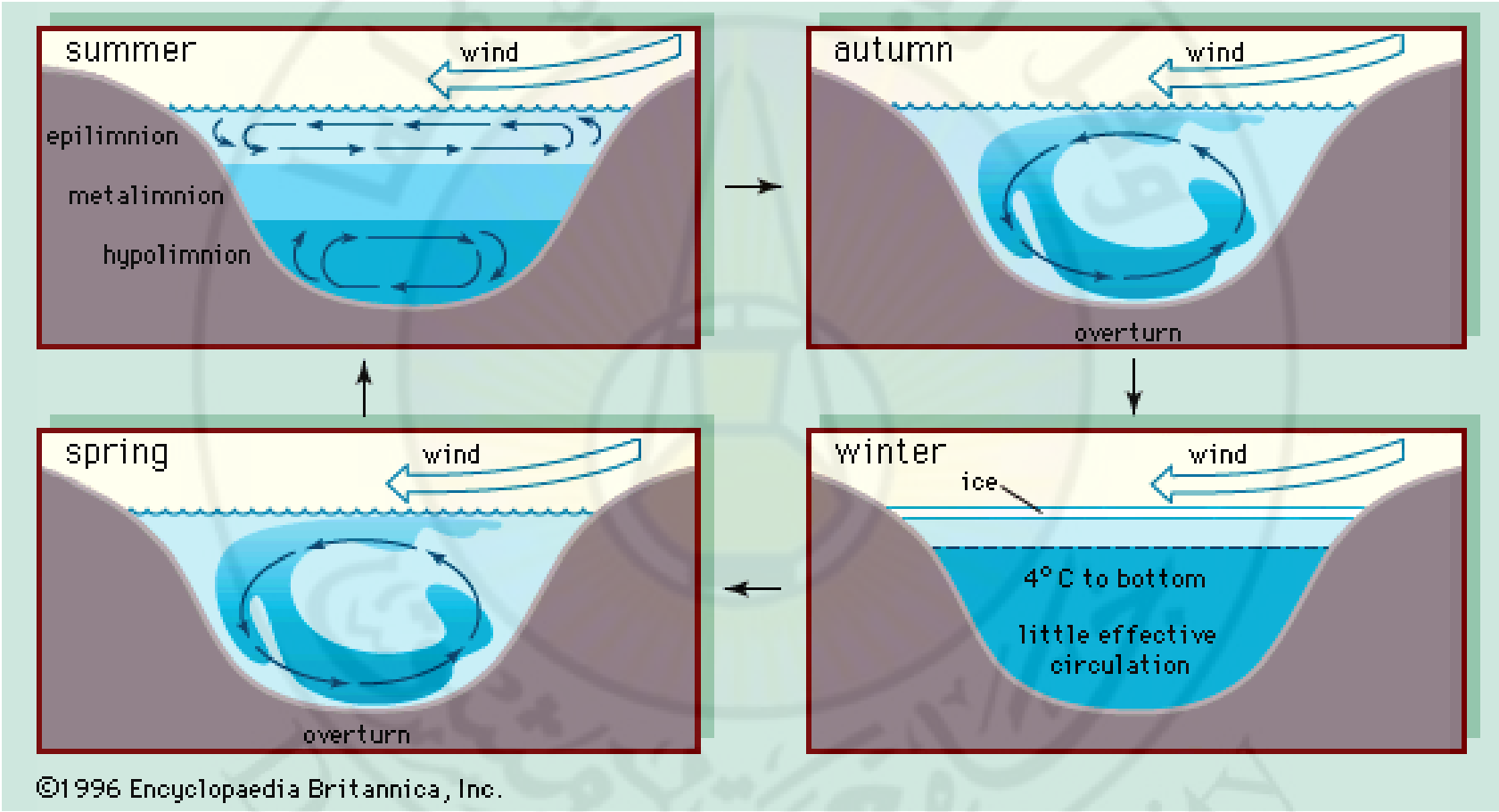
- تختلف مدة المكث الفعلية عن مدة المكث النظرية حسب:
  - تجانس خلط مياه البحيرة
  - التركيبة الحرارية للبحيرة
  - خلط المياه في الطبقات العميقة
  - قد يوجد قطاعات في البحيرة تصل مدة المكث الفعلية فيها إلى عدة سنوات



التركيبة الحرارية للبحيرات



Damascus University



تغيرات التركيبة الحرارية للبحيرات

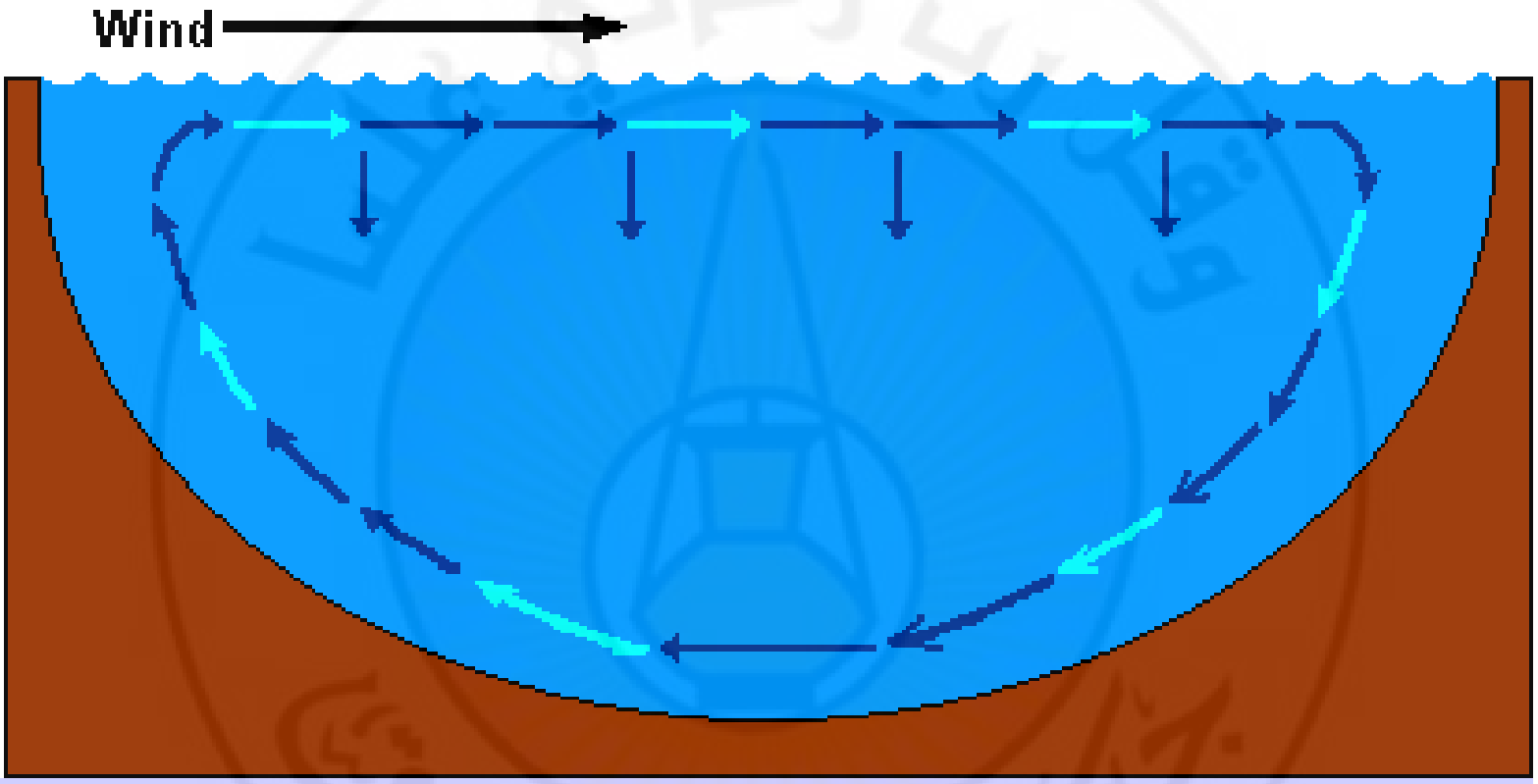


Figure 5 Complete mixing of water can occur when all water within the lake is generally the same temperature. In addition, the atmosphere cools the water at the lake's surface. This dense water sinks to the bottom and further contributes to lake mixing.

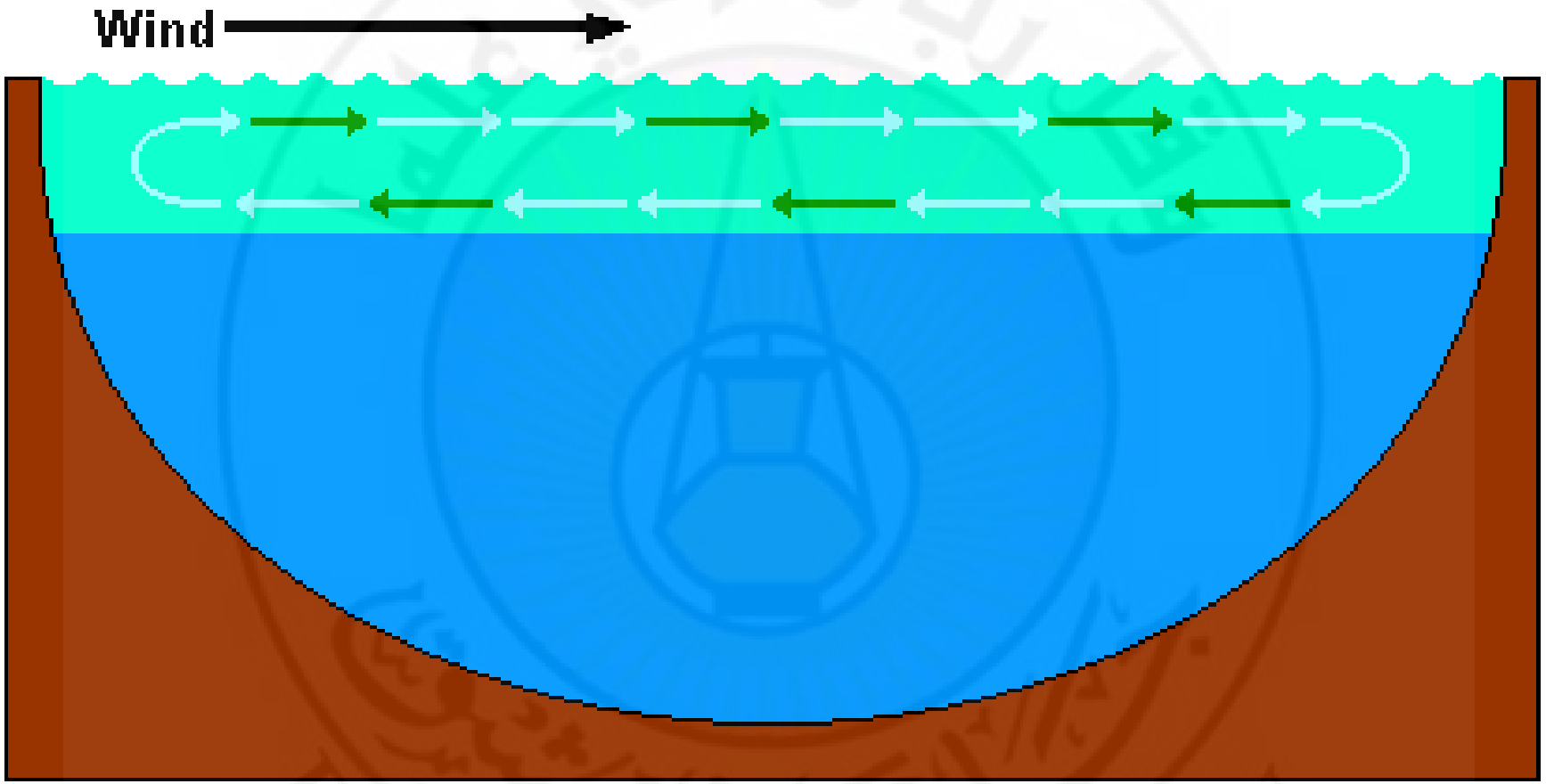
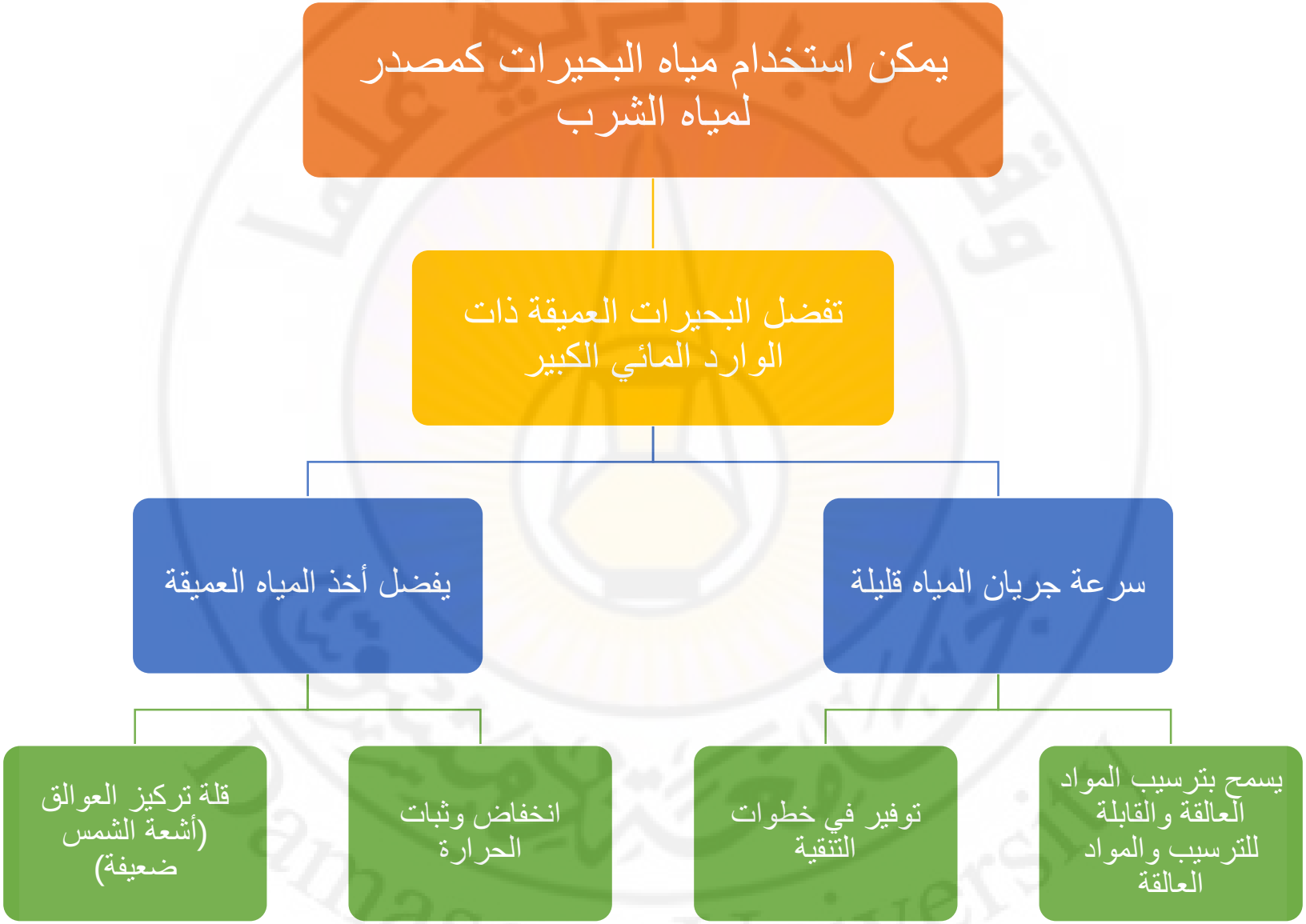


Figure 3 During summer density differences act as a barrier to complete mixing of the lake. This deprives the lake bottom of oxygen.


يمكن استخدام مياه البحيرات كمصدر لمياه الشرب
تفضل البحيرات العميقة ذات الوارد المائي الكبير
يفضل أخذ المياه العميقة
سرعة جريان المياه قليلة
قلة تركيز العوالق (أشعة الشمس ضعيفة)
انخفاض وثبات الحرارة
توفير في خطوات التنقية
يسمح بترسيب المواد العالقة والقابلة للترسيب والمواد العالقة

- تعطى كمية المياه التي يمكن أخذها من البحيرة من علاقة التوازن المائي للبحيرات:

$$Q = Q_{In} + Q_G + Q_R - (Q_{out} + Q_e + Q_g)$$

Q: كمية المياه الممكن أخذها دون التأثير على المخزون المائي

Q_{In}: كمية المياه الواردة من الجريانات السطحية

Q_G: كمية المياه الواردة من الجريانات الجوفية

Q_R: كمية مياه الأمطار الهاطلة

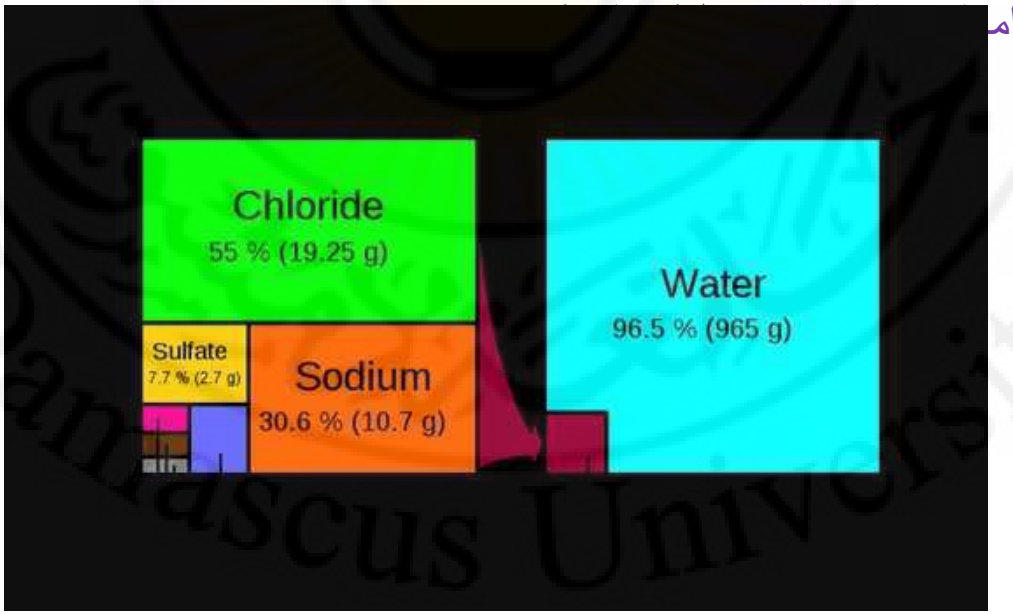
Q_{out}: كمية المياه المفقودة مع الجريانات السطحية الخارجة من البحيرة

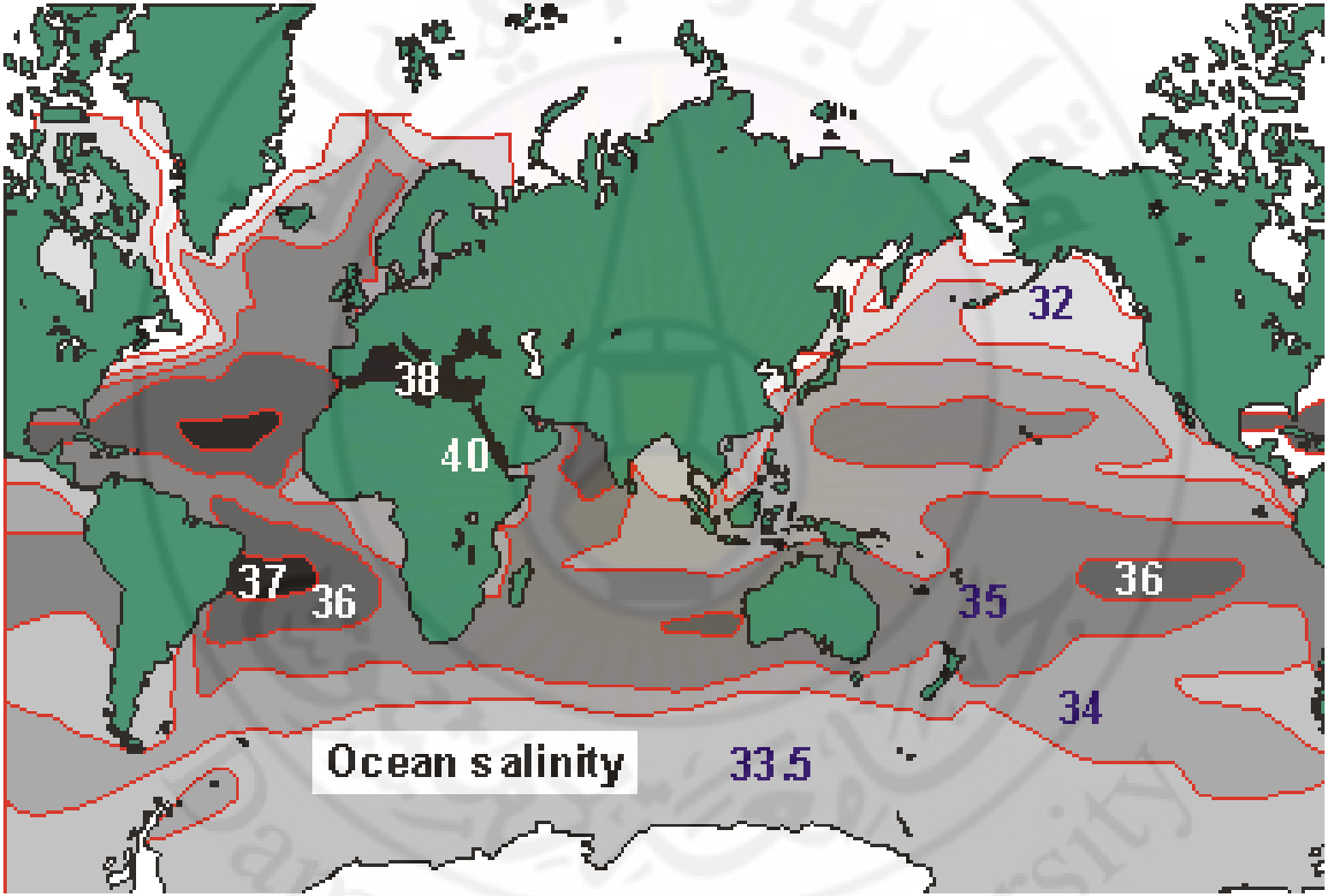
Q_e: كمية المياه المفقودة بالبخر من سطح البحيرة

Q_g: كمية المياه المتسربة إلى المياه الجوفية


تغيرات مخزون المياه ضمن البحيرات
التغيرات قصيرة المدى
التغيرات على المدى الطويل
تتبع لفصول الجفاف وفصول الهطول ضمن السنة نفسها
يمكن التحكم بهذه المشكلة عن طريق منشآت هندسية
مرور عدة سنوات جفاف متتالية، تليها سنوات خير عدة تسبب فيضان المياه
أساس عند التخطيط لاستخدام مياه البحيرة

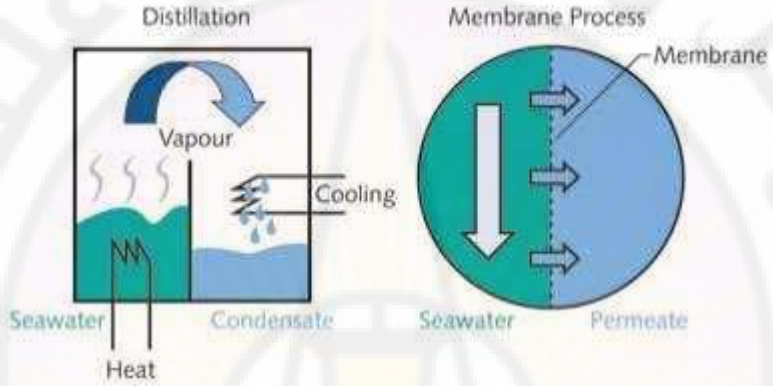
- مياه البحار والمحيطات
  - نوعيتها مختلفة من مكان لآخر
    - الموقع الجغرافي والقرب من القطبين
    - اختلاف المصبات
    - التيارات المائية
  - تحوي على تراكيز عالية من الأملاح المعدنية بركانية الأصل
    - تقدر ملوحتها بنسبة 3.5% وسطياً
  - يمكن استخدام

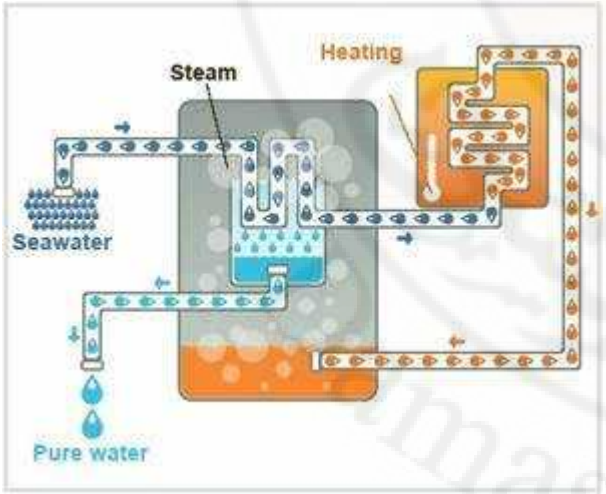


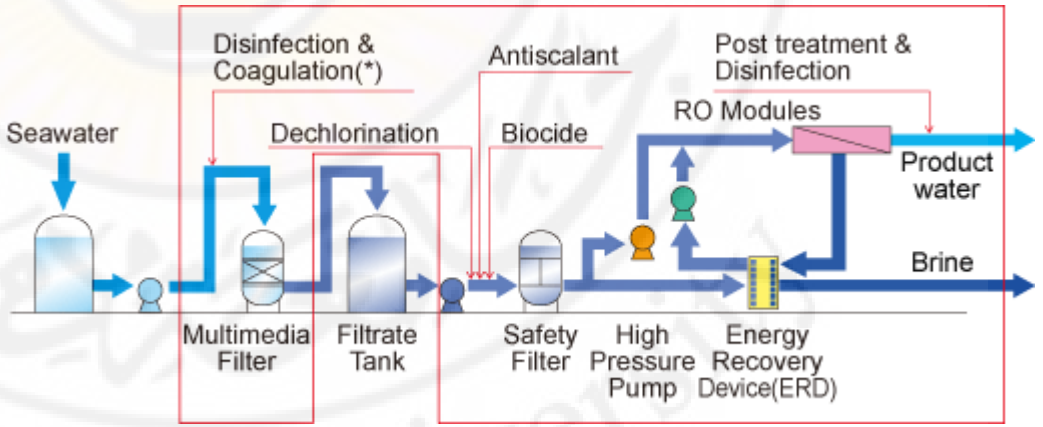


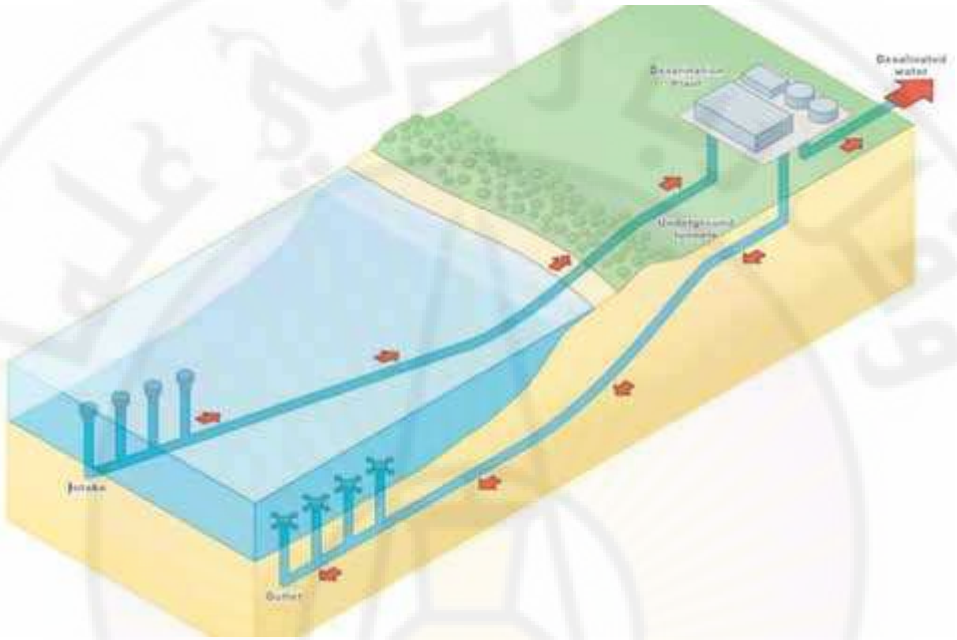
Damascus University

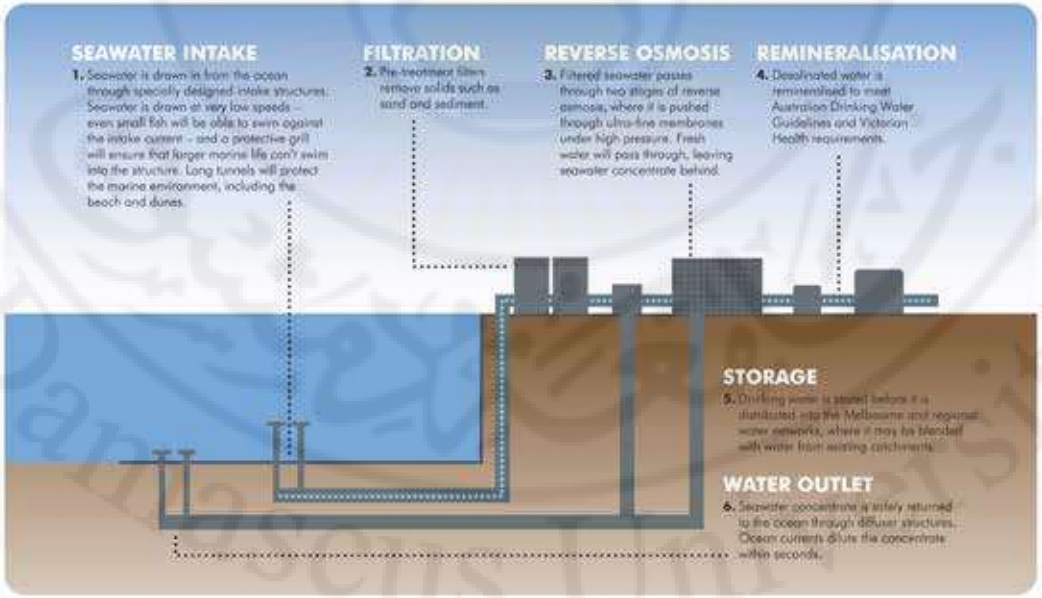
Figure 2. Desalination scheme



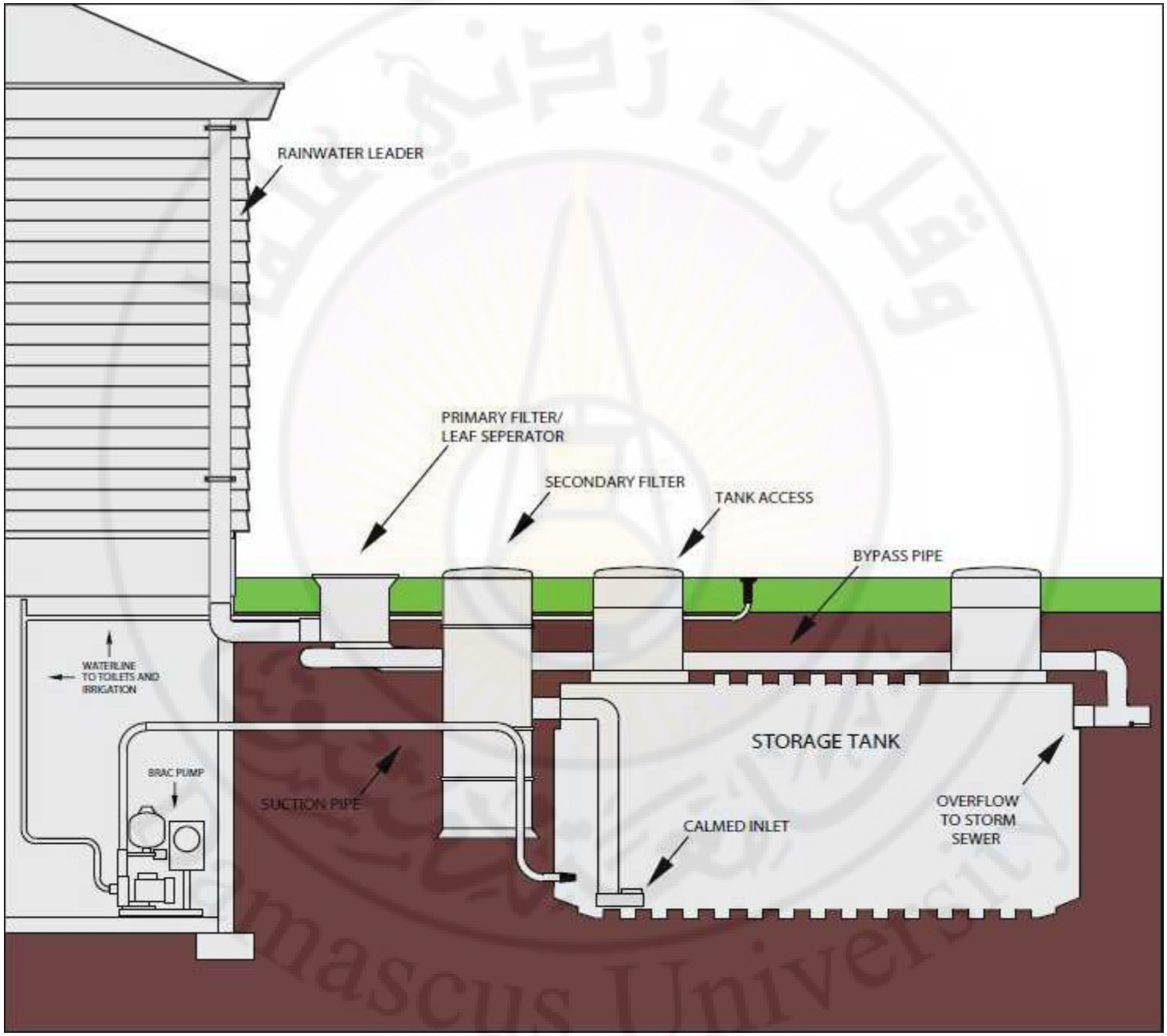


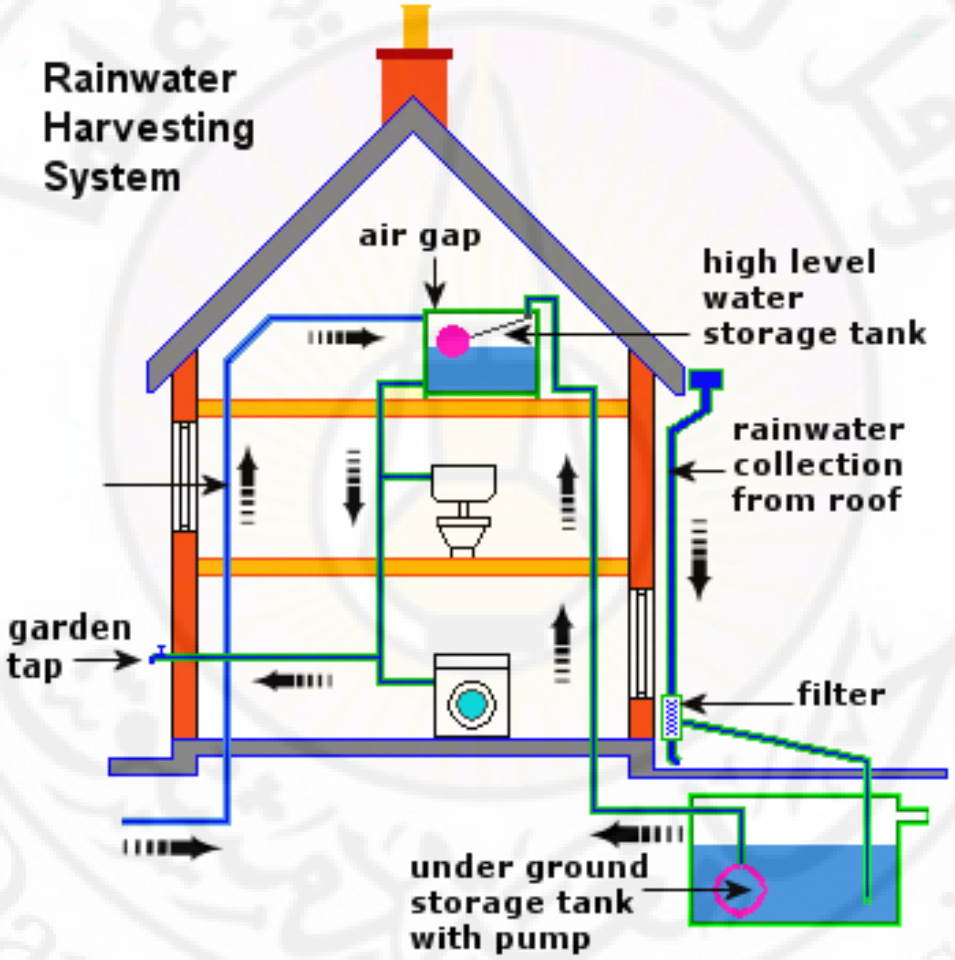



Desalinated water
Intake
Outlet

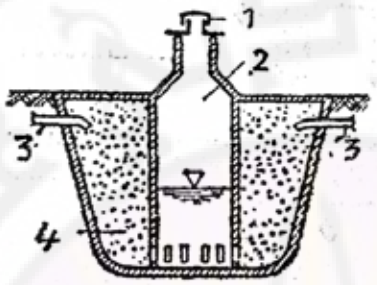

SEAWATER INTAKE
1. Seawater is drawn in from the ocean through specially designed intake structures. Seawater is drawn at very low speeds – even small fish will be able to swim against the intake current – and a protective grill will ensure that larger marine life can't swim into the structure. Long tunnels will protect the marine environment, including the beach and dunes.
FILTRATION
2. Pre-treatment filters remove solids such as sand and sediment.
REVERSE OSMOSIS
3. Filtered seawater passes through two stages of reverse osmosis, where it is pushed through ultra-fine membranes under high pressure. Fresh water will pass through, leaving seawater concentrate behind.
REMINERALISATION
4. Desalinated water is remineralised to meet Australian Drinking Water Guidelines and Victorian Health requirements.
STORAGE
5. Drinking water is stored before it is distributed into the Melbourne and regional water networks, where it may be blended with water from existing catchments.
WATER OUTLET
6. Seawater concentrate is safely returned to the ocean through diffuser structures. Ocean currents dilute the concentrate within seconds.

- حصاد مياه الأمطار
  - مواصفات مياه الأمطار
    - مياه طرية جداً (لم تمر على تربة تسبب العسارة)
    - تحل العديد من الغازات خلال هطولها (CO_2, NH_4, HNO_3, H_2S, SO_2, ...)
    - تختلف مواصفاتها حسب نظافة المنطقة وسطح الجمع
      - تحمل خلال هطولها ملوثات الجو (الغبار، هباب الفحم، الغازات المختلفة)
      - تجرف خلال جريانها على الأرض الملوثات المختلفة (الرمل، بقايا الطيور، أوراق الشجر، كائنات حية دقيقة)
  - يمكن استخدام مياه الأمطار للأغراض المنزلية المختلفة
    - المناطق الفقيرة بالمياه الجوفية
    - لايوجد مصدر مياه سطحي قريب
  - تجمع مياه الأمطار الهاطلة فوق ساحات البيوت والأسقف
    - تخزن ضمن خزانات مياه خاصة
    - تجهز الخزانات بحجرة ترسيب
    - يمكن أن تجهز أيضاً بفلتر لتحسين نوعية المياه


RAINWATER LEADER
PRIMARY FILTER/
LEAF SEPERATOR
SECONDARY FILTER
TANK ACCESS
BYPASS PIPE
WATERLINE
TO TOILETS AND
IRRIGATION
BRAC PUMP
SUCTION PIPE
STORAGE TANK
CALMED INLET
OVERFLOW
TO STORM
SEWER



Damascus University



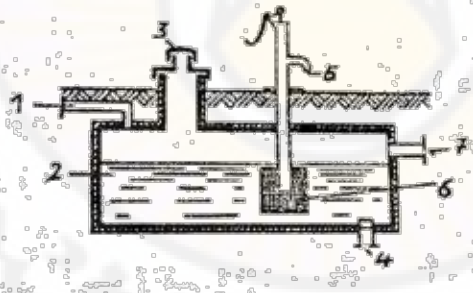
الخـزان الثينيسي

١ ـ مدخل الخزان

٢ ـ مأخذ المياه

٣ ـ مدخل المياه

٤ ـ فلتر رملي



الخزان الامريكي

١ ـ مدخل المياه

٢ ـ حجرة ترسيب وتجميع

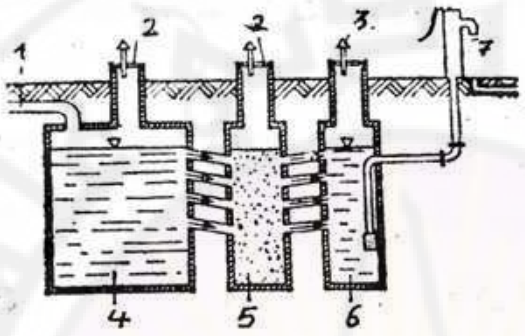
٣ ـ فتحة دخول

٤ ـ فتحة تفريغ

٥ ـ ماخذ

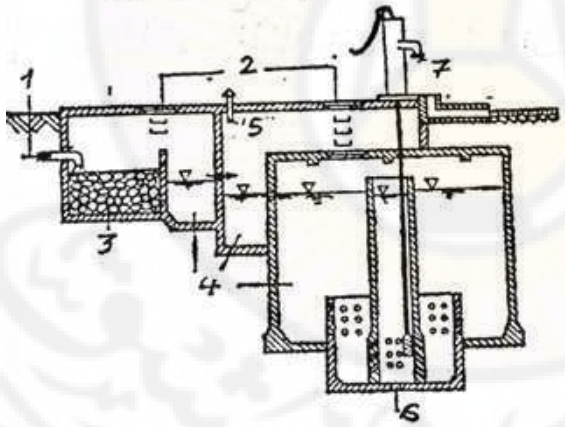
٦ ـ فلتر رملي قابل للتغيير

٧ ـ مفيض



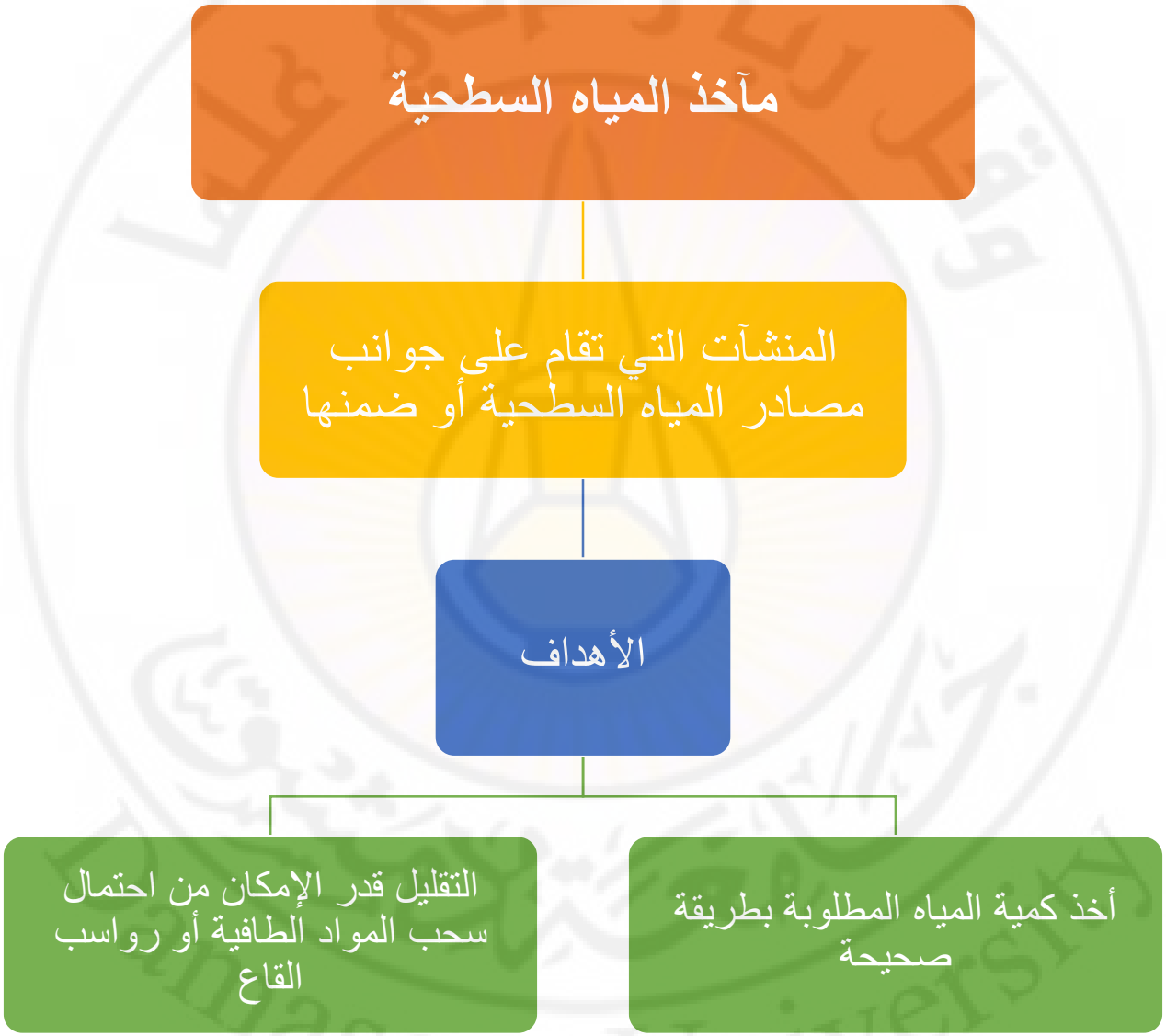
خزان تجميع

١ ــ مدخل المياه
٢ ــ مدخل الى الخزان
٣ ــ فلتر رملي
٤ ــ خزان ترسيب
٥ ــ تهوية
٦ ــ فتحة تفريغ
٧ ــ مأخذ المياه

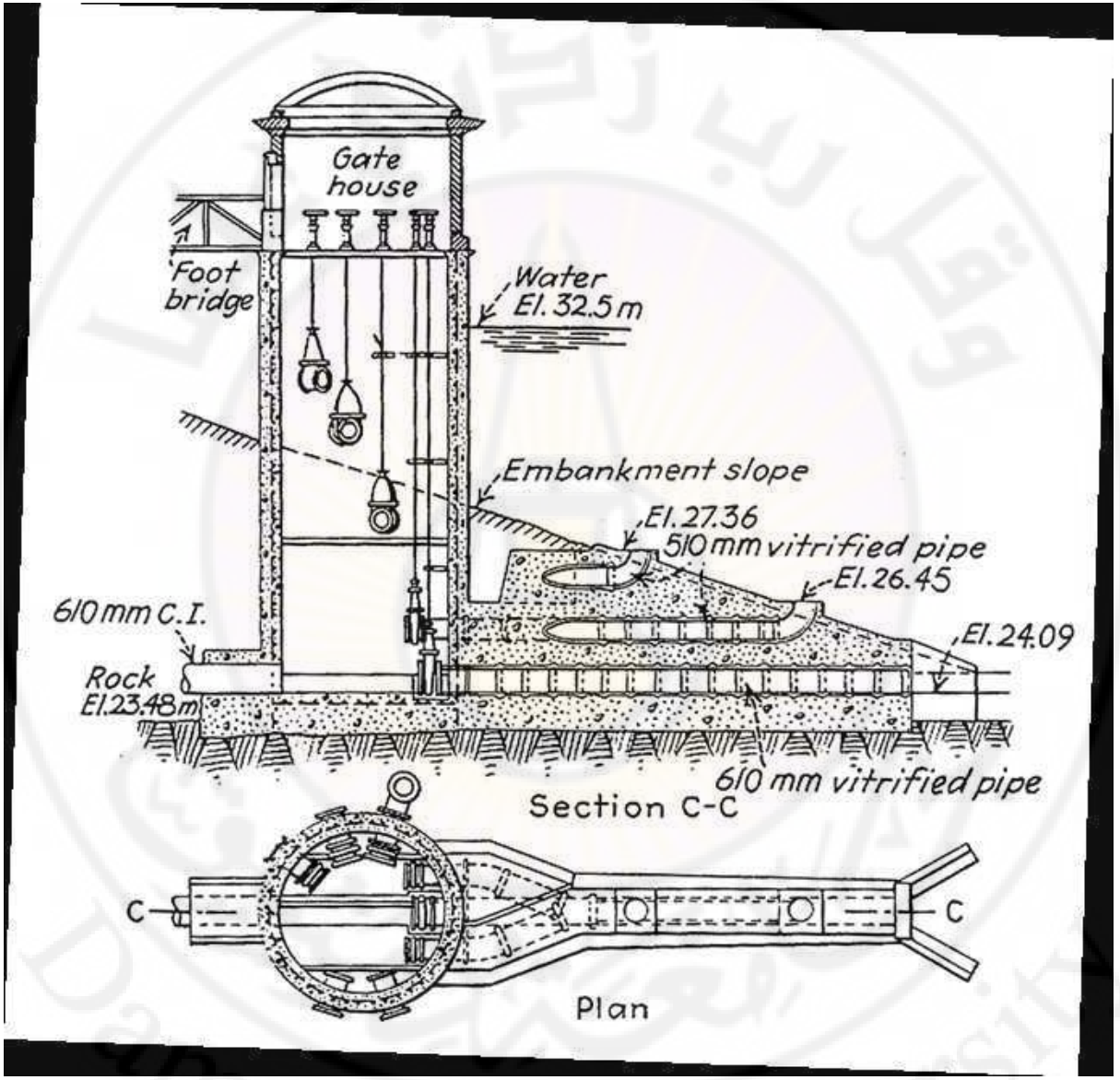


خــزان تجميع

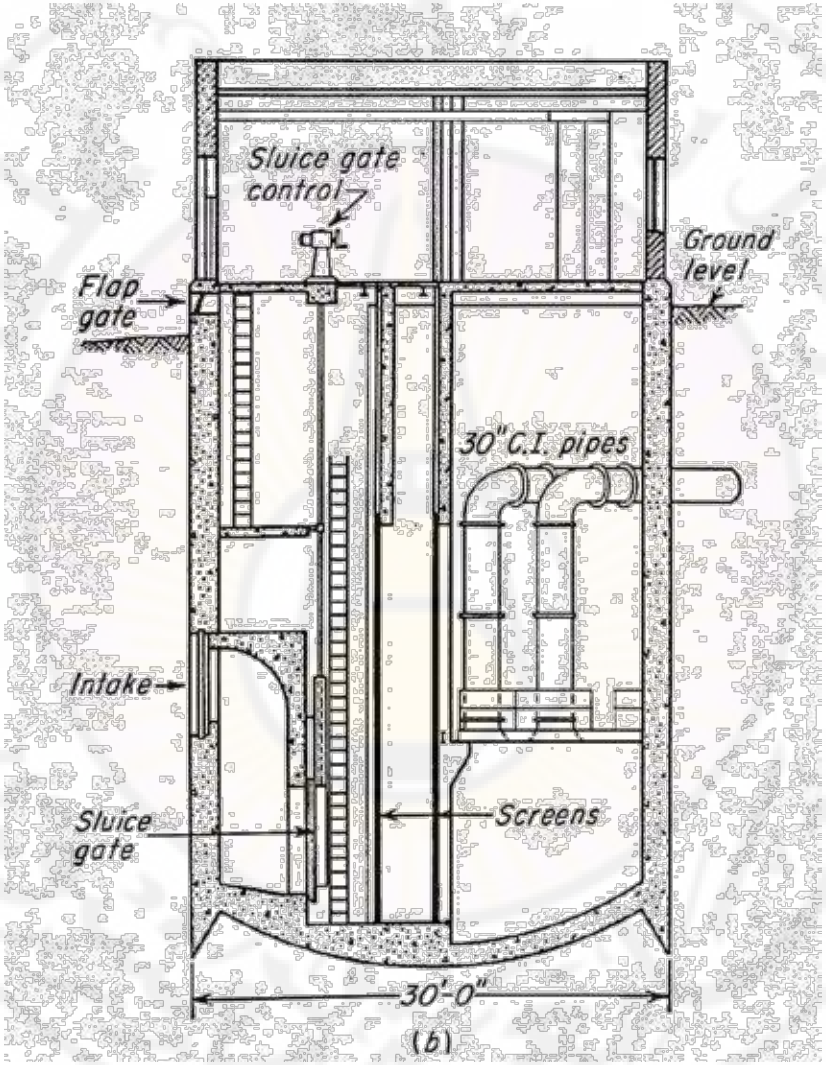
١ ــ مدخل المياه
٢ ــ مدخل الى الخزان
٣ ــ تهوية
٤ ــ خزان ترسيب
٥ ــ فلتر رملي
٦ ــ خزان تجميع
٧ ــ مأخذ المياه


مآخذ المياه السطحية
المنشآت التي تقام على جوانب مصادر المياه السطحية أو ضمنها
الأهداف
أخذ كمية المياه المطلوبة بطريقة صحيحة
التقليل قدر الإمكان من احتمال سحب المواد الطافية أو رواسب القاع

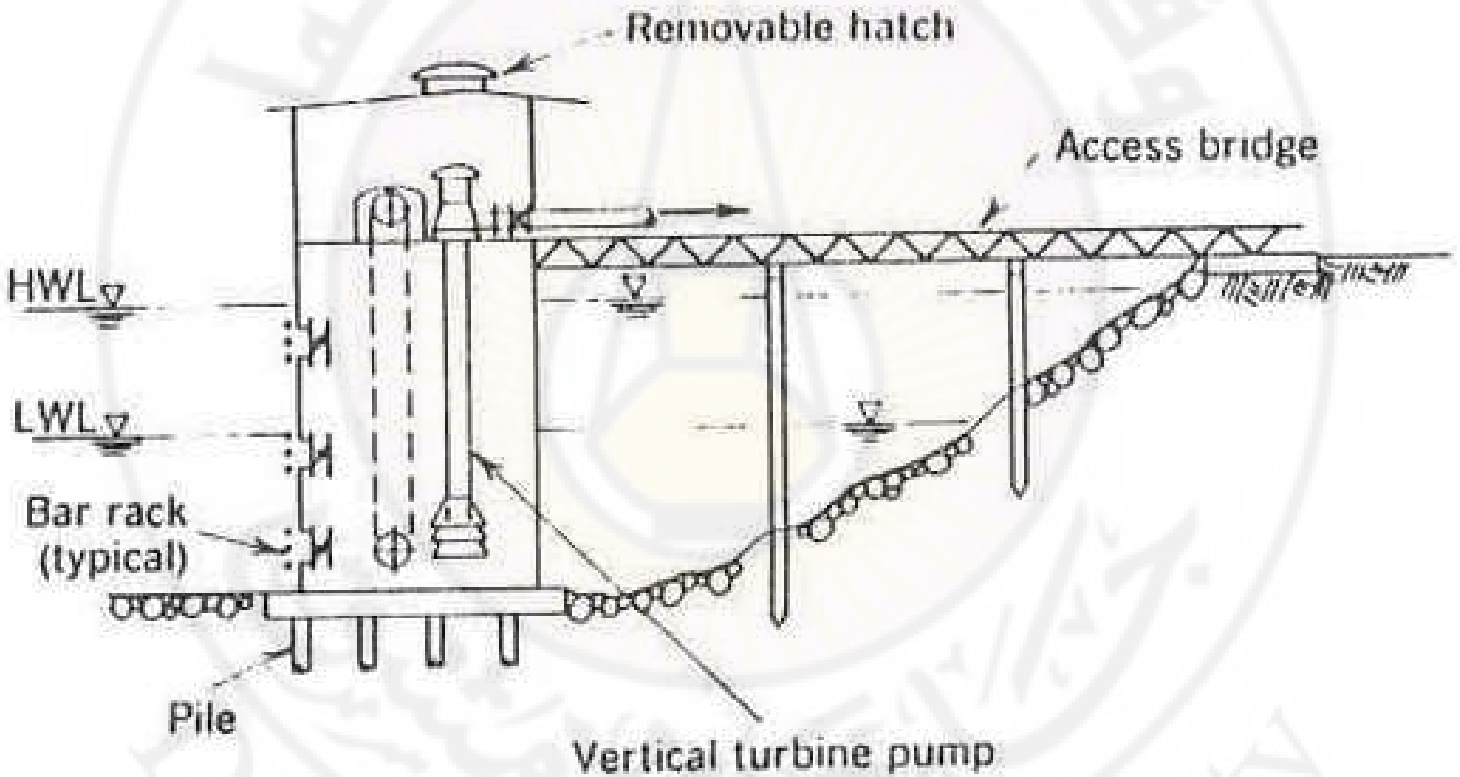

أنواع المآخذ السطحية
المأخذ البرجي
البحيرات
المأخذ على الضفة
الأنهار الصغيرة وأقنية الملاحة وأقنية الري
مأخذ سيفوني- بئري
الأنهار
مأخذ مغمور
البحيرات الكبيرة
مأخذ أنبوبي
الأنهار والبحيرات
مأخذ أنبوبي متحرك المدخل
الأنهار والبحيرات
المأخذ المعلق
الأنهار
المأخذ المتحرك
البحيرات
المأخذ الطافي
الأنهار والبحيرات



المأخذ البرجي



المأخذ البرجي



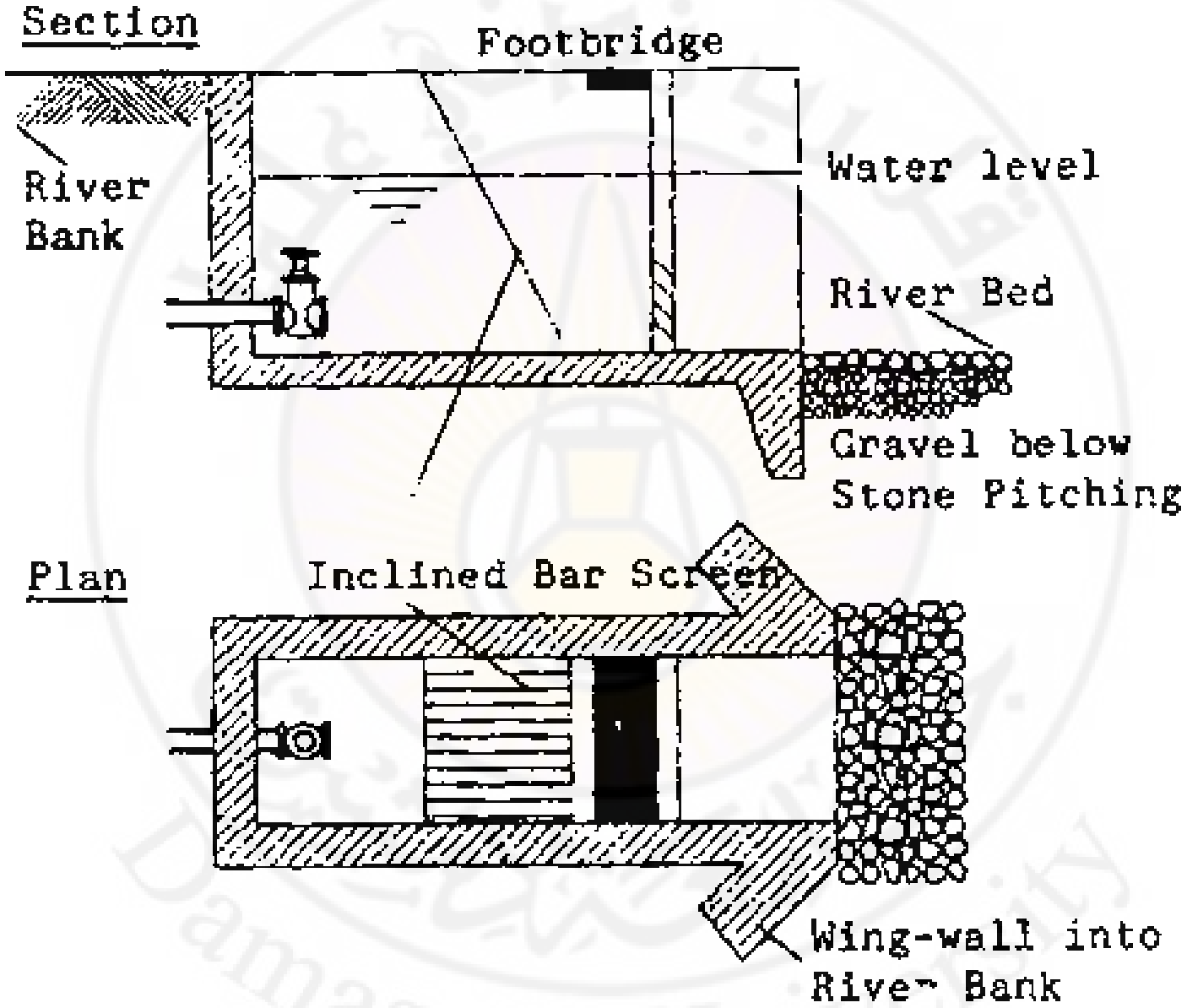
المأخذ البرجي



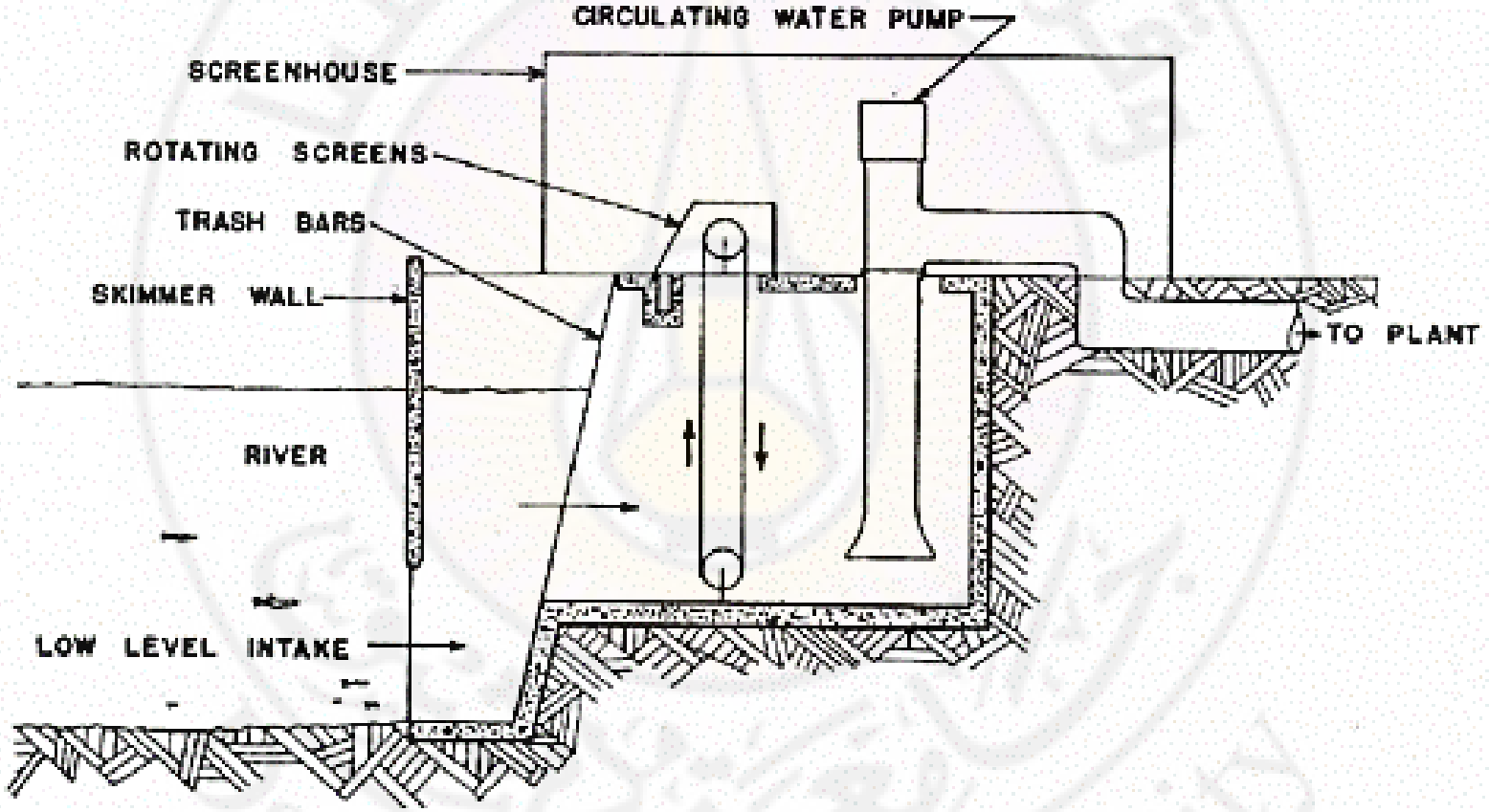
المأخذ البرجي



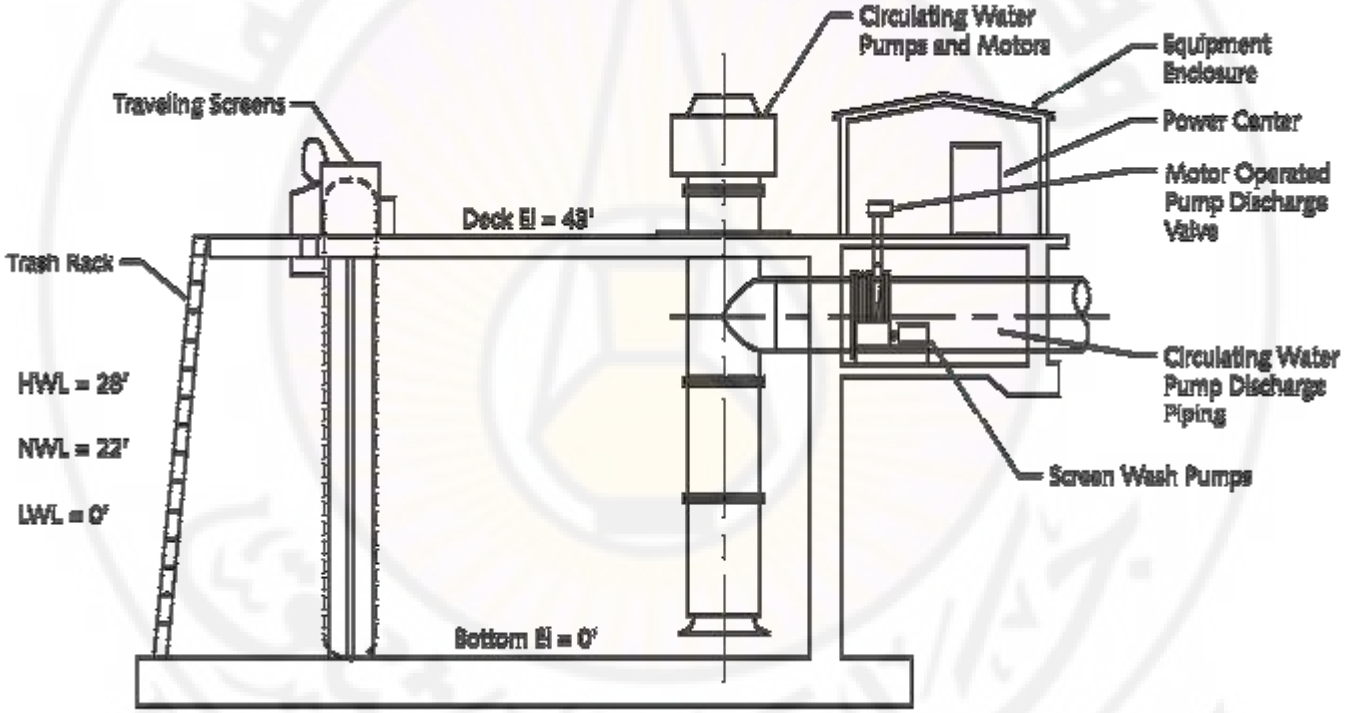
المأخذ البرجي



المأخذ على الضفة



المأخذ على الضفة



المأخذ على الضفة



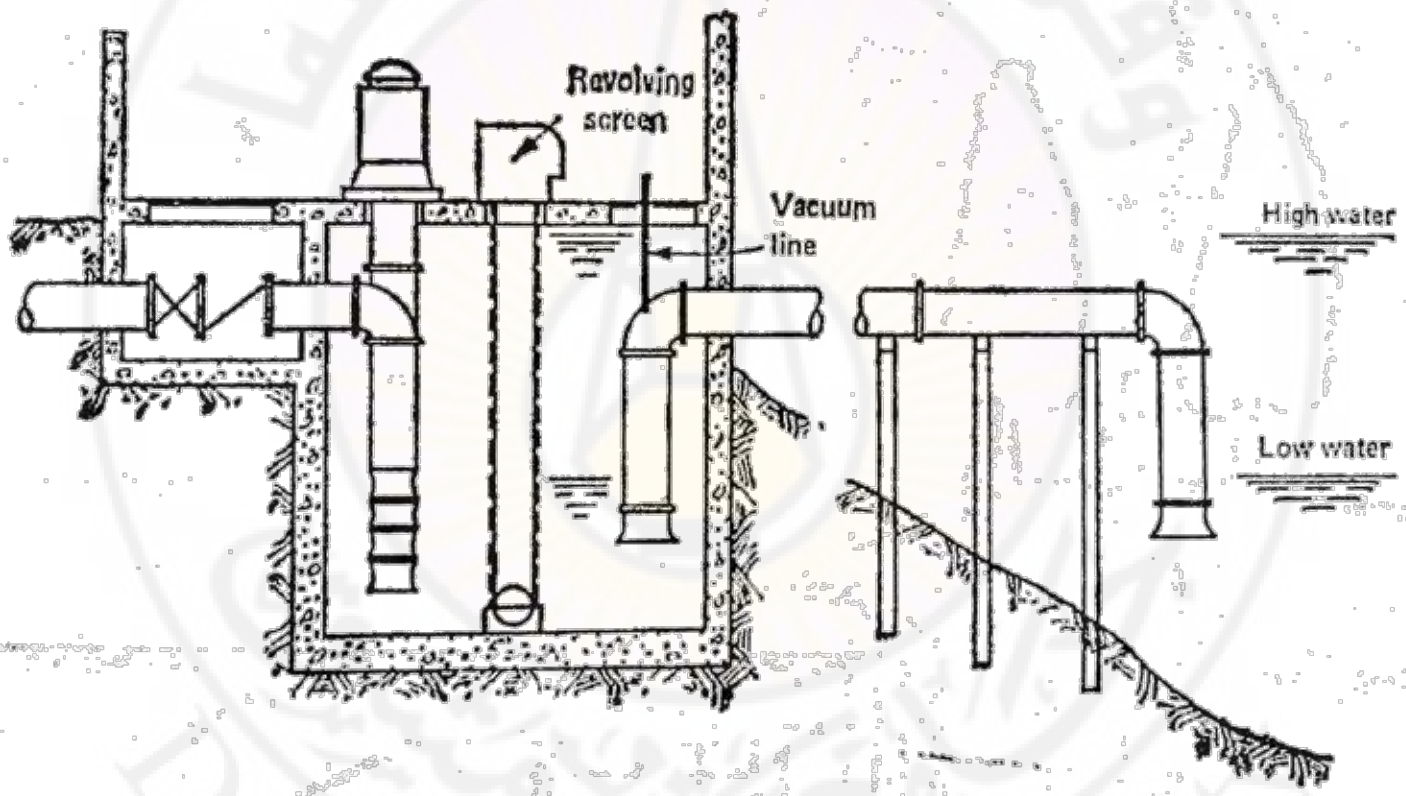
المأخذ على الضفة



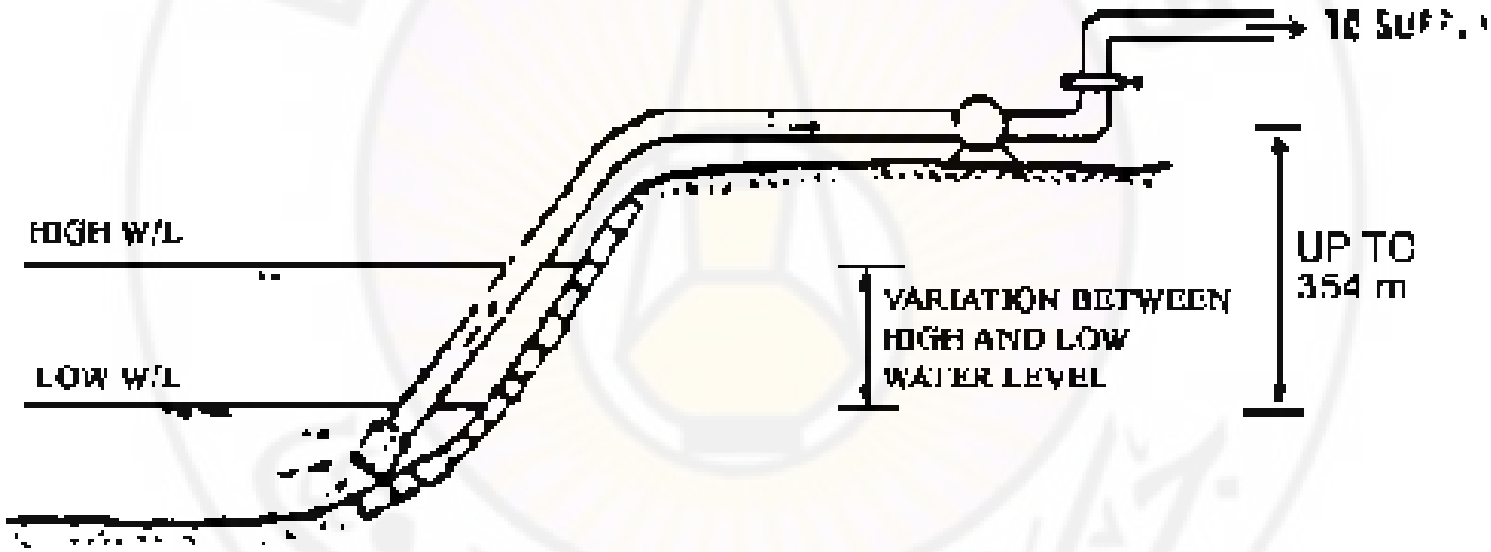
المأخذ على الضفة



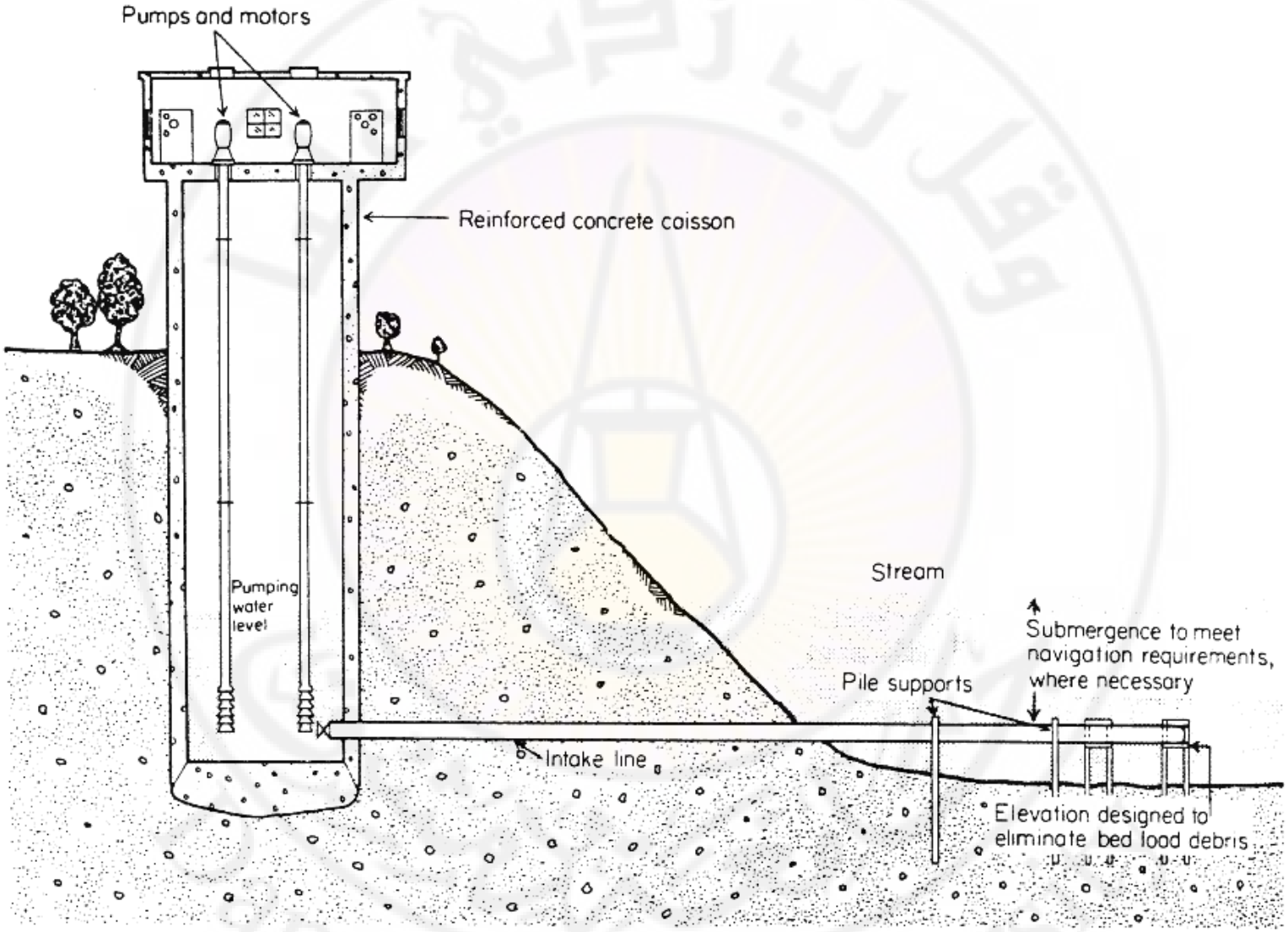
المأخذ على الضفة



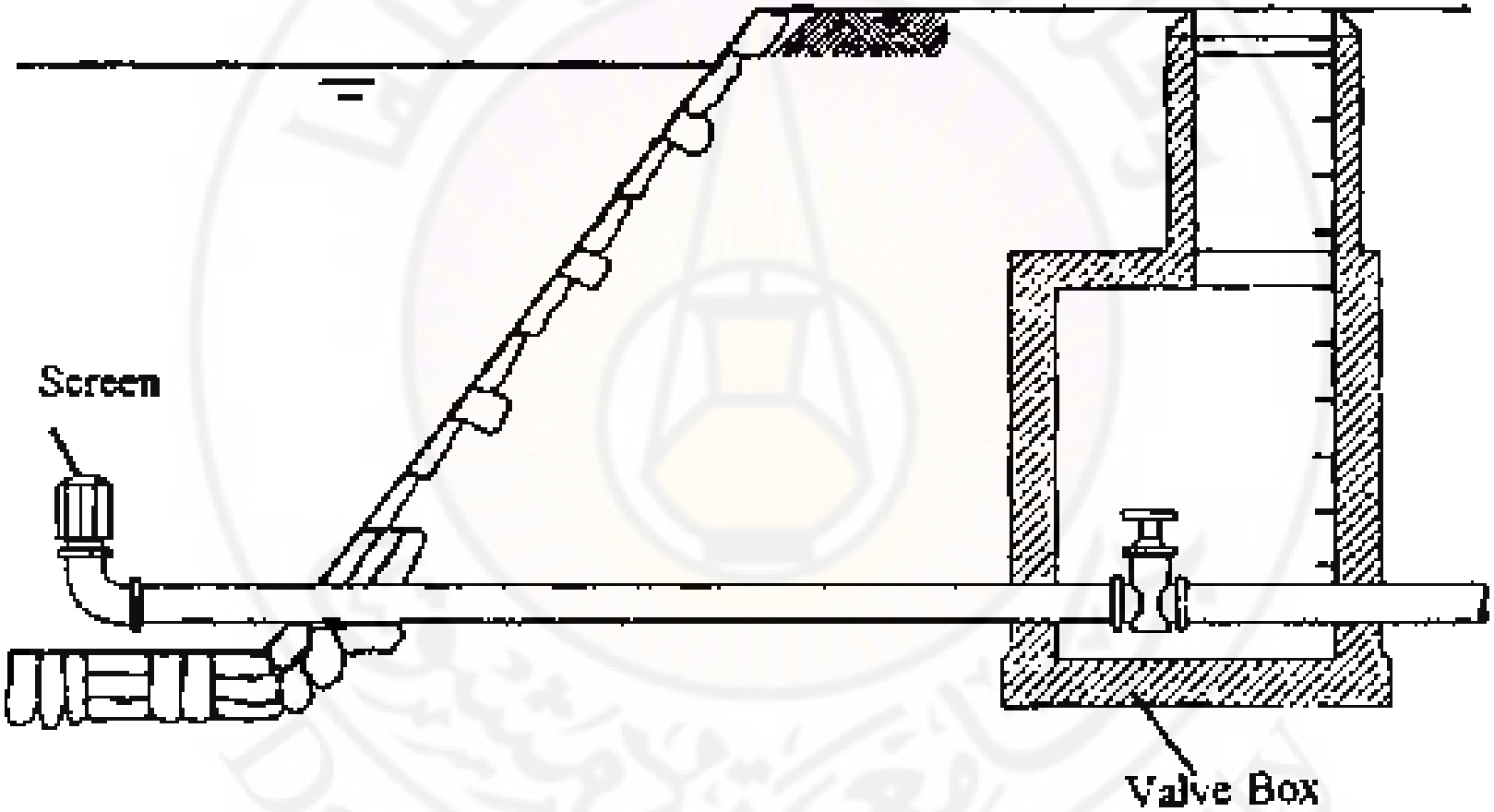
مأخذ سيفوني- بئري


HIGH W/L
LOW W/L
VARIATION BETWEEN
HIGH AND LOW
WATER LEVEL
UP TO
354 m

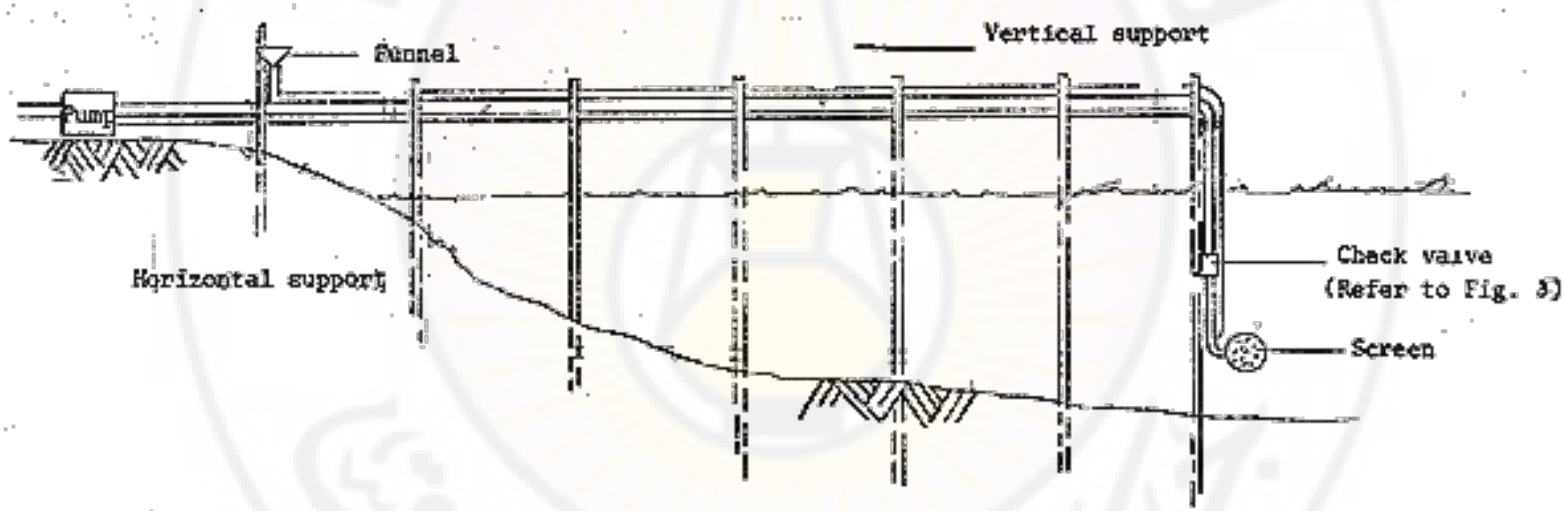
مأخذ مغمور


Pumps and motors
Reinforced concrete caisson
Pumping water level
Stream
Submergence to meet navigation requirements, where necessary
Pile supports
Intake line
Elevation designed to eliminate bed load debris

مأخذ مغمور



مأخذ أنبوبي غير محمي



مأخذ أنبوبي غير محمي

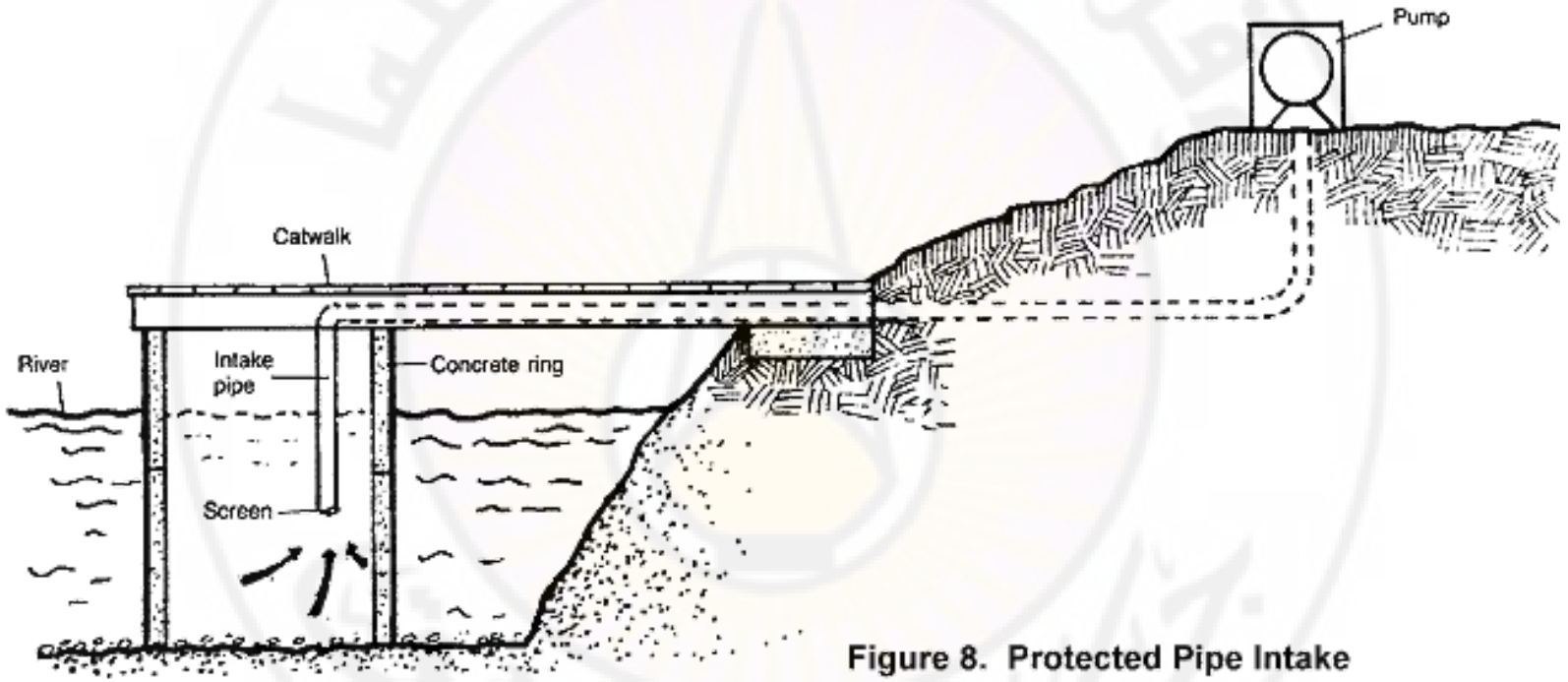
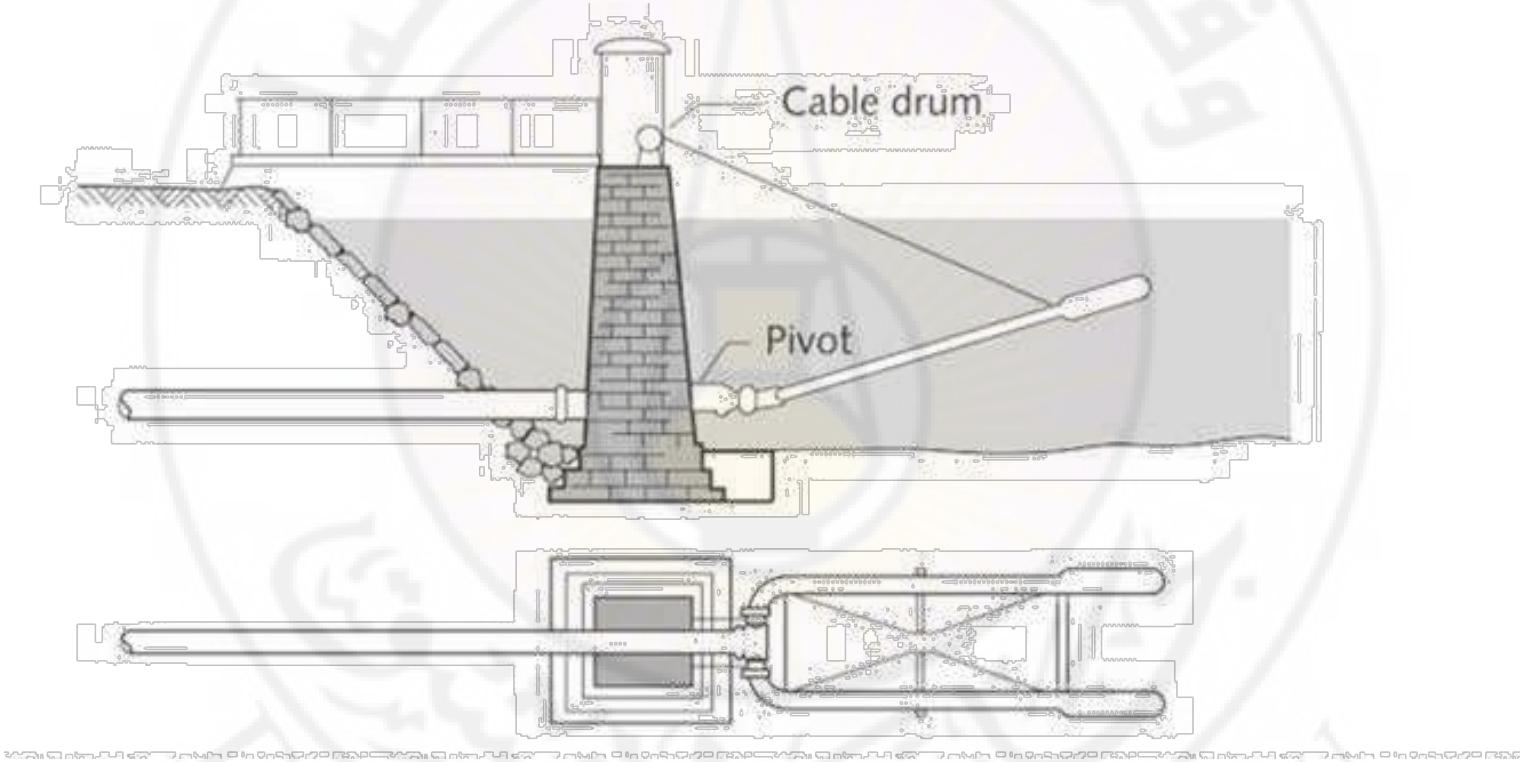
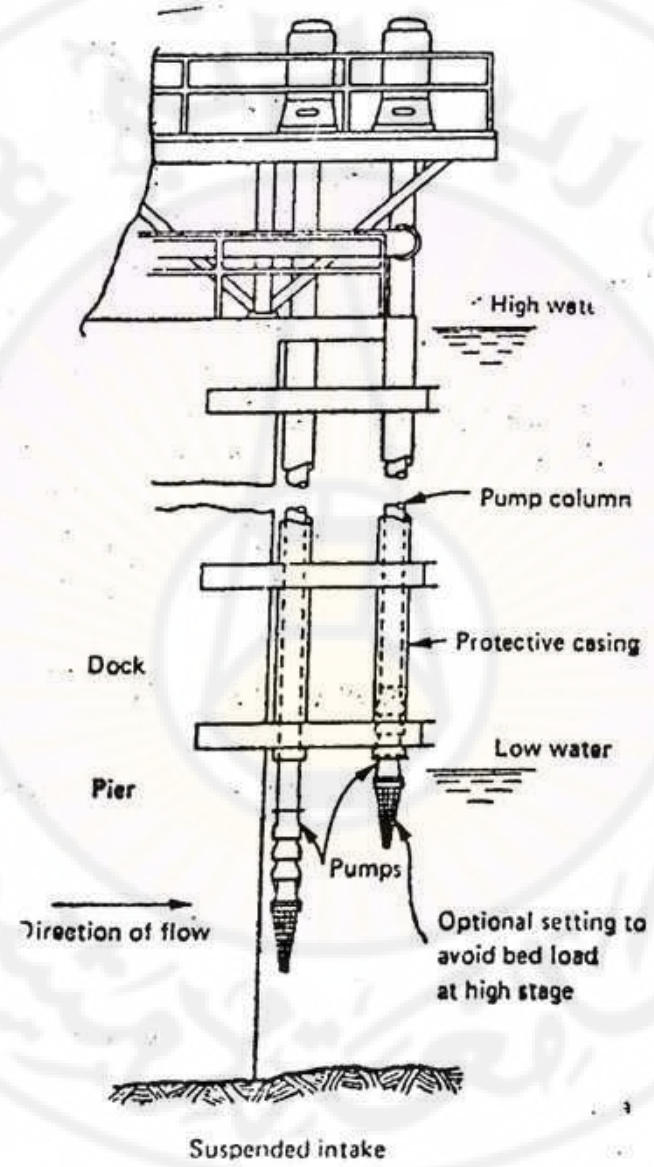


Figure 8. Protected Pipe Intake

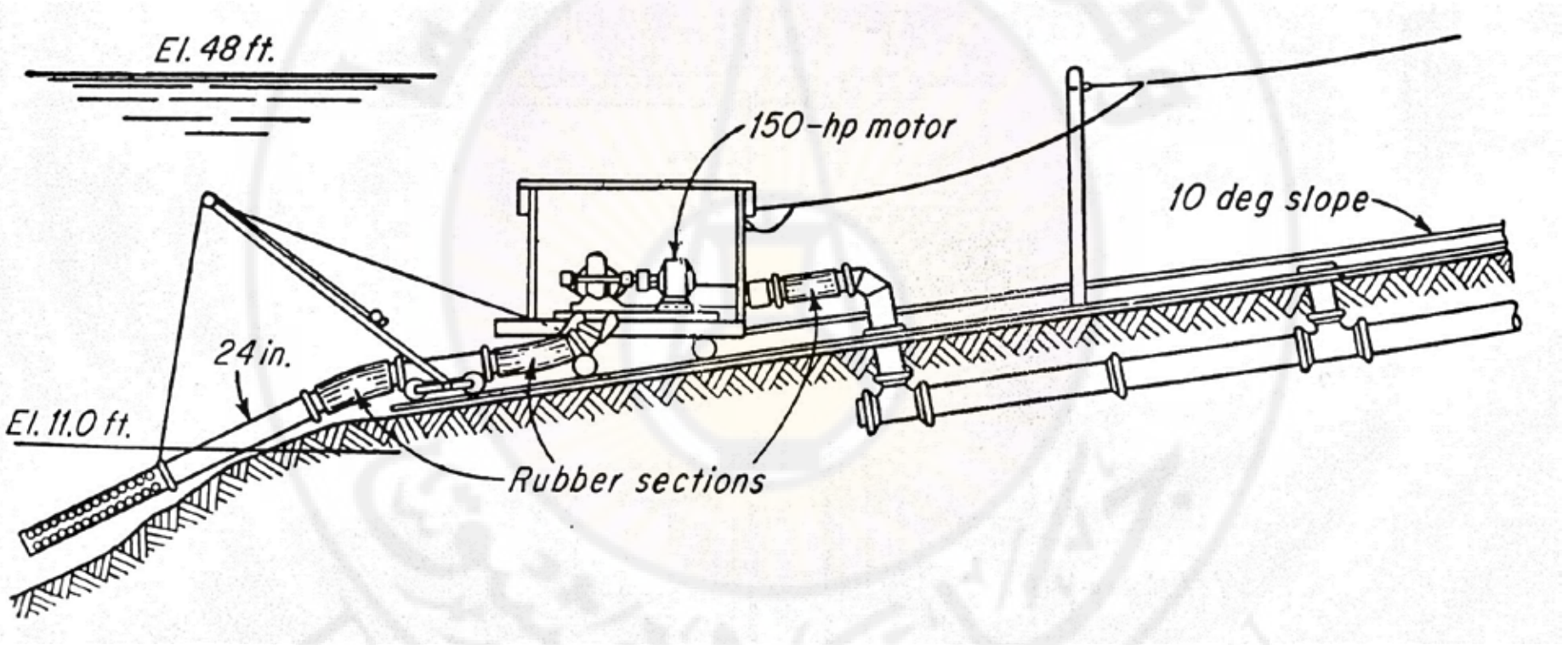
مأخذ أنبوبي محمي



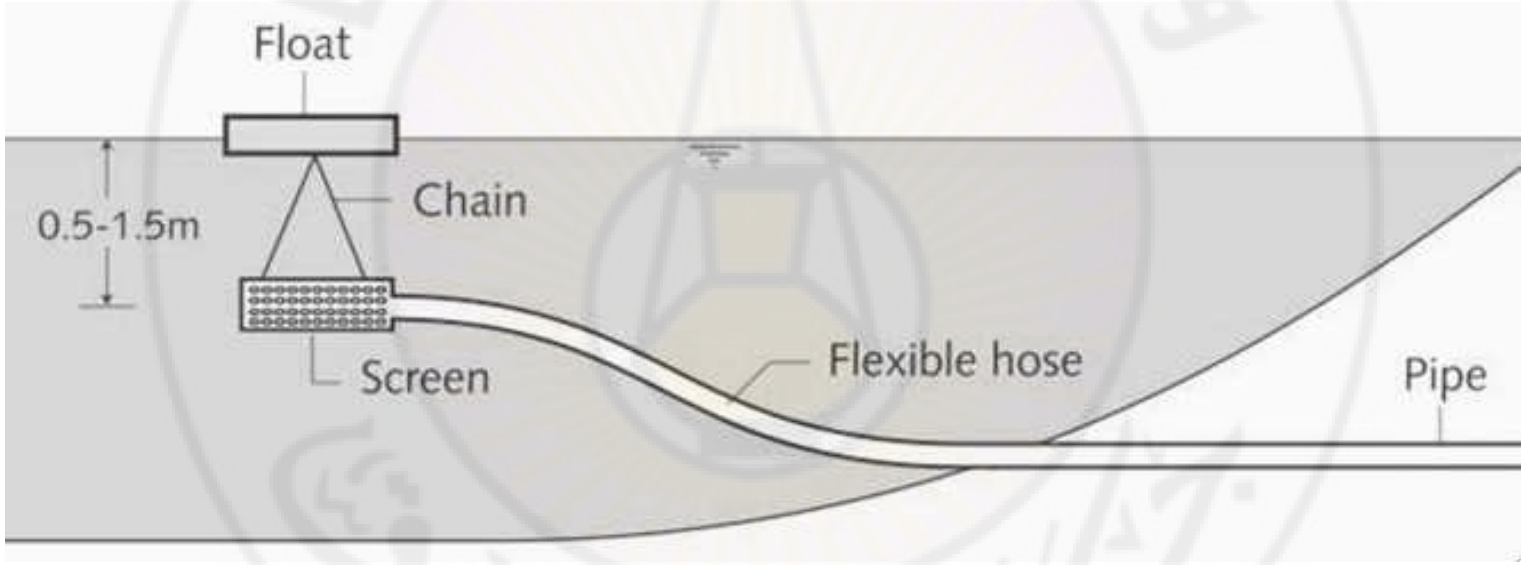
مأخذ أنبوبي متحرك المدخل



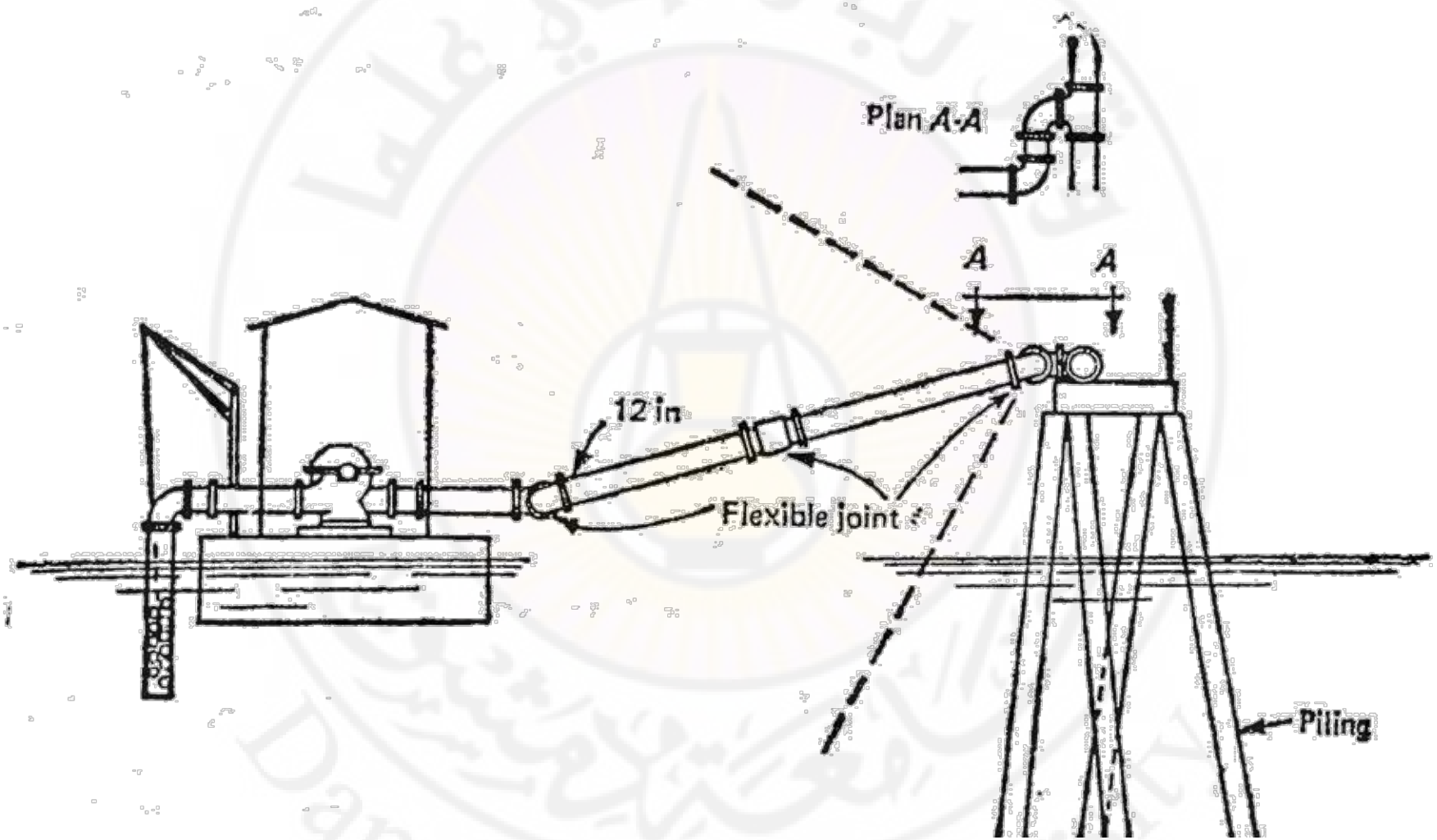
المأخذ المعلق



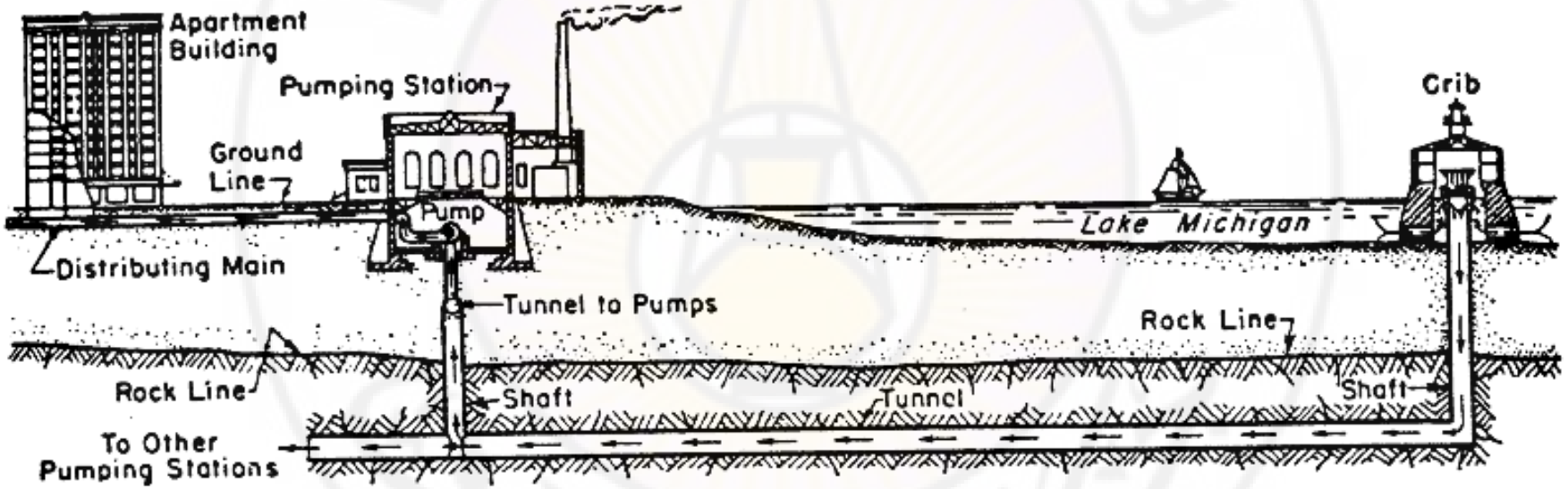
المأخذ المتحرك



المأخذ الطافي



المأخذ الطافي

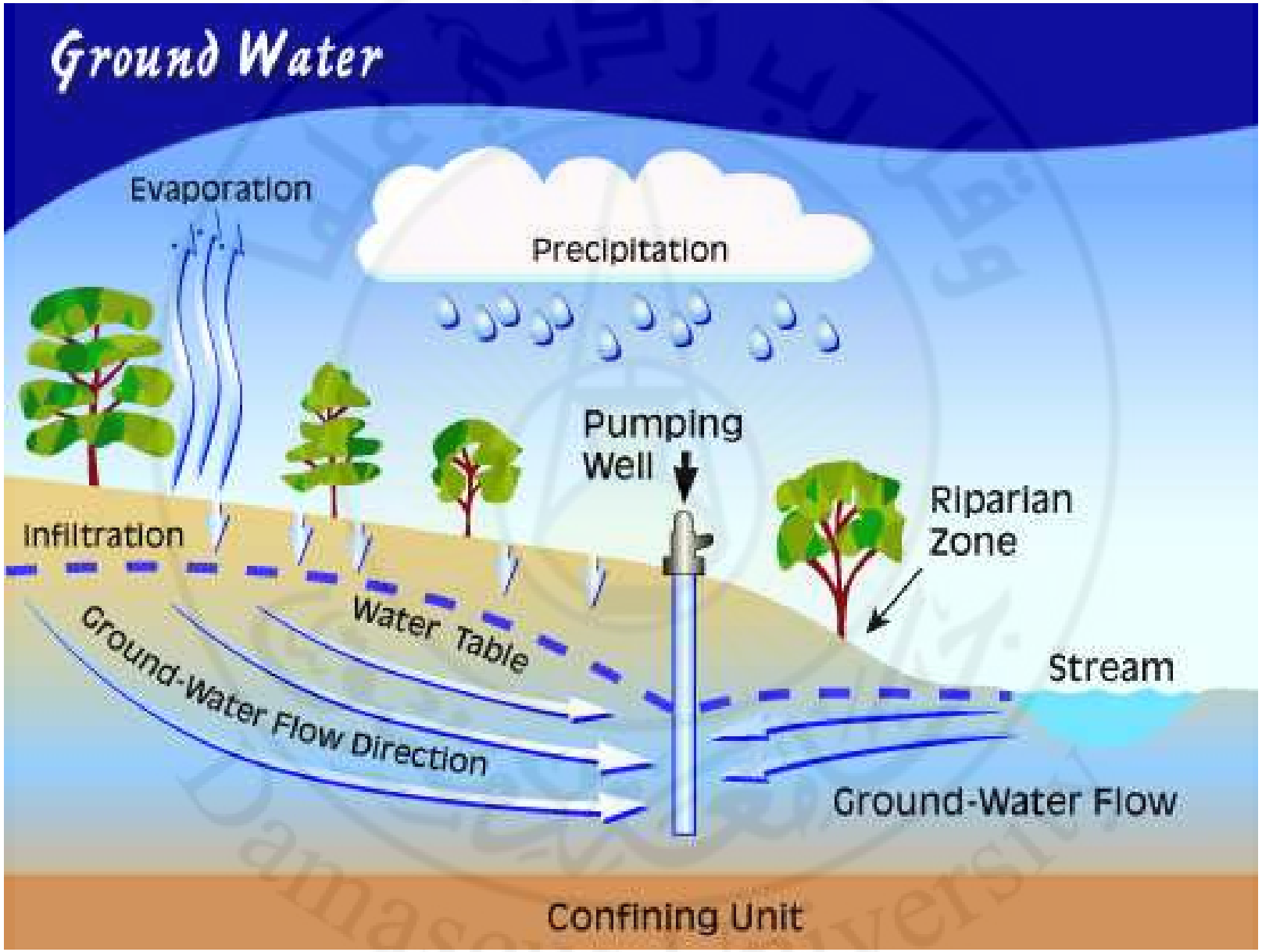

Apartment Building
Pumping Station
Crib
Ground Line
Pump
Lake Michigan
Distributing Main
Tunnel to Pumps
Rock Line
Rock Line
Shaft
Tunnel
Shaft
To Other Pumping Stations

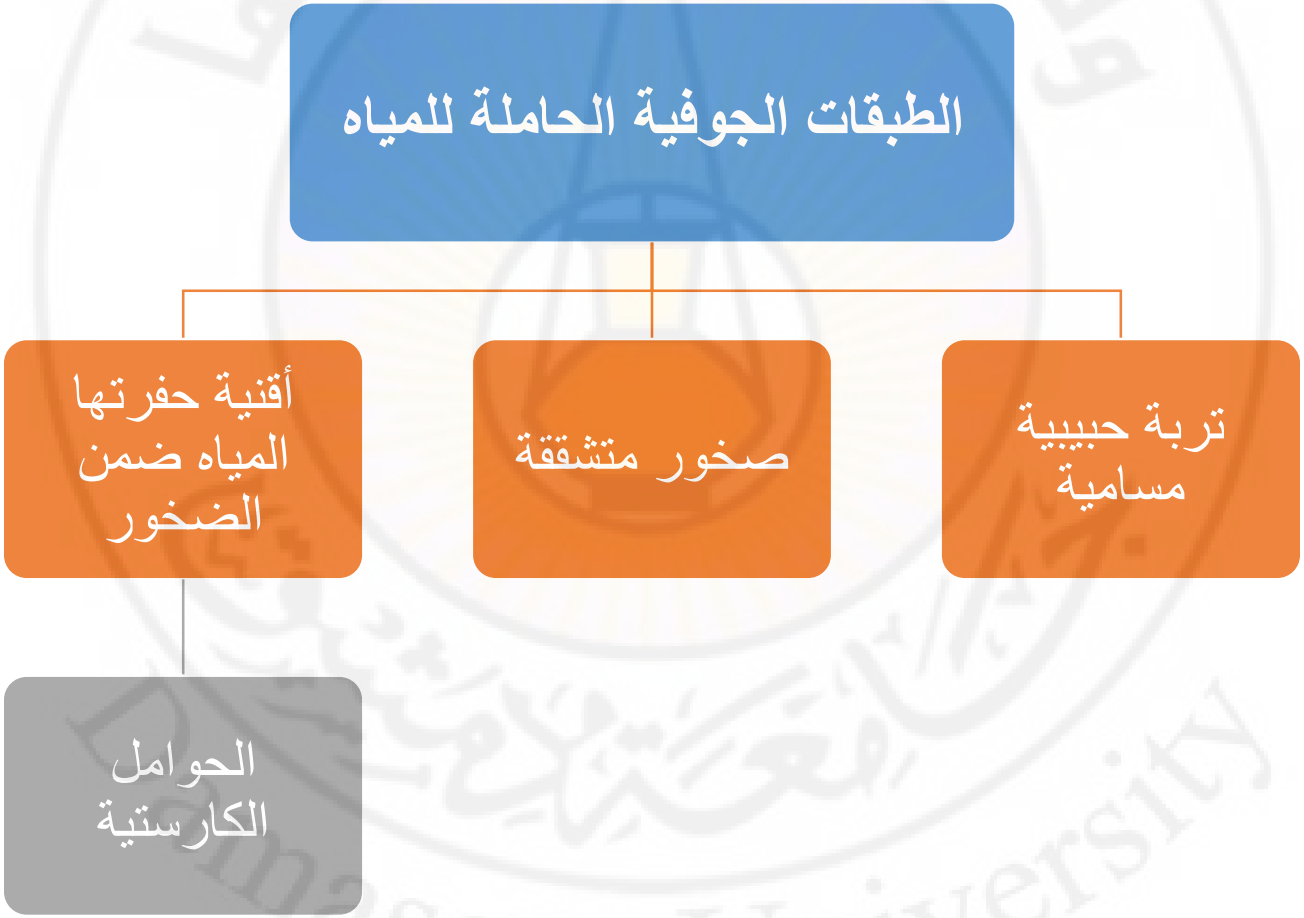
مأخذ بحيرة

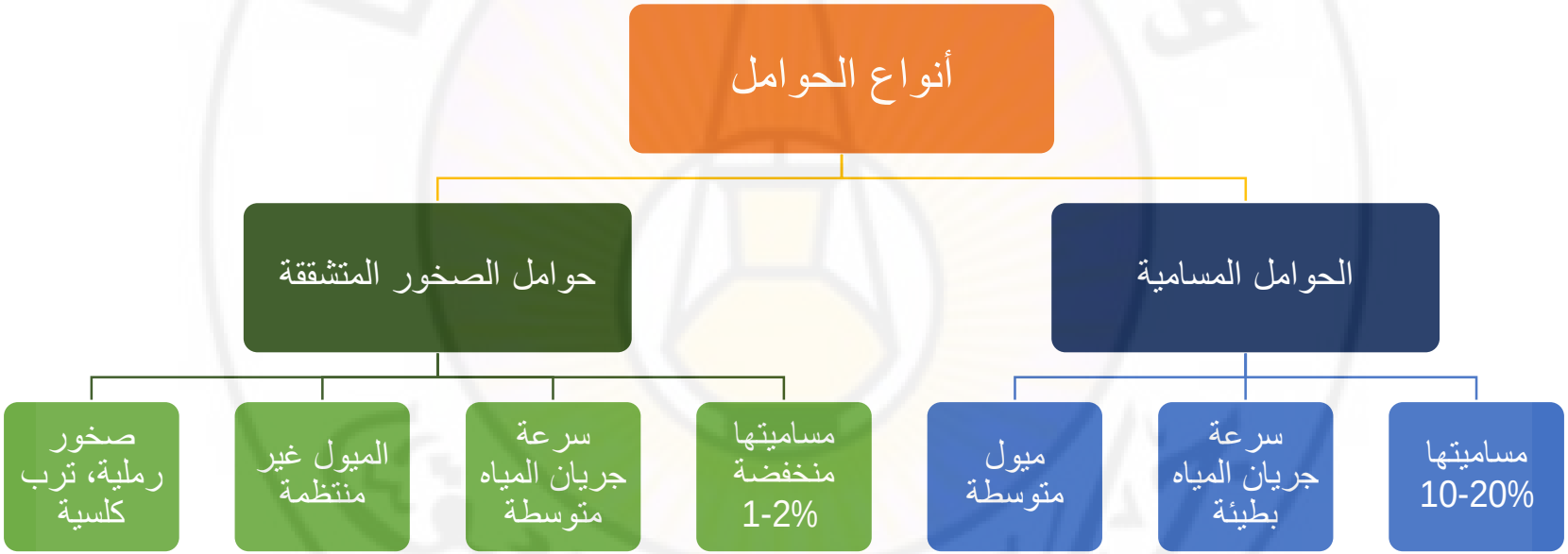

يتوقف اختيار نوع المأخذ المناسب على
مصدر المياه وحجمه
تغير منسوب المياه ضمن المصدر
عمق المياه وطبيعة القاع
وجود الملاحة واحتياجاتها
تأثير التيارات والفيضانات وسرعة جريان المياه
احتمالات تلوث المصدر
حرارة المياه وتغيراتها مع العمق
محتوى المياه من الرواسب والعوالق وتغير المحتوى حسب العمق
كمية المياه المطلوبة
اقتصادية الحل المختار

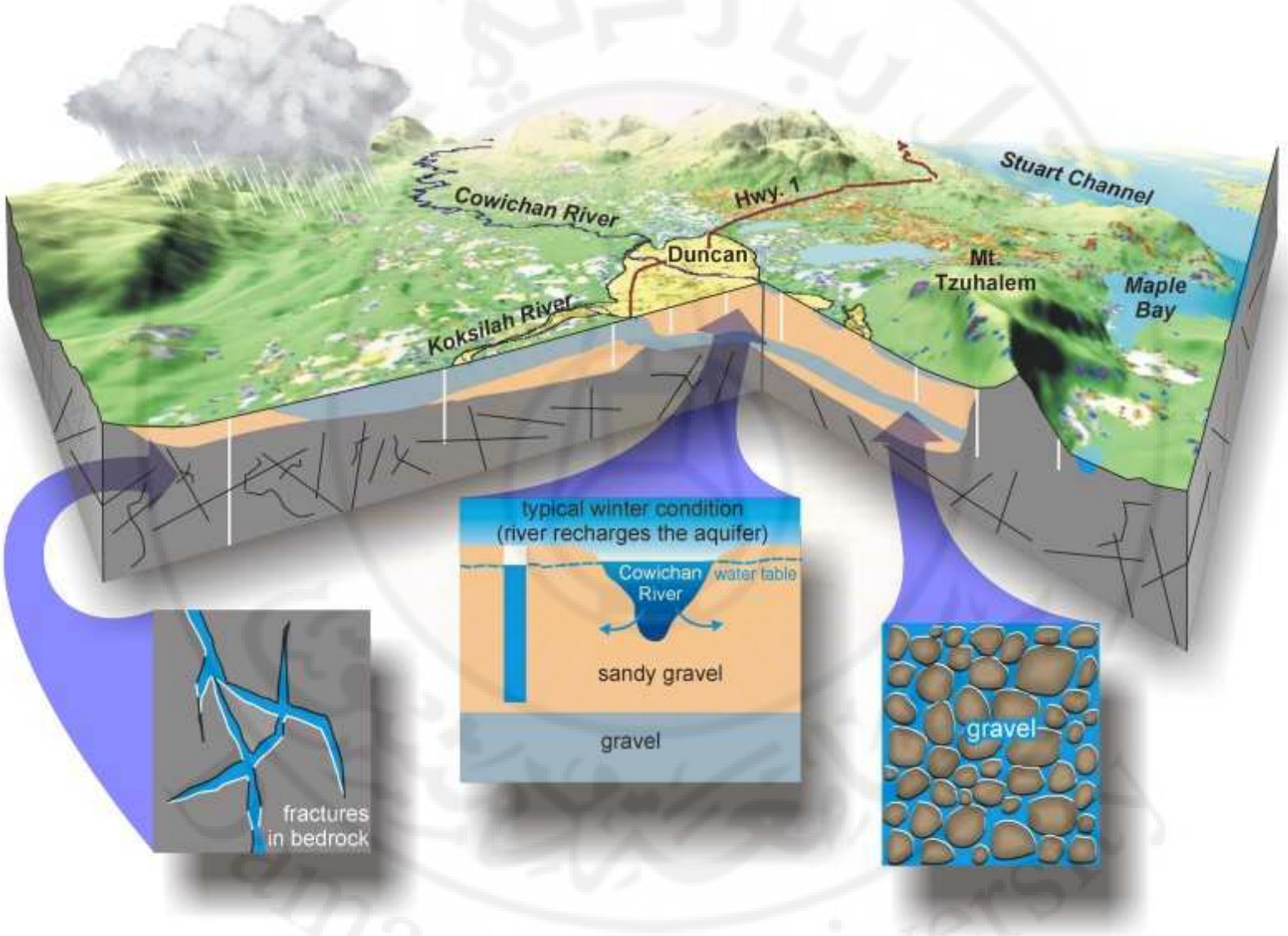

المياه الجوفية
المياه المتجمعة ضمن شقوق في الصخور في باطن الأرض
المياه مختزنة ضمن مسامات التربة والمحتجزة فوق طبقات كتيمة

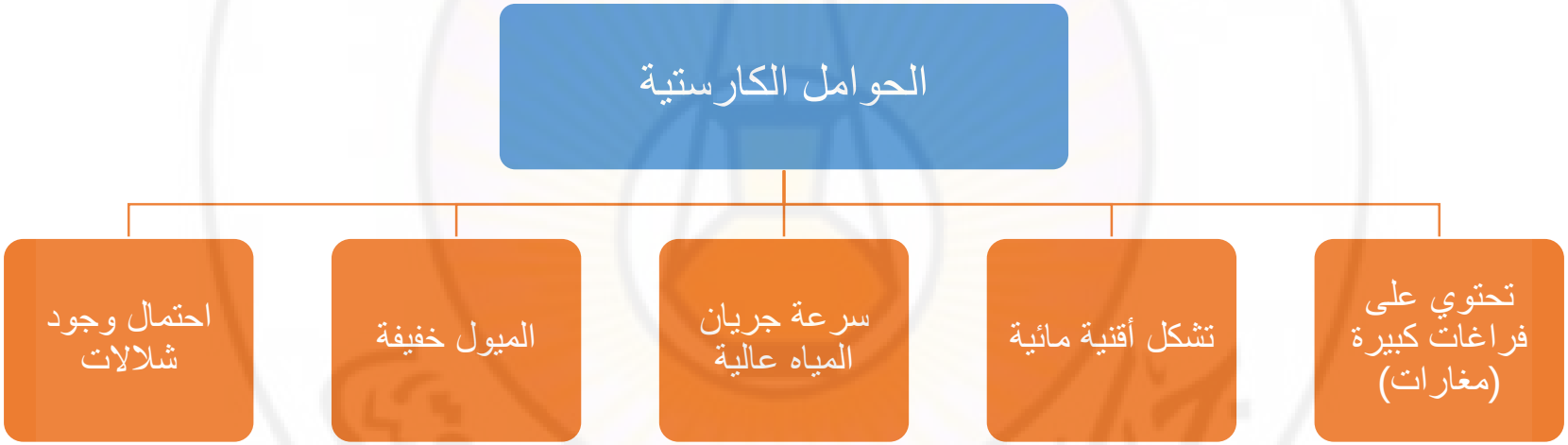

مصادر المياه الجوفية
الهطولات
المياه السطحية

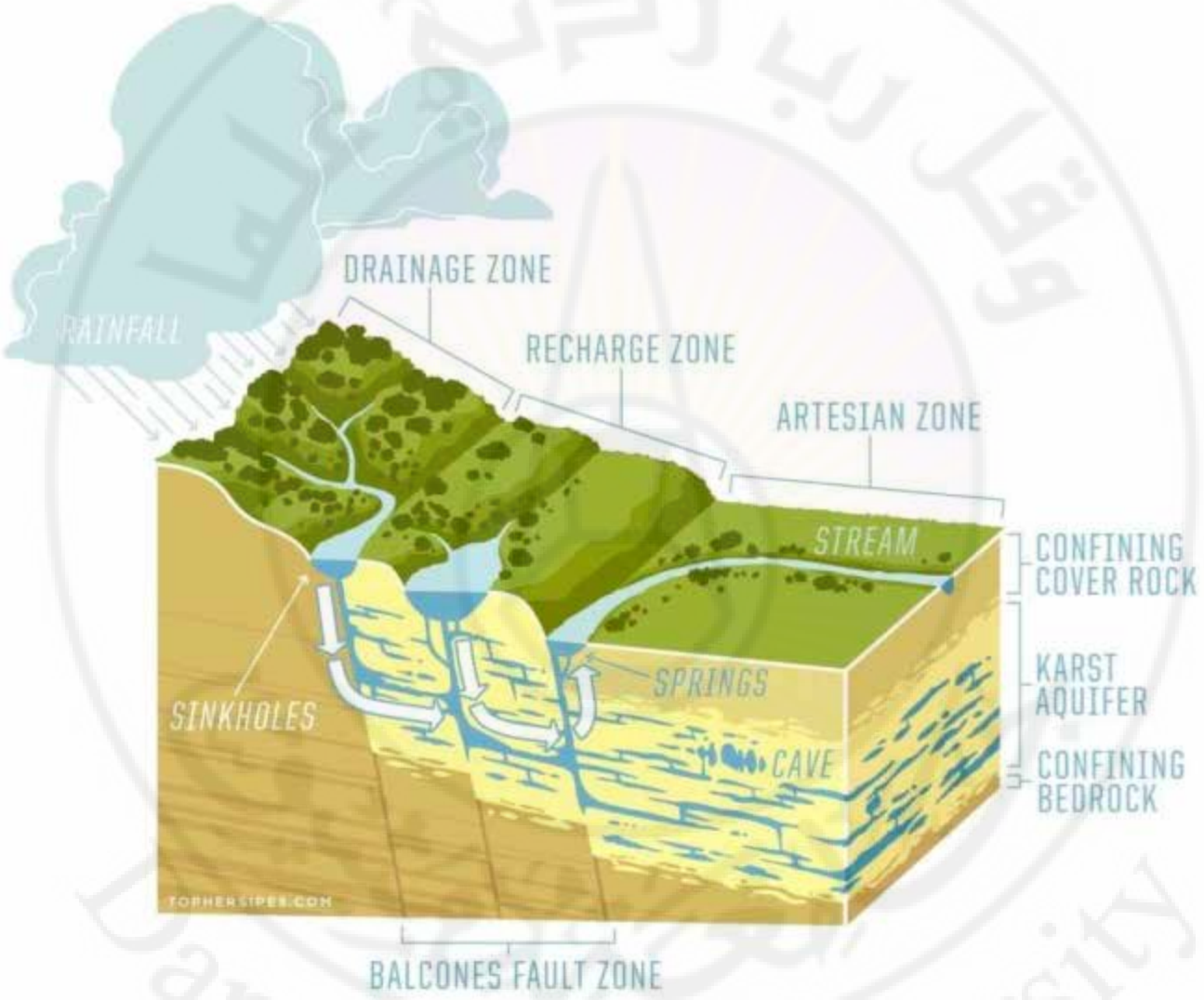

Ground Water
Evaporation
Precipitation
Pumping Well
Riparian Zone
Infiltration
Water Table
Stream
Ground-Water Flow Direction
Ground-Water Flow
Confining Unit


الطبقات الجوفية الحاملة للمياه
تربة حبيبية مسامية
صخور متشققة
أقنية حفرتها المياه ضمن الضخور
الحوامل الكارستية


أنواع الحوامل
الحوامل المسامية
حوامل الصخور المتشققة
مساميتها 10-20%
سرعة جريان المياه بطيئة
ميول متوسطة
مساميتها منخفضة 1-2%
سرعة جريان المياه متوسطة
الميول غير منتظمة
صخور رملية، ترب كلسية


Cowichan River
Hwy. 1
Stuart Channel
Duncan
Mt. Tuzhalem
Maple Bay
Koksilah River
typical winter condition
(river recharges the aquifer)
Cowichan River
water table
sandy gravel
gravel
fractures in bedrock
gravel


الحوامل الكارستية
تحتوي على فراغات كبيرة (مغارات)
تشكل أقنية مائية
سرعة جريان المياه عالية
الميول خفيفة
احتمال وجود شلالات

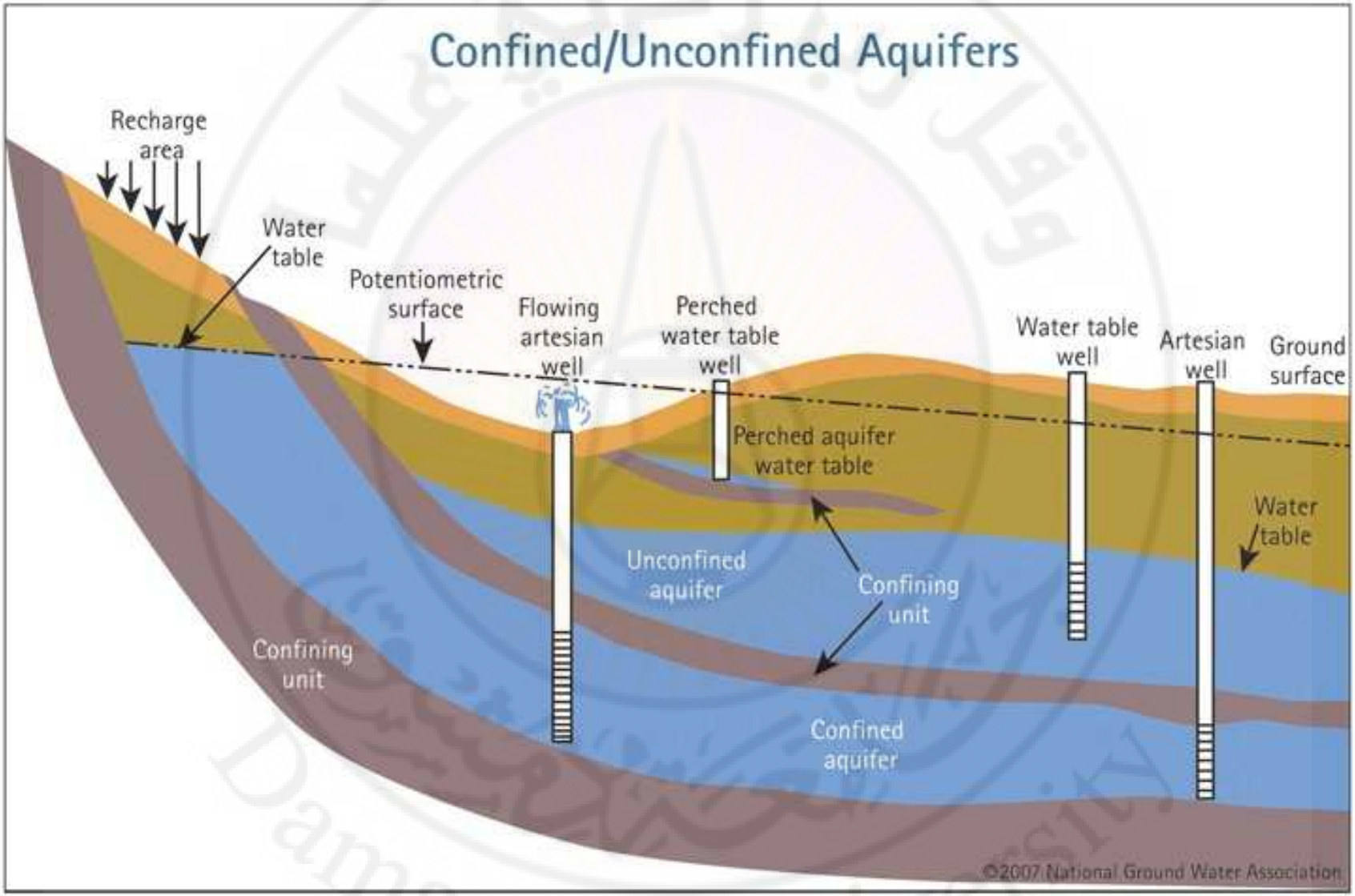


الحوامل الكارستية


الطبقة الحاملة للمياه
Aquifer
الطبقة التي تتواجد المياه ضمنها
تحدها طبقة كتيمة من الأسفل


أنواع الطبقات الحاملة حسب توضع الطبقات الكتيمة
الطبقات الحبيسة
Confined Aquifer
الطبقات العادية (الحوامل الحرة)
Unconfined Aquifer


الطبقات العادية
(الحوامل الحرة)
Unconfined Aquifer
الطبقات الحبيسة
Confined Aquifer
تتجمع المياه على طبقة كتيمة من الأسفل
تتجمع المياه على طبقة كتيمة من الأسفل
تحدها طبقات مسامية من الأعلى
تتعرض للضغط الجوي
تتعرض لضغط هيدروستاتيكي أعلى من الضغط الجوي
تعلوها طبقة كتيمة من الأعلى
الحامل ممتلئ بالمياه جزئياً فقط
الحامل المائي ممتلئ كلياً بالمياه
يمكن لمنسوب المياه أن يتغير ضمن الحامل دون إعاقة

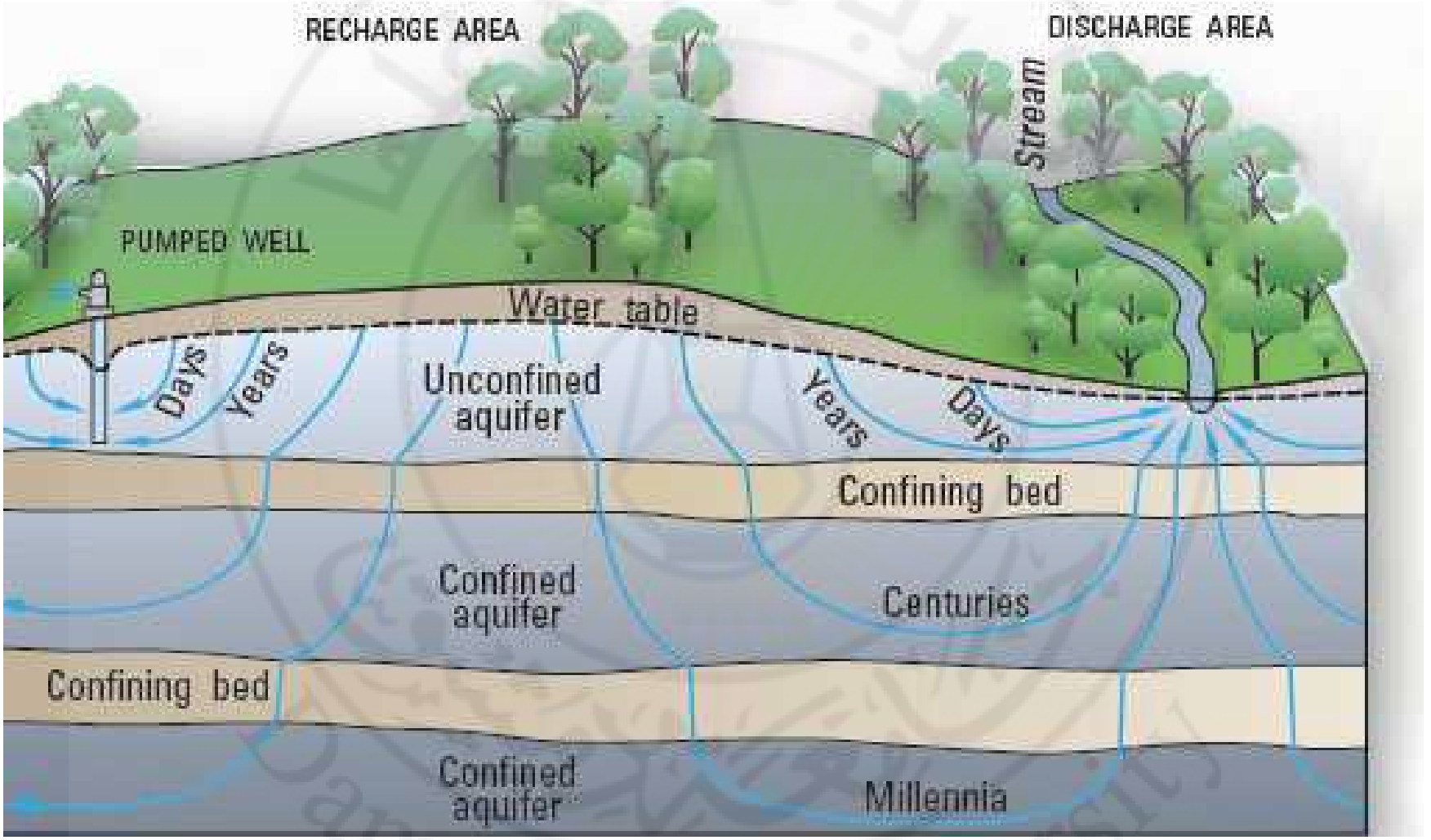

Confined/Unconfined Aquifers
Recharge area
Water table
Potentiometric surface
Flowing artesian well
Perched water table well
Water table well
Artesian well
Ground surface
Perched aquifer water table
Water table
Unconfined aquifer
Confining unit
Confining unit
Confined aquifer
©2007 National Ground Water Association

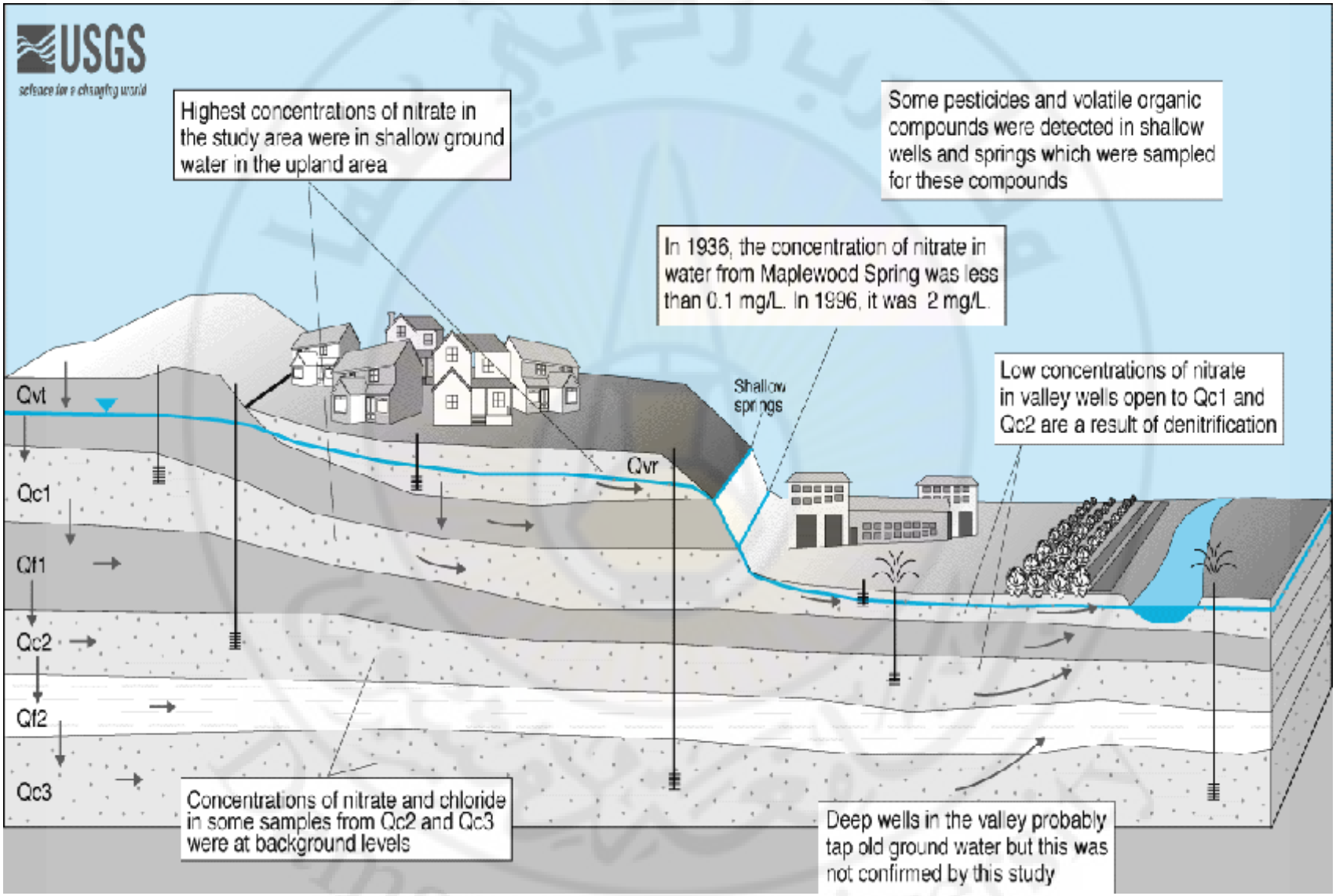
طبقة عادية وعدة طبقات حبيسة فوق بعضها

يتداخل توزع الطبقات ضمن الأرض

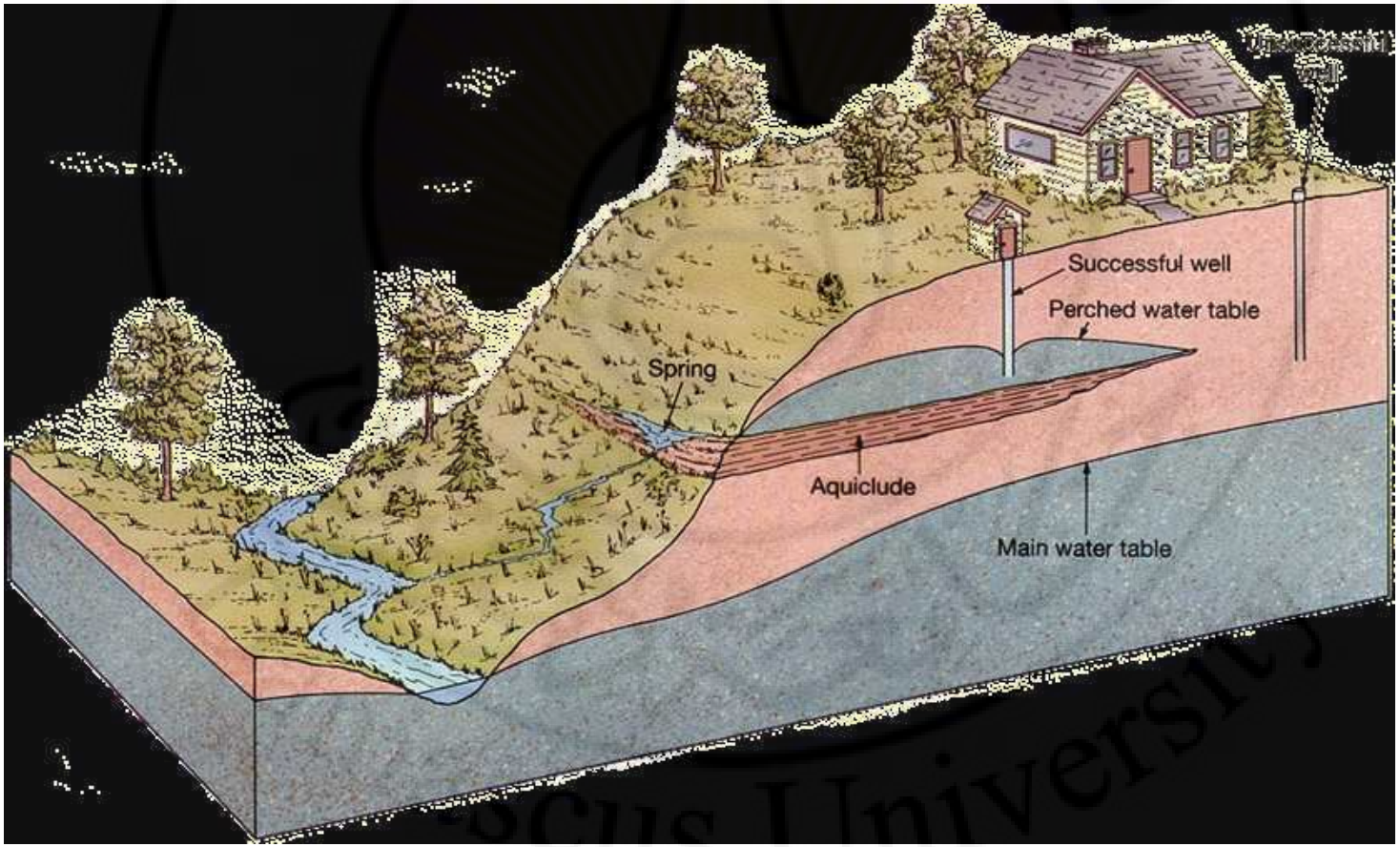
نتكلم عن طوابق مائية

غالباً المياه في طابقين مختلفين مختلفة المواصفات والمصدر والغزارة

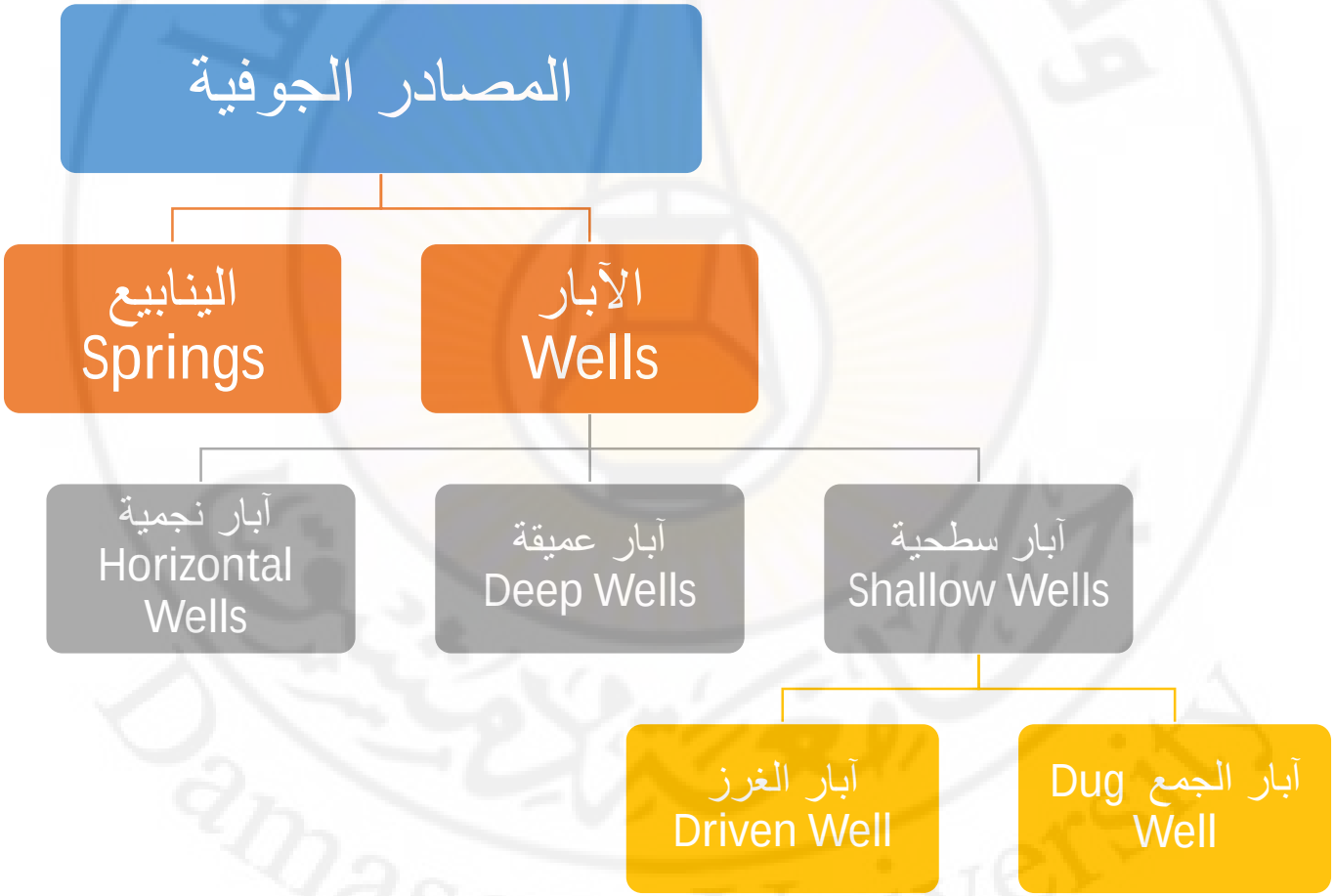

RECHARGE AREA
DISCHARGE AREA
Stream
PUMPED WELL
Water table
Days
Years
Unconfined aquifer
Years
Days
Confining bed
Confined aquifer
Centuries
Confining bed
Confined aquifer
Millennia

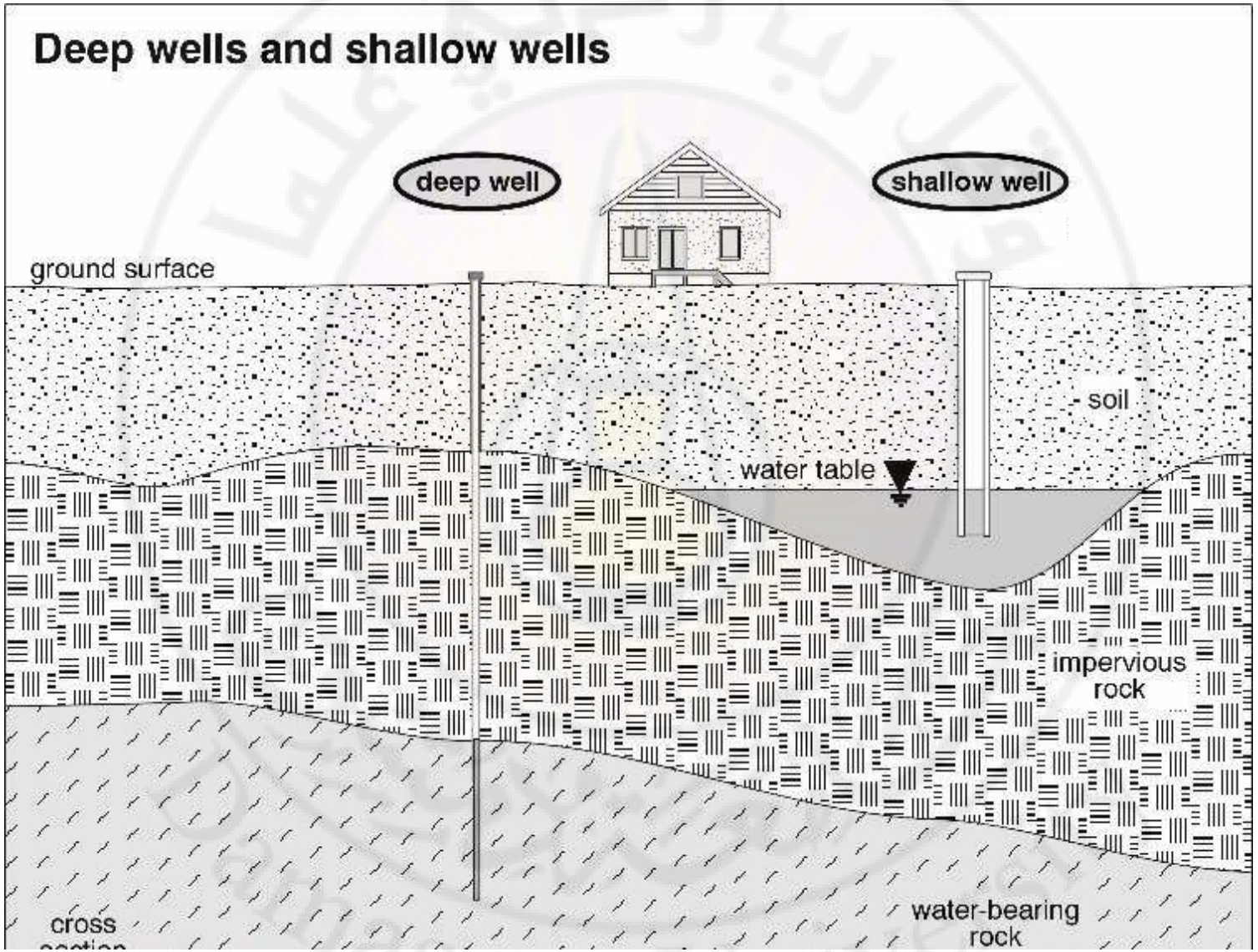

USGS
science for a changing world
Highest concentrations of nitrate in the study area were in shallow ground water in the upland area
Some pesticides and volatile organic compounds were detected in shallow wells and springs which were sampled for these compounds
In 1936, the concentration of nitrate in water from Maplewood Spring was less than 0.1 mg/L. In 1996, it was 2 mg/L.
Low concentrations of nitrate in valley wells open to Qc1 and Qc2 are a result of denitrification
Shallow springs
Qvt
Qvr
Qc1
Qf1
Qc2
Qf2
Qc3
Concentrations of nitrate and chloride in some samples from Qc2 and Qc3 were at background levels
Deep wells in the valley probably tap old ground water but this was not confirmed by this study

- قد تظهر المياه إلى سطح الأرض مشكلة الينابيع (Springs)
- يتم البحث عنها وحفر الآبار (Wells) للوصول إليها واستخراجها



- ميزات المياه الجوفية:
  - ثبات حرارتها وانخفاضها
    - بعيدة عن التأثير المباشر للعوامل المناخية
    - تتعرض لتغيرات فصلية طفيفة جداً مزاحة شهر أوشهرين عن تغيرات الجو الخارجي
    - قد تخرج مياه حارة من حامل عميق بسبب النشاط البركاني
  - انخفاض نسبة الملوثات فيها
    - تخضع لعمليات تنقية خلال عبورها لطبقات التربة
    - هناك مركبات كيميائية لاتتأثر بعمليات التنقية التي تتم في التربة
    - يمكن أن تصل الملوثات إذا عبرت المياه تربة صخرية متشققة
  - محتوى مرتفع من الأملاح المنحلة
    - تحل المياه الأملاح من طبقات التربة التي تجتازها
    - غنية بأملاح الكالسيوم، الحديدي، المغنيزيوم، الصوديوم
  - انخفاض محتواها من الأوكسجين المنحل
  - يمكن أن تكون غنية بغازات CO_2, SO_2, H_2S وغازات أخرى
  - فقيرة بأشكال الحياة
    - تقتصر على أشكال الحياة الدنيا أو تنعدم الحياة تماماً


المصادر الجوفية
الينابيع
Springs
الآبار
Wells
آبار نجمية
Horizontal Wells
آبار عميقة
Deep Wells
آبار سطحية
Shallow Wells
آبار الغرز
Driven Well
آبار الجمع Dug
Well


Deep wells and shallow wells
deep well
shallow well
ground surface
soil
water table
impervious rock
water-bearing rock
cross


الآبار
حفرة لسطح الأرض
يقوم بها الإنسان
تصل إلى طبقة حاملة للمياه
هدفها استخراج المياه
يجب تجهيزها بشكل مناسب

هيدروليك الآبار

- علاقة دارسي لحساب سرعة جريان المياه في الأوساط المسامية:

$$V = k_f . I$$

k_f: نفاذية التربة

K_f=3.10^{-6} m/s للرمل الخشن Ü V=1.5 m/d

K_f=3.10^{-8} m/s للغضار الكثيف Ü V=1.5 m/a

يحدد تجريبياً على عينات سليمة مأخوذة من البئر خلال الحفر

I : الميل الهيدروليكي

- عند الضخ من بئر
  - ينخفض منسوب المياه مشكلاً ميلاً هيدروليكياً باتجاهه
  - تجري المياه باتجاه البئر
  - ينخفض منسوب المياه في التربة المحيطة
    - تتناقص السرعة بانتظام مع الابتعاد عن البئر
    - يقل الميل الهيدروليكي تدريجياً مع الابتعاد عن البئر
  - يتشكل قمع مقلوب يسمى قمع الانخفاض Cone of depression
  - يثبت قمع الانخفاض بعد فترة من الضخ
    - بسبب تحقق توازن بين الغزارة المضخوخة والغزارة الواردة إلى البئر

- محور قمع الانخفاض هو محور البئر
- قاعدته تسمى دائرة التأثير Circle of influence
- نصف قطرها R يسمى نصف قطر التأثير Radius of influence
  - هو أقرب نقطة من محور البئر لايحدث فيها انخفاض لمنسوب المياه نتيجة الضخ
  - يعطى بالعلاقة التجريبية التالية (علاقة زيخارد)

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{k_f}$$

S (m) : انخفاض منسوب المياه بسبب الضخ من البئر بسبب الضخ عند المحور

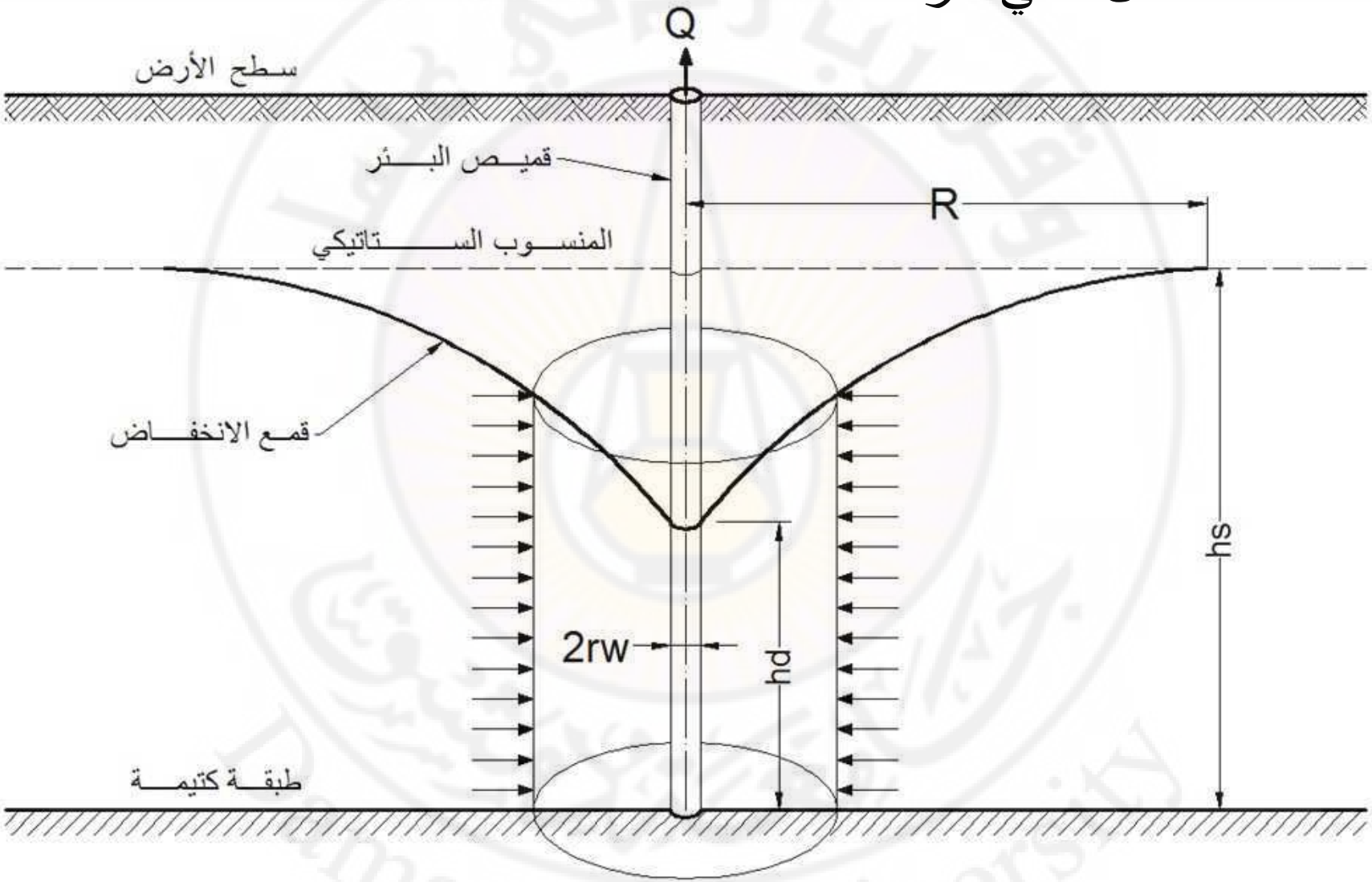
K_f (m/s): نفاذية التربة

- غزارة الضخ من البئر Q
  - سيتم استعراض حالة الجريان المستقر

$$\frac{dv}{dt}=0$$

- عندما يتحقق توازن بين كمية المياه المسحوبة وكمية المياه الواردة إلى البئر
- تتناسب سرعة الجريان طرداً مع ميل خط التدرج الهيدروليكي (علاقة دارسي)
- الجريان أفقي ومنتظم في أي أسطوانة شاقولية محورها محور البئر
- البئر يخترق كامل عمق الحامل المائي
- انخفاض منسوب الماء قليل مقارنة بسماكة الحامل المائي
- الحامل المائي متجانس
- يسمى منسوب المياه قبل الضخ المنسوب الستاتيكي
- يسمى منسوب المياه بعد الضخ المنسوب الديناميكي

- حالة حامل مائي حر



- منسوب المياه في البئر قريب جداً من منسوب المياه في الحامل المائي
- تعطى غزارة الضخ من البئر بالعلاقة التالية:

$$Q = \pi k_f \frac{h_s^2 - h_d^2}{ln(R/r_w)}$$

r_w: نصف قطر البئر

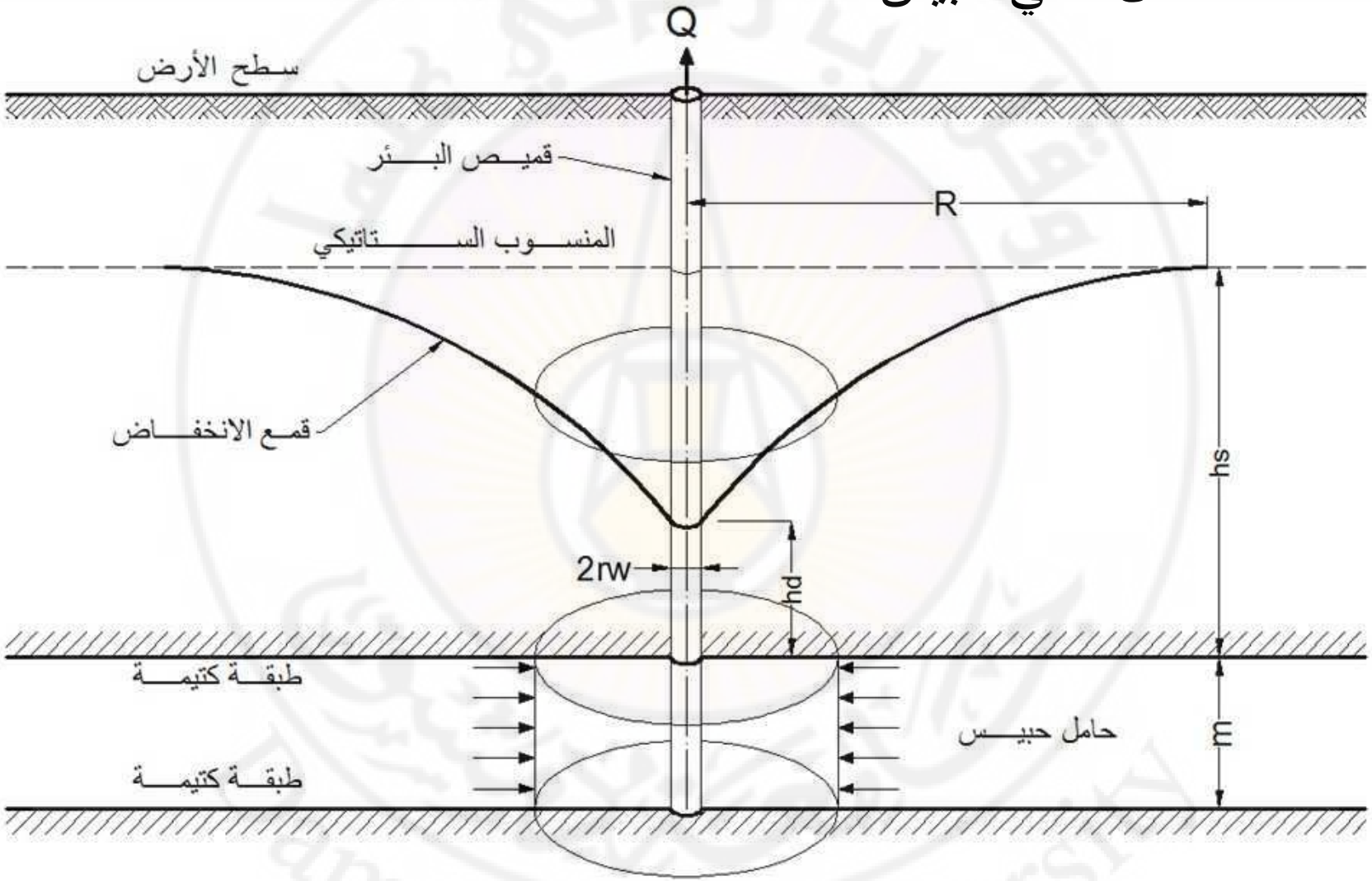
R: نصف قطر التأثير بعد ثبات المنسوب

h_s: المنسوب الستاتيكي

h_d: المنسوب الديناميكي

k_f: نفاذية التربة

- حالة حامل مائي حبيس

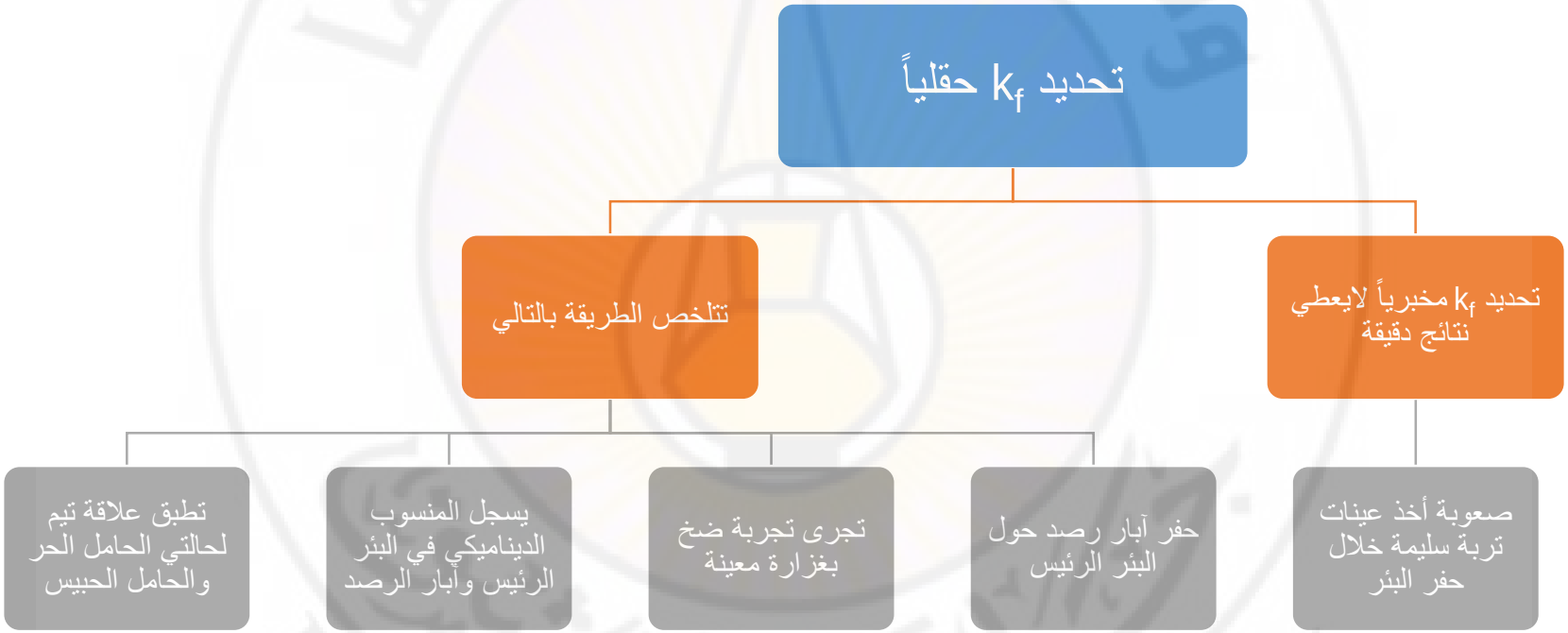


- منسوب المياه في بئر محفور أعلى من منسوب المياه في الحامل المائي
- تعطى غزارة الضخ من البئر بالعلاقة التالية:

$$Q = 2\pi k_f \frac{m \cdot (hs - hd)}{ln(R/r_w)}$$

m: سماكة الحامل الحبيس
h_s: المنسوب الستاتيكي
h_d: المنسوب الديناميكي

- أظهرت التجارب الحقلية غالباً اختلاف نتائج الحساب باستخدام العلاقتين السابقتين عن الواقع لعدة أسباب منها:
  - قيمة k_f غير ثابتة وتتغير من اتجاه لآخر
  - لاتتشكل في أي حال دائرة تأثير كاملة
    - يتغير R من اتجاه لآخر
  - الافتراضات الأولية التي استنتجت العلاقات على أساسها غير واقعية
- يفضل تحديد غزارة الضخ من بئر بتحليل نتائج تجربة ضخ حقلية


تحديد k_f حقلياً
تحديد k_f مخبرياً لايعطي نتائج دقيقة
تتلخص الطريقة بالتالي
صعوبة أخذ عينات تربة سليمة خلال حفر البئر
حفر آبار رصد حول البئر الرئيس
تجرى تجربة ضخ بغزارة معينة
يسجل المنسوب الديناميكي في البئر الرئيس وآبار الرصد
تطبق علاقة تيم لحالتي الحامل الحر والحامل الحبيس

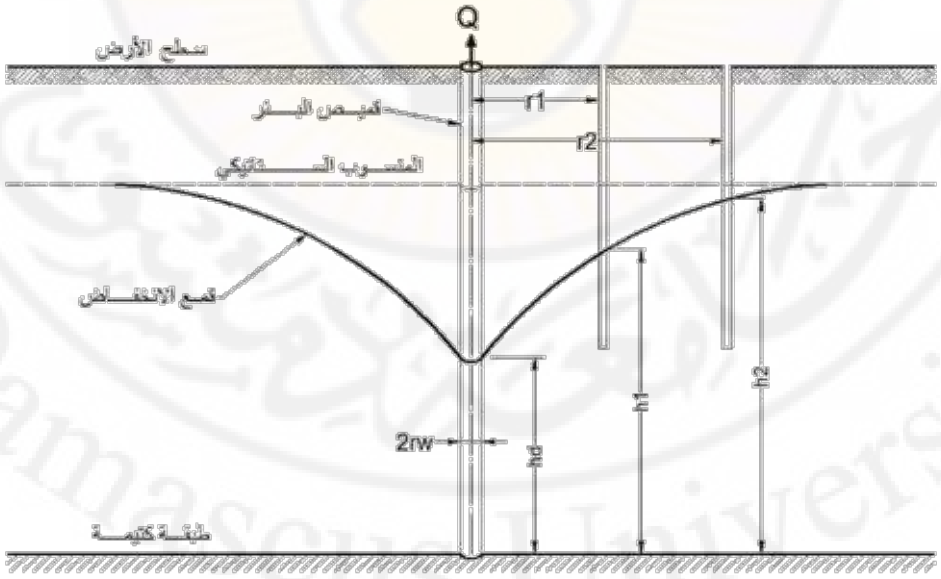
- علاقة تيم للآبار المحفورة في حامل حر

$$k_f = \frac{Q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \ (^m/_s)$$

Q (m^3/s): غزارة الضخ من البئر

r_1, r_2 : بعد بئري الرصد (m) عن بئر الضخ

h_1, h_2 : سماكة الطبقة المائية في بئري الرصد خلال الضخ بعد استقرار منسوب الماء

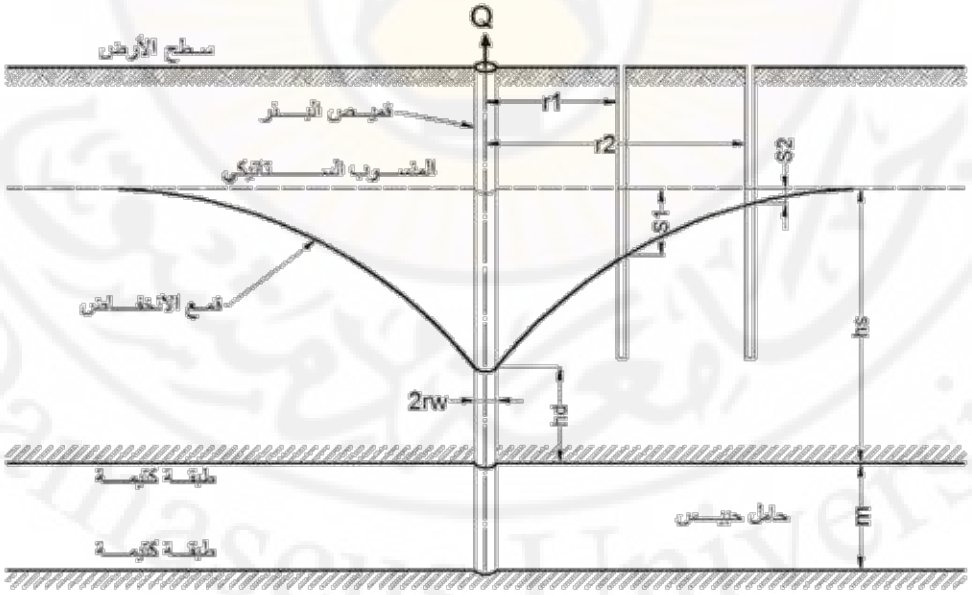


- علاقة تيم للآبار المحفورة في حامل حبيس

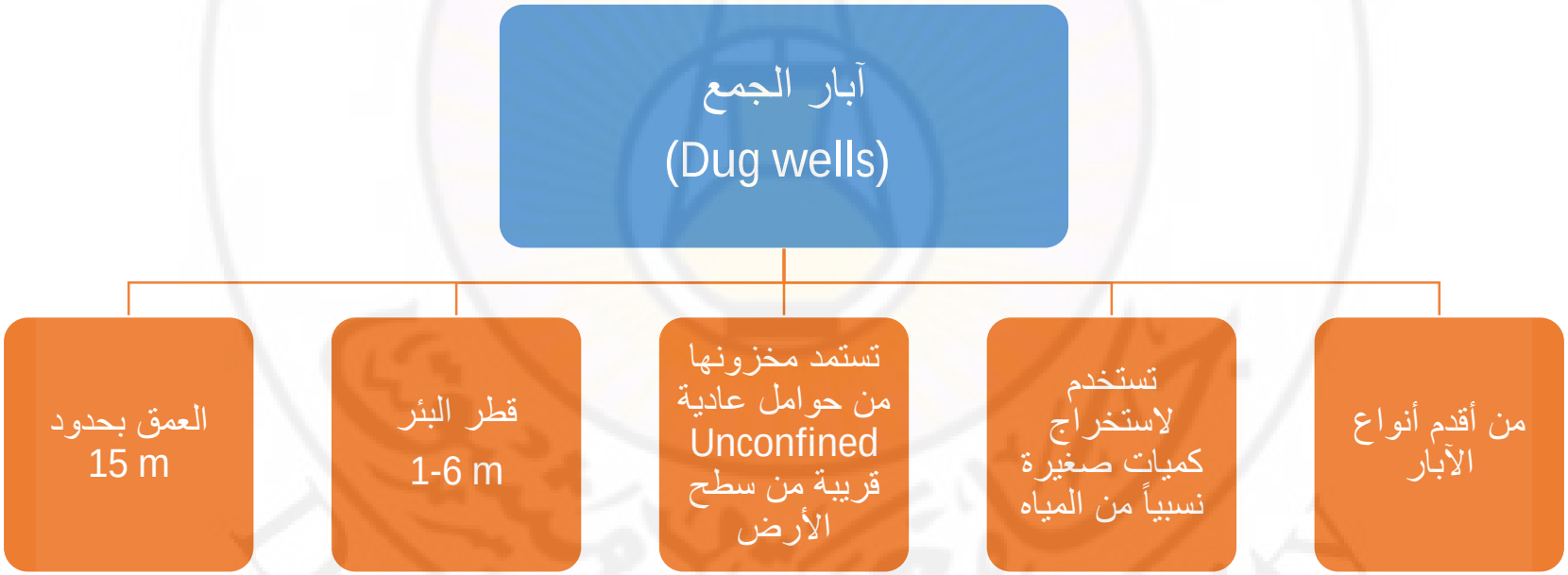
$$k_f = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot m \cdot (S_1 - S_2)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

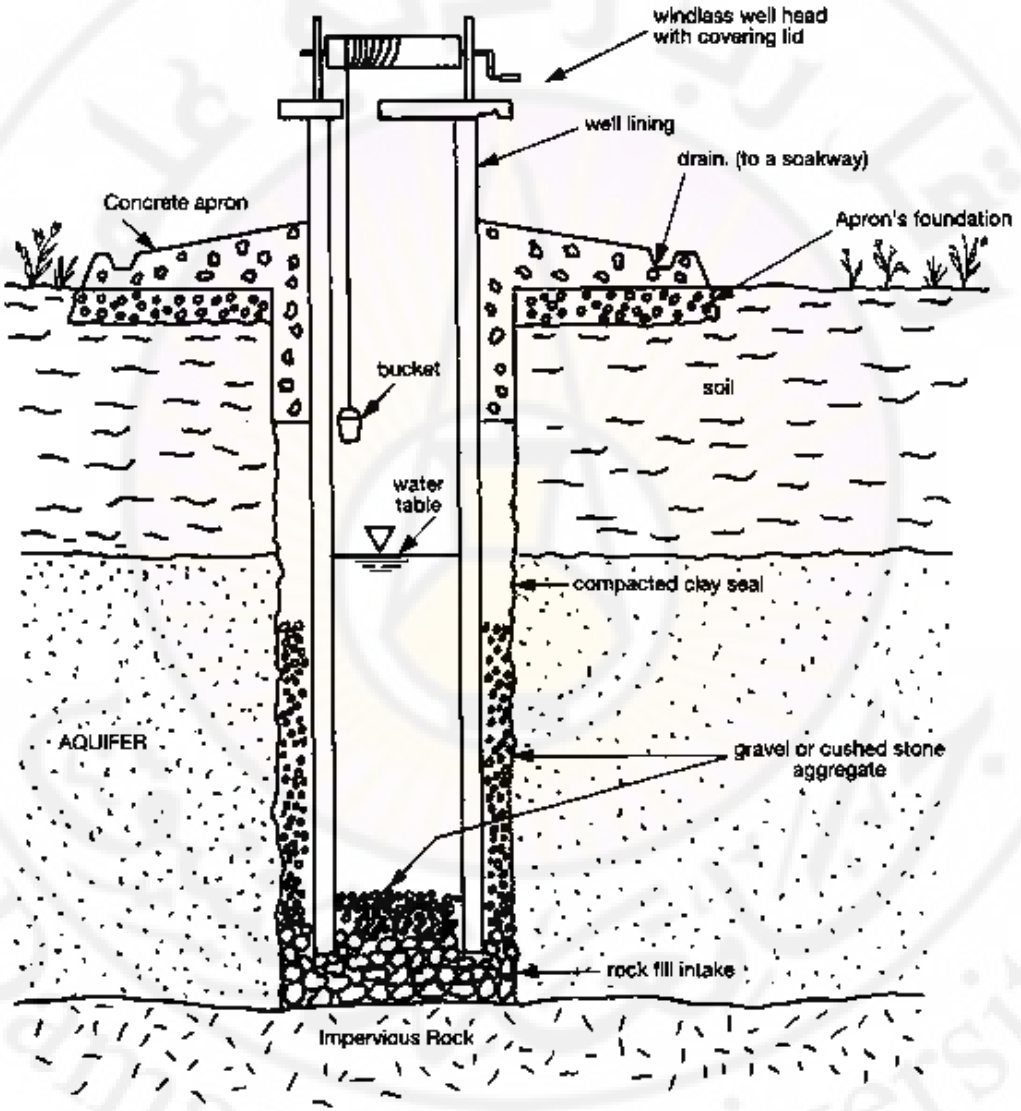
m : سماكة الحامل الحبيس (m)

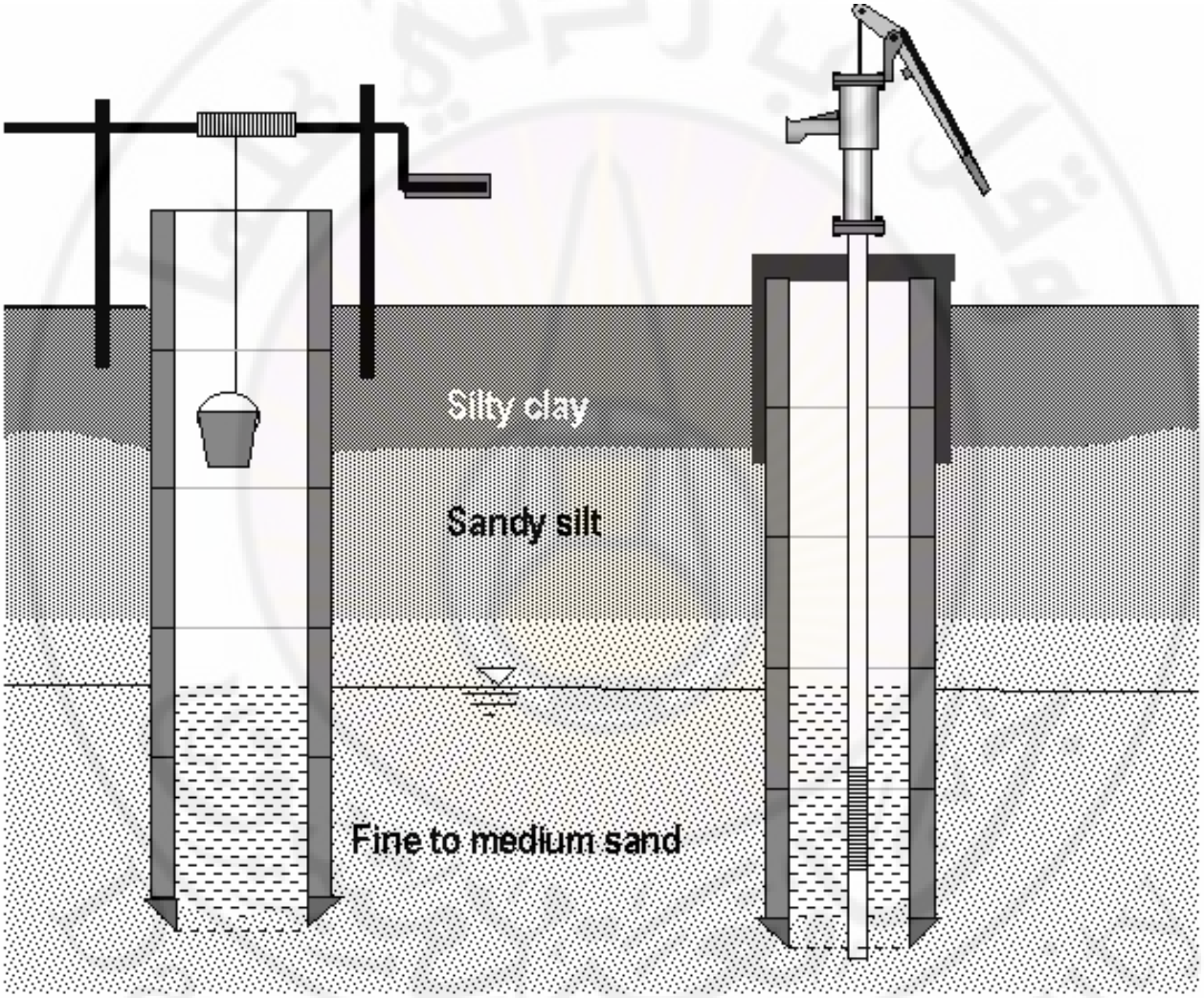
S1, S2: انخفاض الماء في بئري الرصد (m)




الآبار السطحية
آبار الجمع
آبار الغرز


آبار الجمع
(Dug wells)
من أقدم أنواع الآبار
تستخدم لاستخراج كميات صغيرة نسبياً من المياه
تستمد مخزونها من حوامل عادية Unconfined قريبة من سطح الأرض
قطر البئر 1-6 m
العمق بحدود 15 m

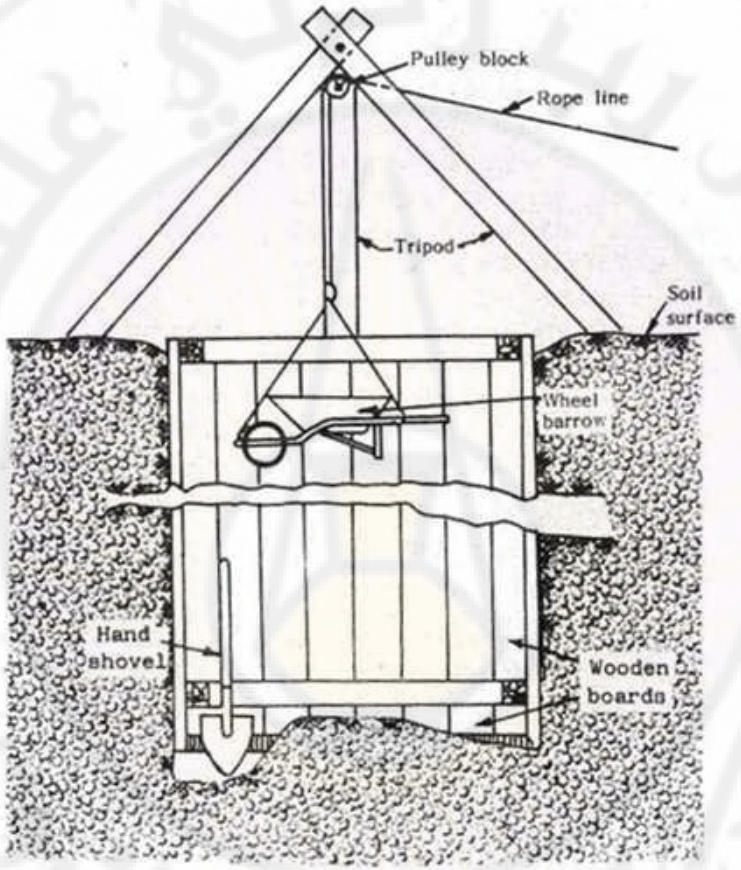

windlass well head
with covering lid
well lining
drain. (to a soakway)
Concrete apron
Apron's foundation
bucket
soil
water
table
compacted clay seal
AQUIFER
gravel or cushed stone
aggregate
rock fill intake
Impervious Rock



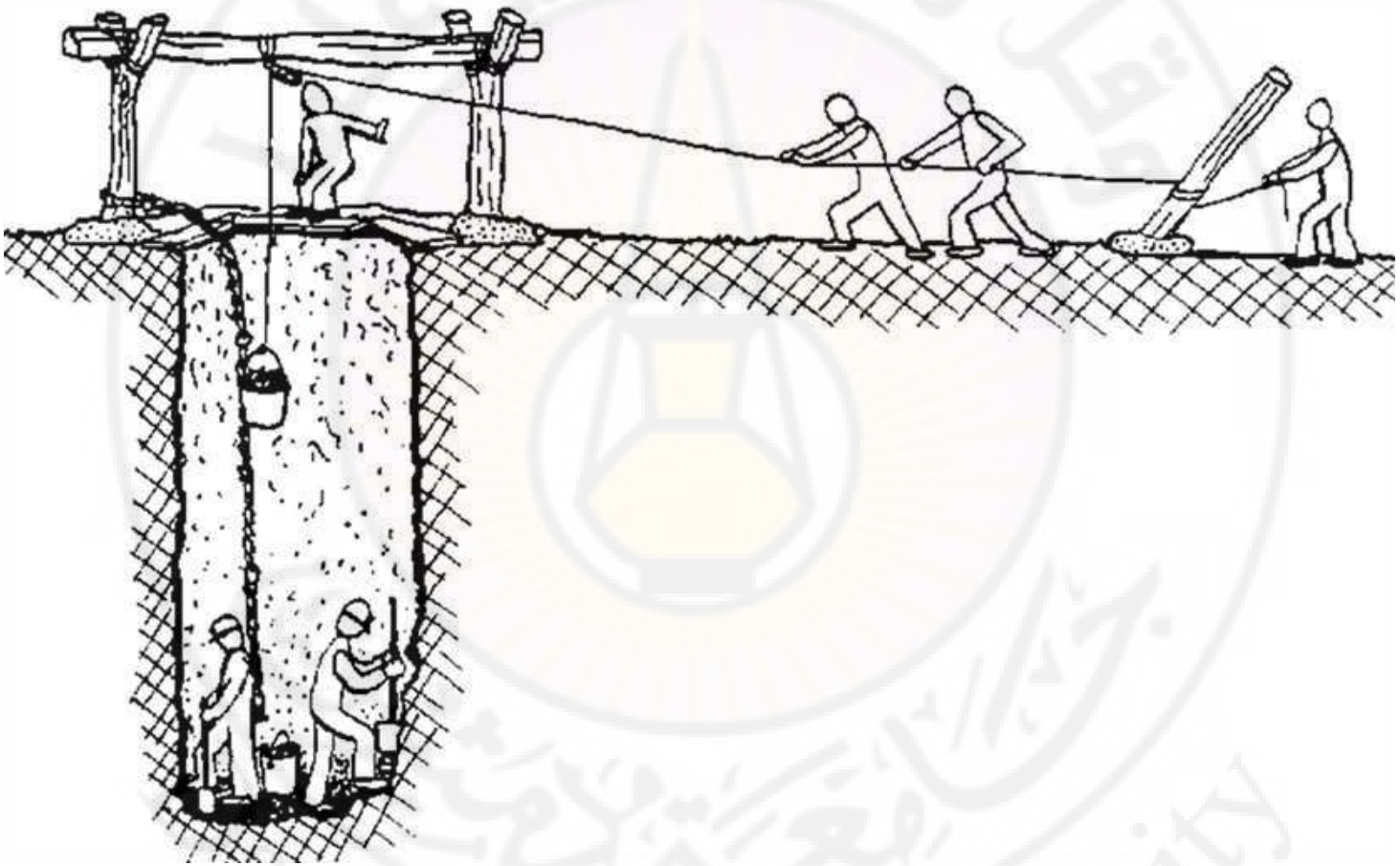
(a) Conventional Dug Well (b) Well with Sanitary Protection

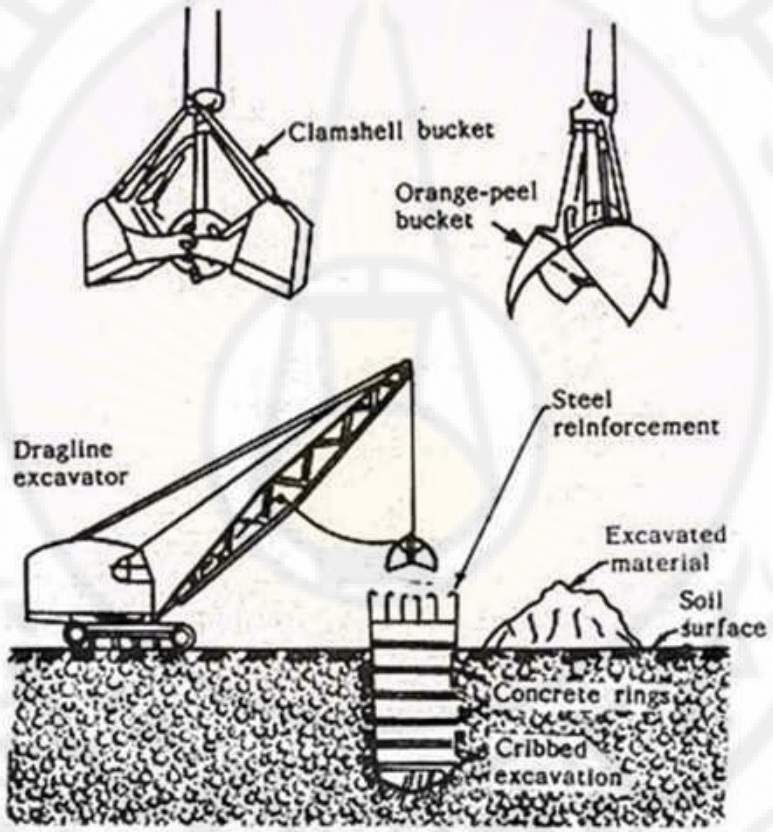



ميزاتها
تمتاز باحتوائها على مخزون مياه
معرضة لخطر التلوث
الطبقات السطحية معرضة لتغيرات كبيرة في منسوب المياه
يعدل الفرق بين المياه الواردة والاستهلاك
وصول المياه السطحية إلى البئر دون تنقية تذكر
كمية المياه الممكن ضخها من البئر متغيرة مما يخفض موثوقيتها كمصدر مائي

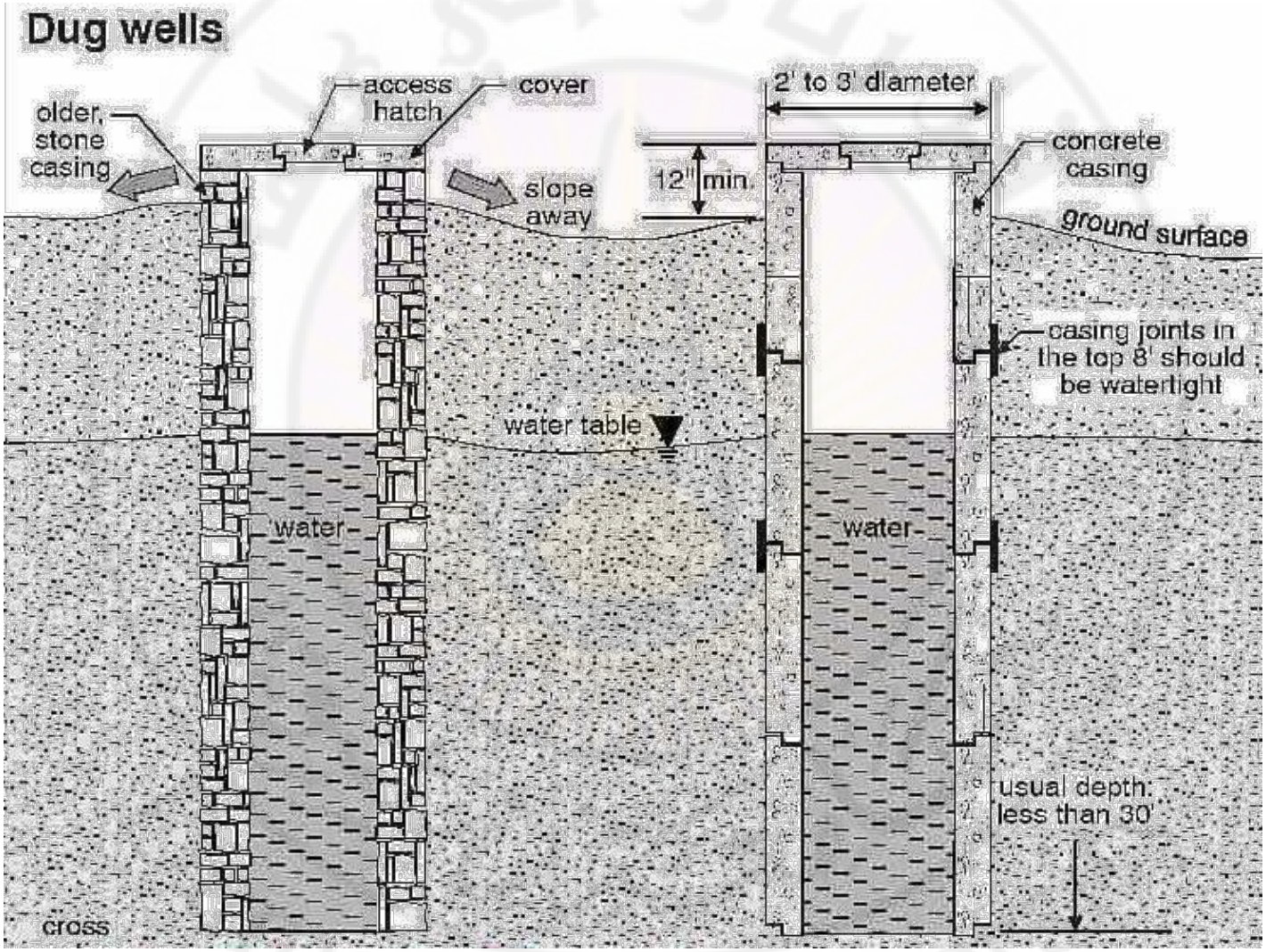


يتم حفر الآبار في الترب الطرية يدوياً ، يمكن إخراج
نوتج الحفر بواسطة العربة وباستخدام بكرة الرفع

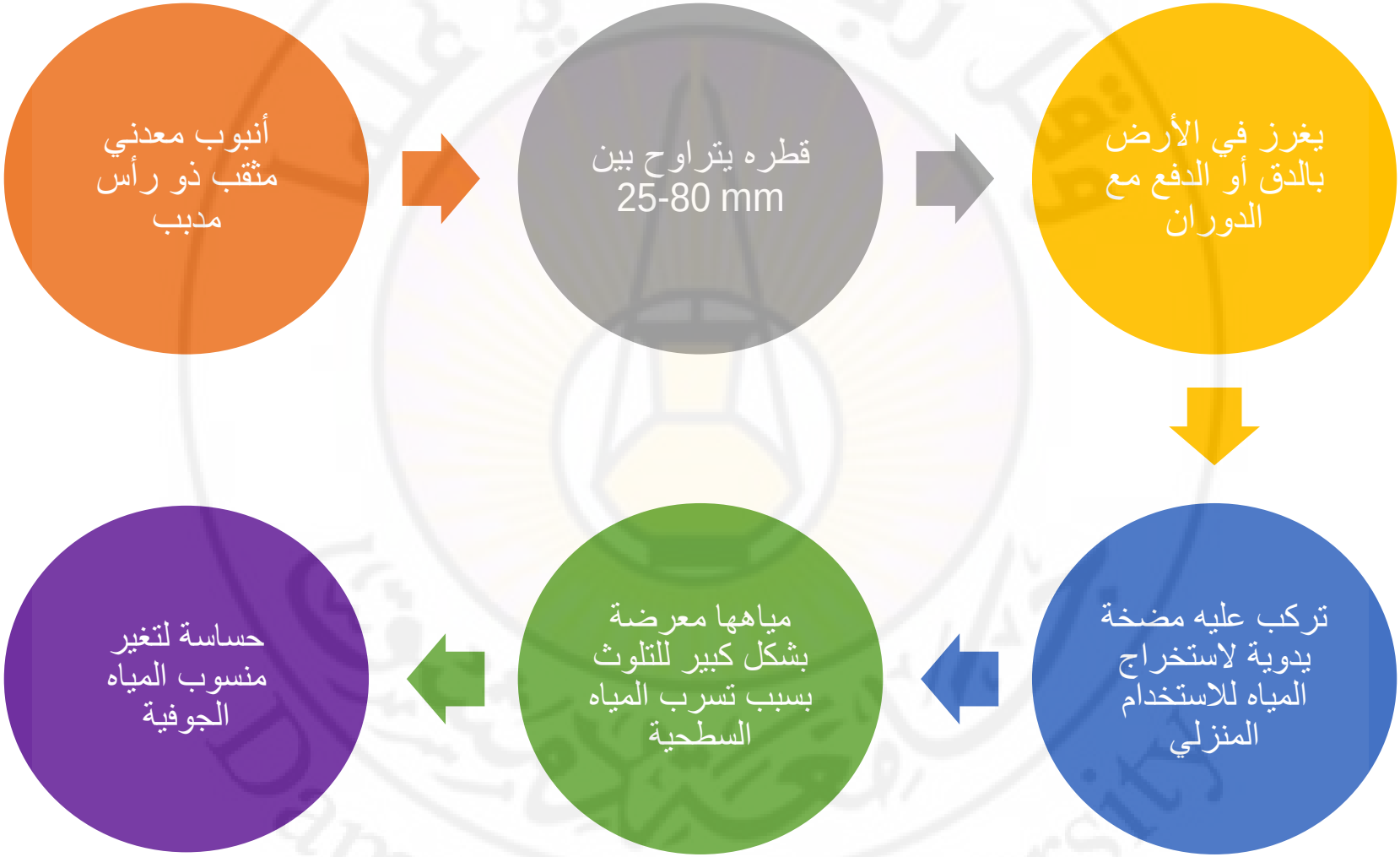


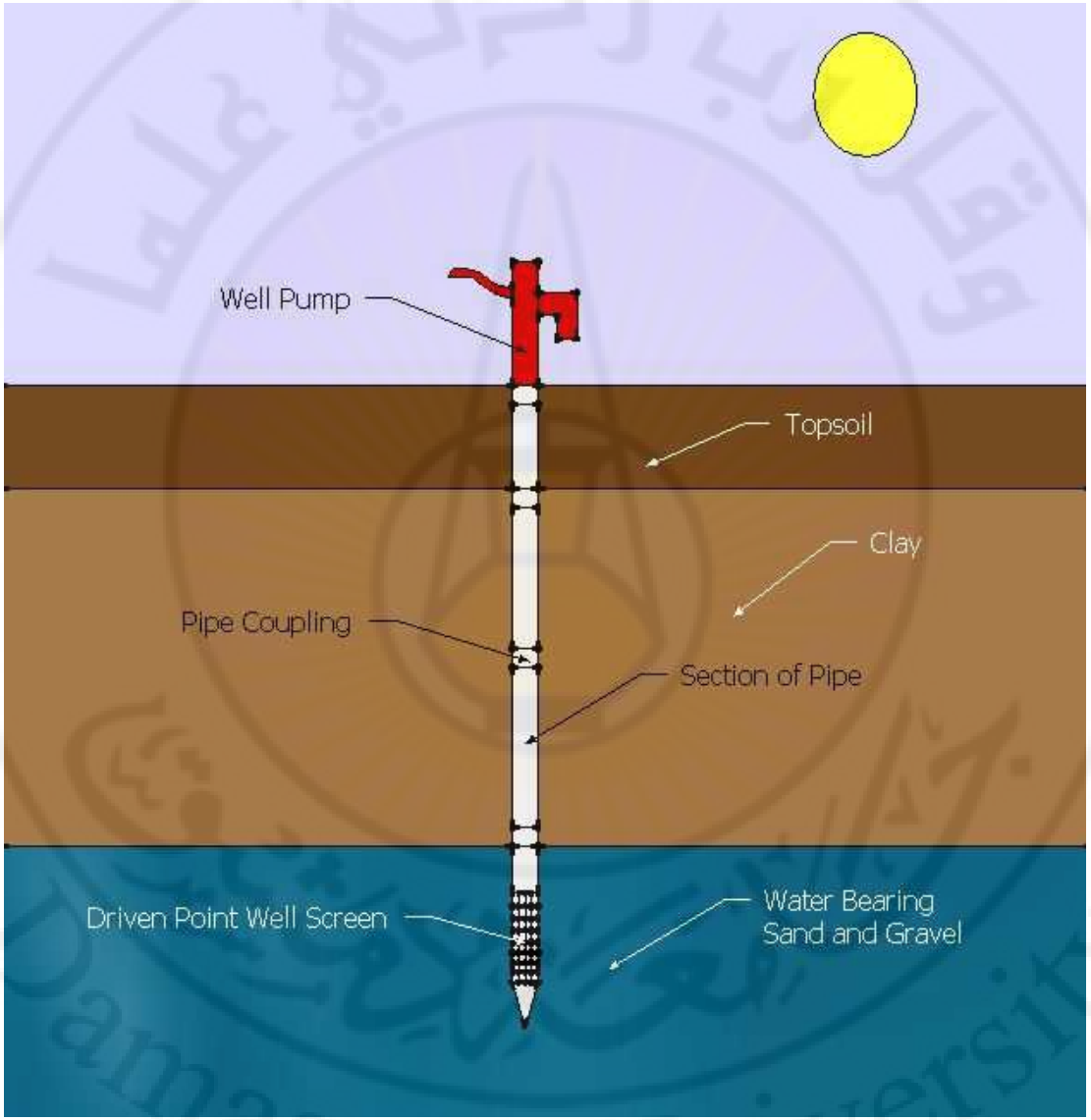


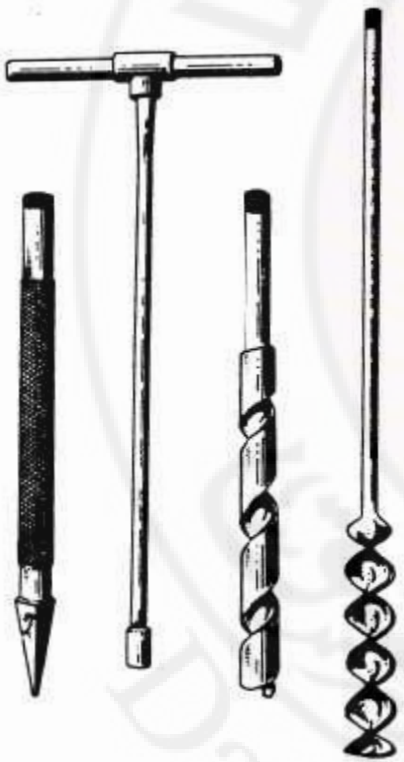
يمكن استخدام الحفارات الآلية لحفر الآبار

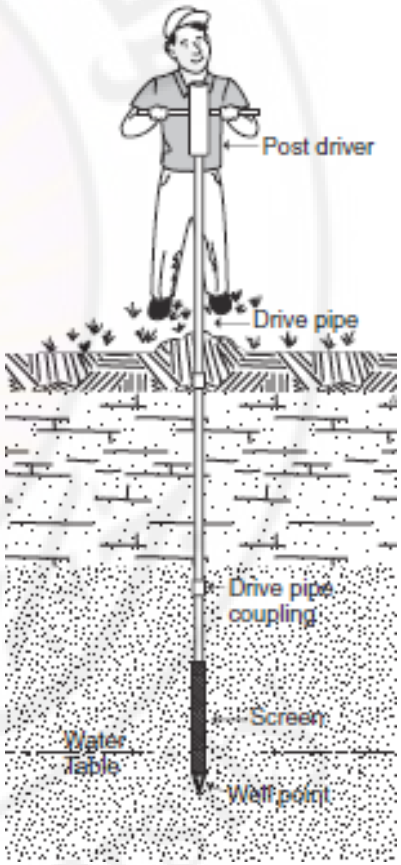

Dug wells
older, stone casing
access hatch
cover
slope away
12" min.
2' to 3' diameter
concrete casing
ground surface
casing joints in the top 8' should be watertight
water table
water
water
usual depth: less than 30'
cross

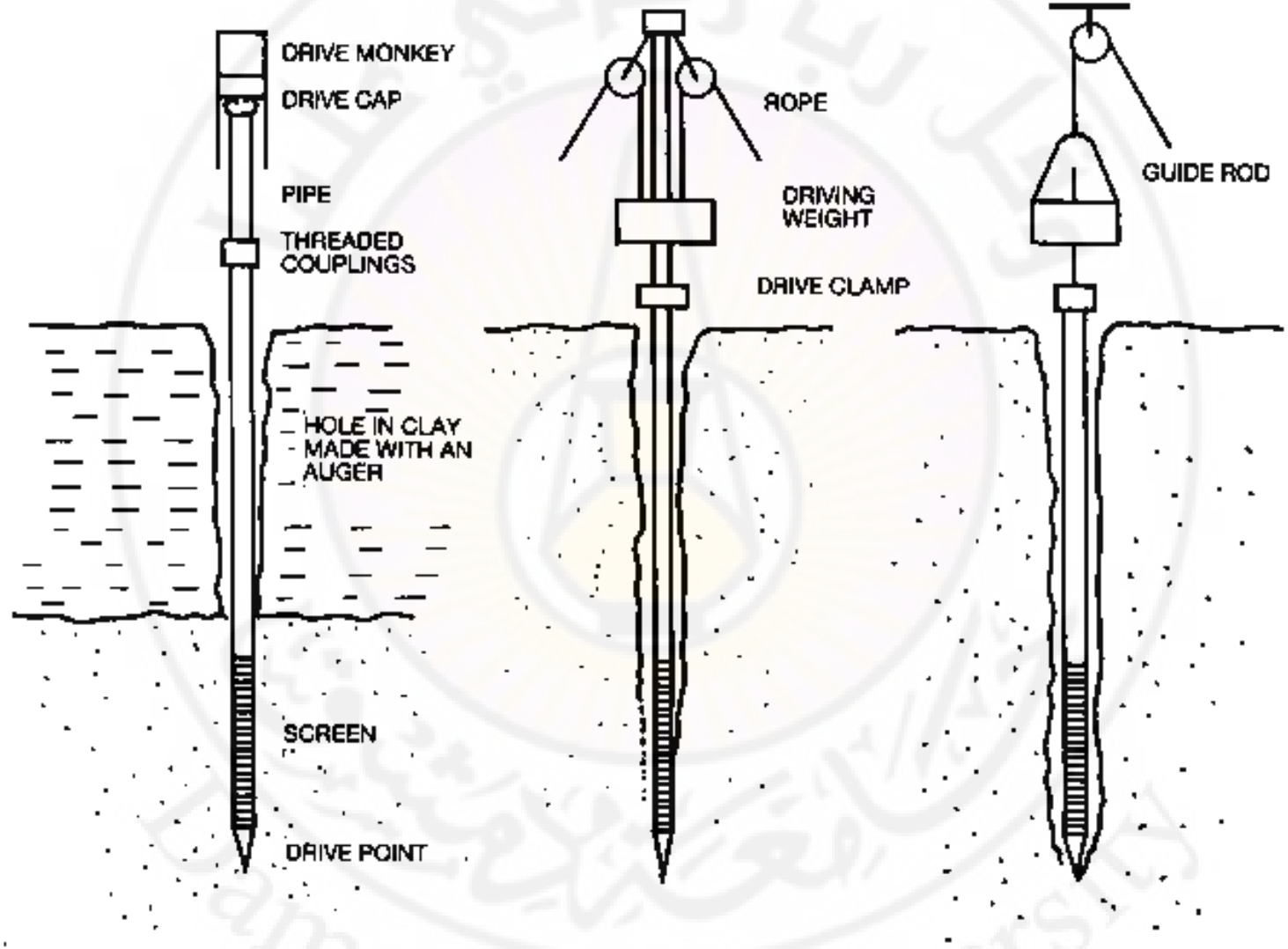

آبار الغرز
(Driven wells)
آبار صغيرة
تستخرج المياه من الحوامل السطحية إن كانت قريبة من سطح الأرض
تستخدم لاستخراج كميات قليلة من المياه

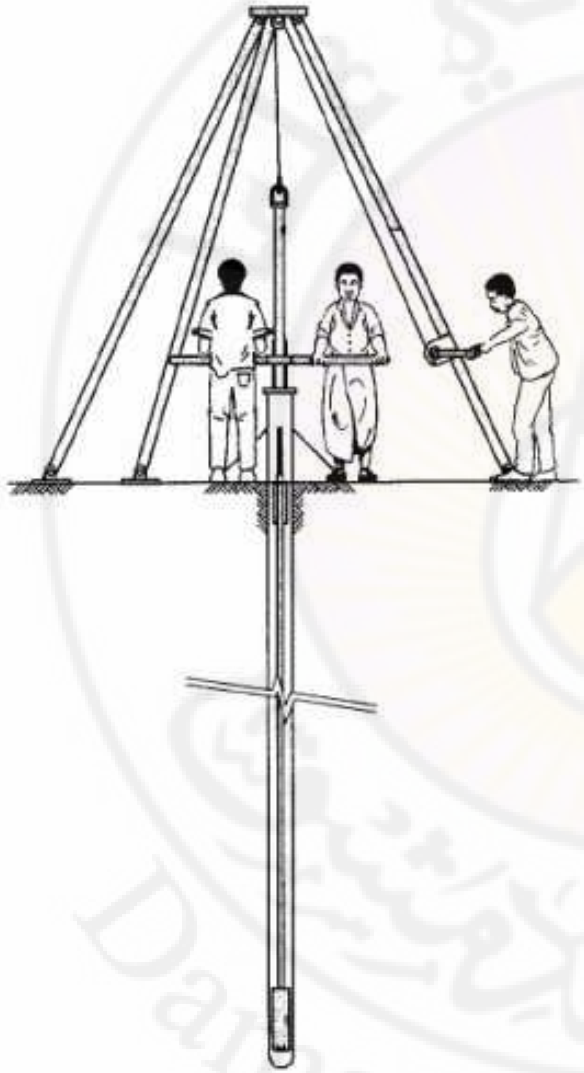

أنبوب معدني مثقب ذو رأس مدبب
قطره يتراوح بين 25-80 mm
يغرز في الأرض بالدق أو الدفع مع الدوران
تركب عليه مضخة يدوية لاستخراج المياه للاستخدام المنزلي
مياهها معرضة بشكل كبير للتلوث بسبب تسرب المياه السطحية
حساسة لتغير منسوب المياه الجوفية

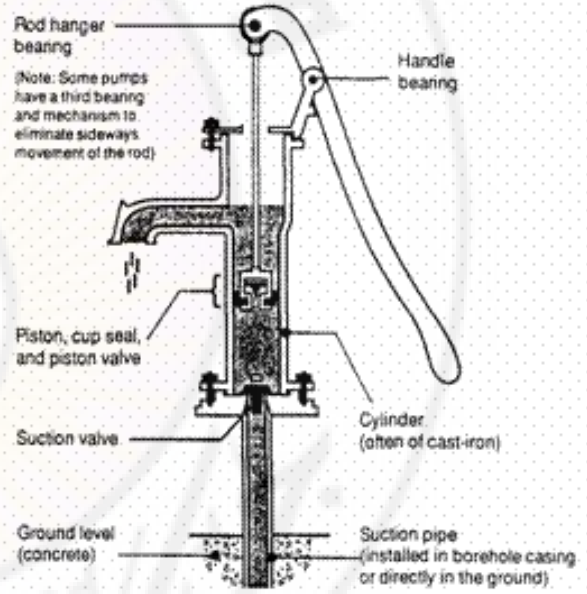

Well Pump
Topsoil
Clay
Pipe Coupling
Section of Pipe
Driven Point Well Screen
Water Bearing
Sand and Gravel




Post driver
Drive pipe
Drive pipe coupling
Screen
Water Table
Well point

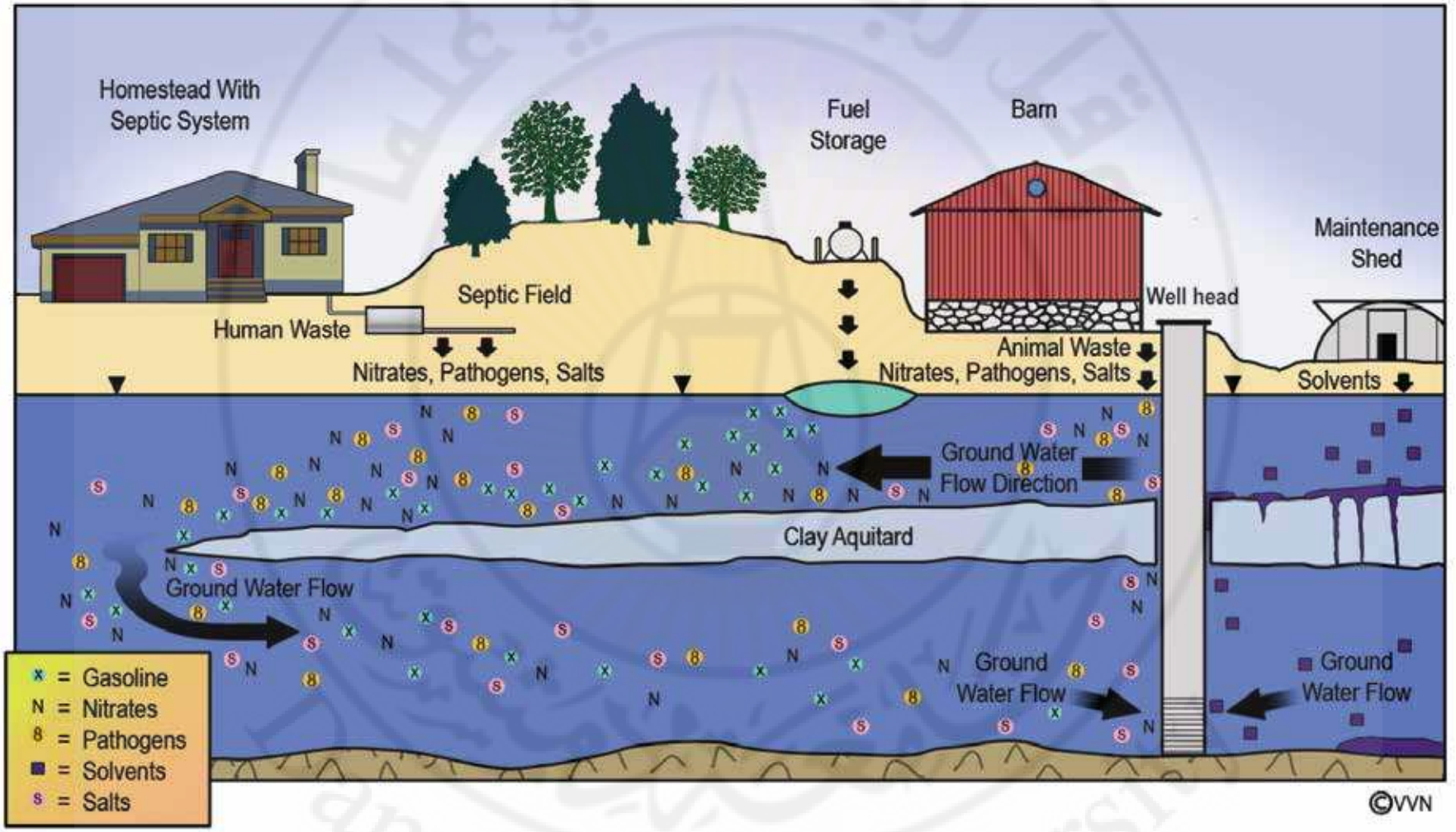

DRIVE MONKEY
DRIVE CAP
PIPE
THREADED COUPLINGS
HOLE IN CLAY MADE WITH AN AUGER
SCREEN
DRIVE POINT
ROPE
DRIVING WEIGHT
DRIVE CLAMP
GUIDE ROD



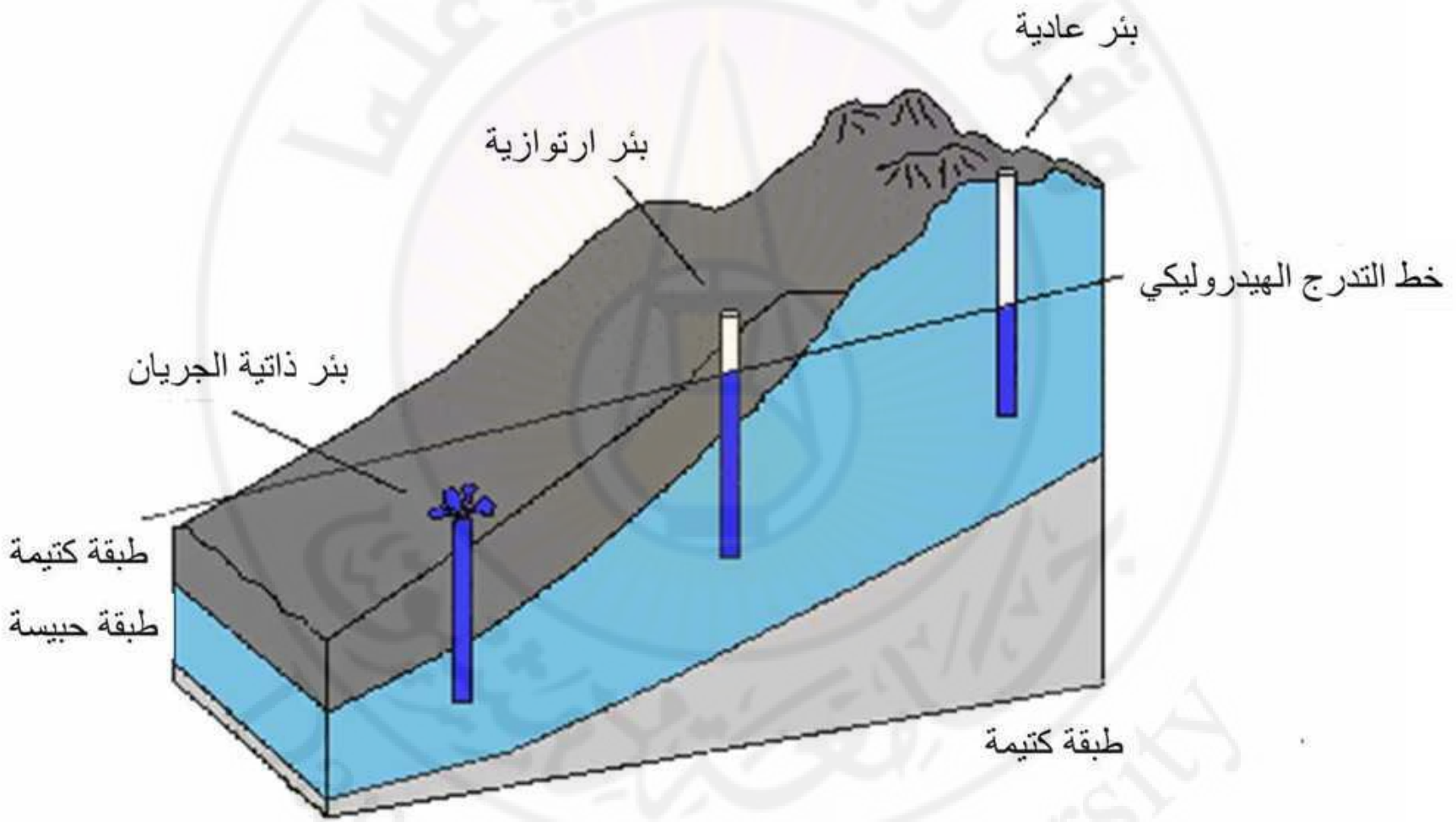


Damascus University

- الآبار العميقة
  - من أكثر أنواع الآبار انتشاراً
  - يخترق الطبقات الكتيمة للوصول إلى حوامل مائية عميقة
    - لاتتأثر الآبار بشكل كبير بمنسوب المياه الجوفية
    - تمتاز بإعطائها كميات كبيرة من المياه وبغزارات ثابتة
    - مياهها نقية إلى حد كبير
      - تتعرض المياه الراشحة لعمليات تنقية كافية خلال عبورها لطبقات التربة
      - يمكن أن تتعرض للتلوث بسبب عبور المياه السطحية لطبقات متشققة
  - قطر البئر 25-75 cm
  - عمق البئر 150-1000 m
  - يمكن أن تكون المياه عسرة أوتحوي على تراكيز عالية من الأملاح المعدنية

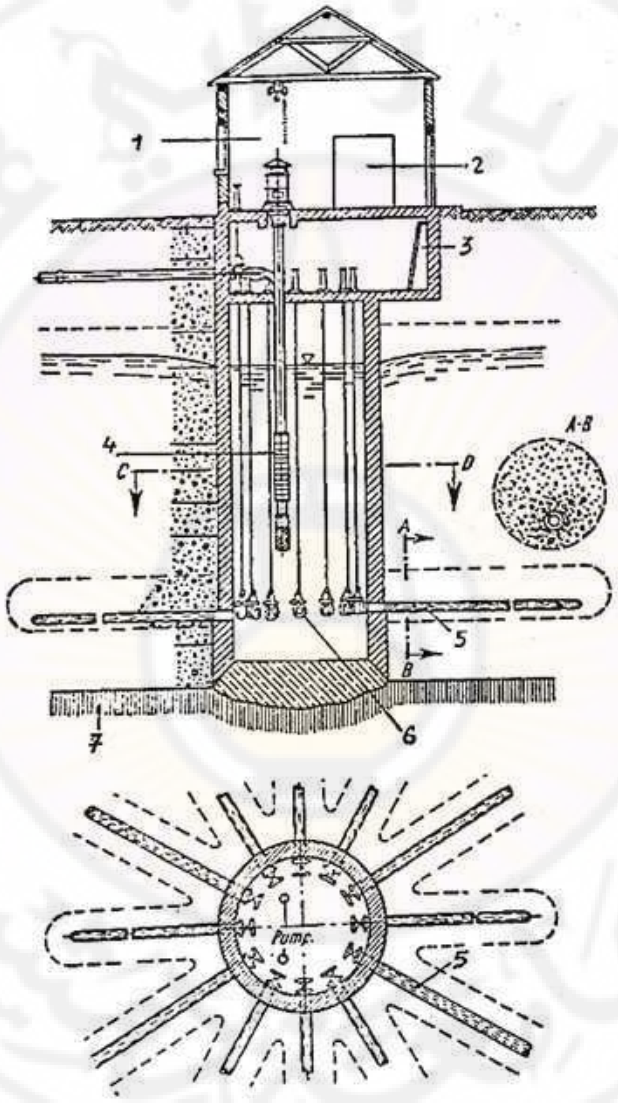

Homestead With Septic System
Fuel Storage
Barn
Maintenance Shed
Septic Field
Well head
Human Waste
Nitrates, Pathogens, Salts
Animal Waste
Nitrates, Pathogens, Salts
Solvents
Ground Water Flow Direction
Clay Aquitard
Ground Water Flow
Ground Water Flow
Ground Water Flow
x = Gasoline
N = Nitrates
8 = Pathogens
= Solvents
s = Salts
©VVN


الآبار العميقة
آبار عادية
آبار ارتوازية
آبار ذاتية الجريان


بئر عادية
بئر ارتوازية
خط التدرج الهيدروليكي
بئر ذاتية الجريان
طبقة كتيمة
طبقة حبيسة
طبقة كتيمة

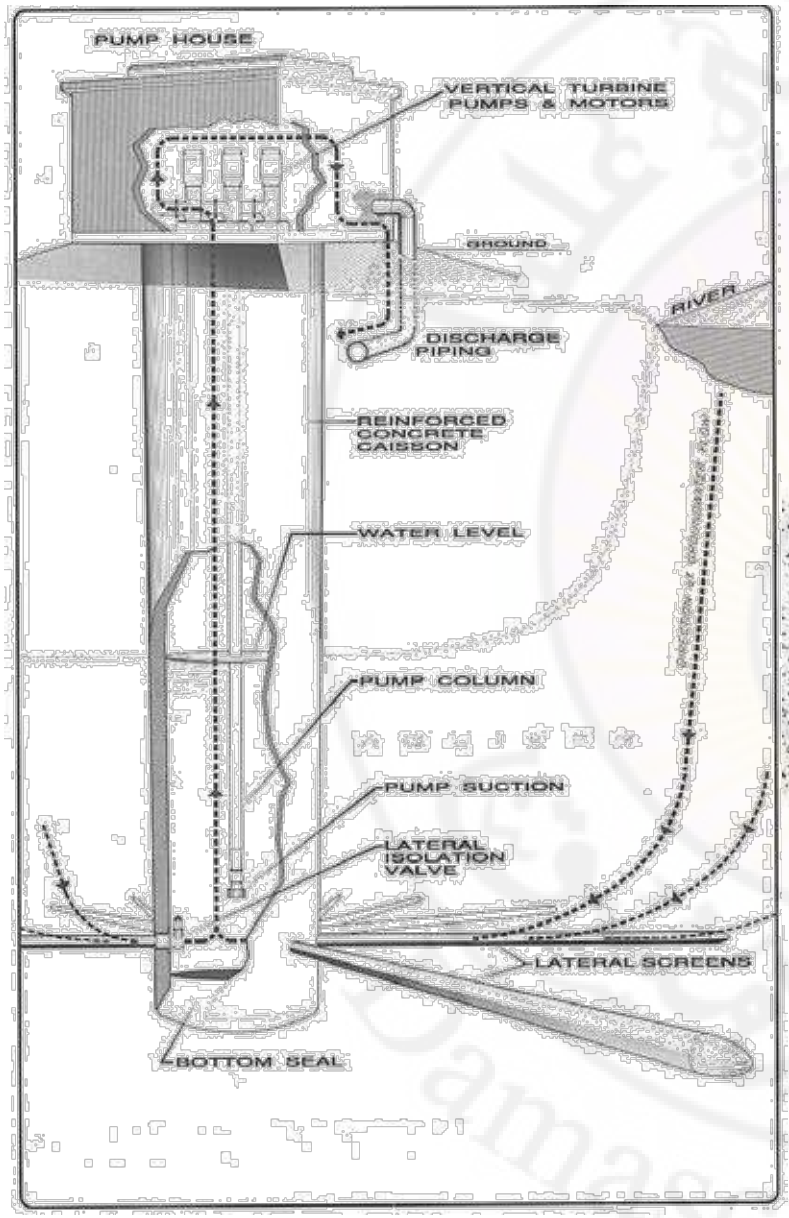
- الآبار العادية (Water table wells)
  - تتأثر الطبقة بالضغط الجوي فقط دون أي ضغط هيدروستاتيكي إضافي
  - ارتفاع المياه في البئر هو نفس ارتفاع الطبقة المشبعة المحيطة
- الآبار الارتوازية (Artesian wells)
  - الآبار المحفورة في طبقة حبيسة
  - ترتفع المياه في البئر فوق منسوب الطبقة الحاملة
- الآبار ذاتية الجريان (Flowing wells)
  - آبار إرتوازية ترتفع فيها المياه فوق منسوب الأرض المحيطة بحفرة البئر
  - السبب زيادة الضغط الهيدروستاتيكي عن حد معين

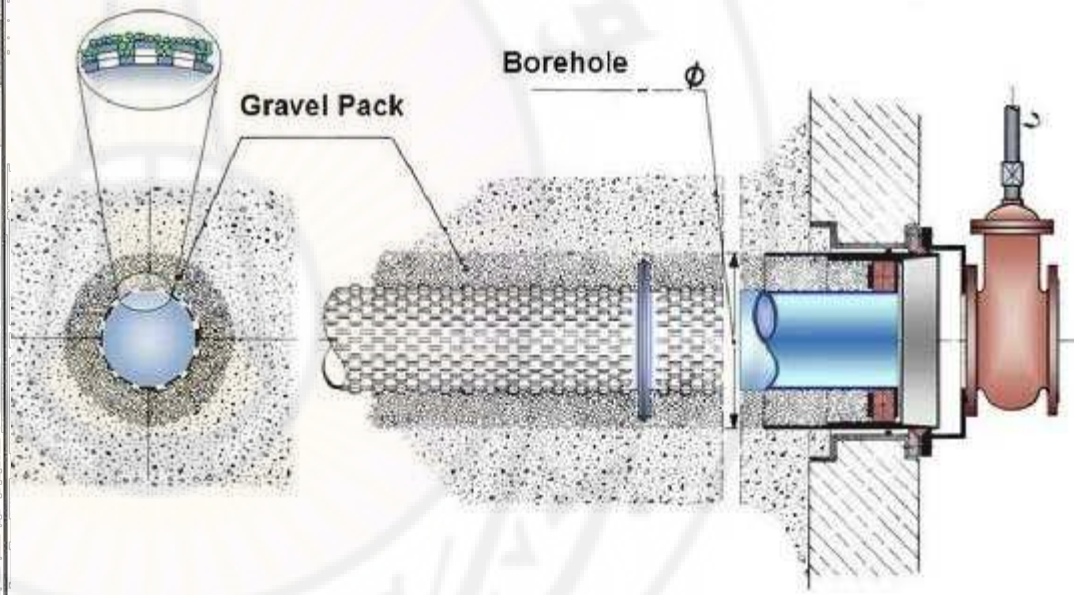
- الآبار النجمية (Ranney wells)
  - بئر تجميع شاقولية
  - قطر البئر 2-5 m
  - عمق البئر بحدود 60 m
  - على ارتفاع 1-2 m من قاع البئر تركب مجموعة أنابيب أفقية مثقبة
    - تخترق الحامل المائي
    - تحيط بالبئر بشكل نجمي
    - طول الأنبوب 20-40 m
    - قطر الأنبوب لايزيد عن 200 mm
    - عدد الأنابيب 5-12
    - يزود كل أنبوب بصمام قطع
    - يحاط الأنبوب بطبقة فلتر من الحصويات
  - تستخدم عندما يراد الحصول على كمية مياه كبيرة من طبقة جوفية سطحية
    - قليلة السماكة
    - خشنة تسمح بسرعة جريان عالية
  - يمكن استخدامها في أسرة الأنهار
    - تنقية مياه النهر خلال عبورها للطبقات الجوفية المحيطة



بئر نجمي

١ ـ غرفة المضخات ٢ ـ لوحة التحكم ٣ ـ غرفة الصمامات ٤ ـ مضخة عمودية
٥ ـ انبوب افقي مثقب ٦ ـ صمام ٧ ـ طبقة كتيمة


PUMP HOUSE
VERTICAL TURBINE PUMPS & MOTORS
GROUND
RIVER
DISCHARGE PIPING
REINFORCED CONCRETE CAISSON
WATER LEVEL
PUMP COLUMN
PUMP SUCTION
LATERAL ISOLATION VALVE
LATERAL SCREENS
BOTTOM SEAL


Gravel Pack
Borehole
ϕ





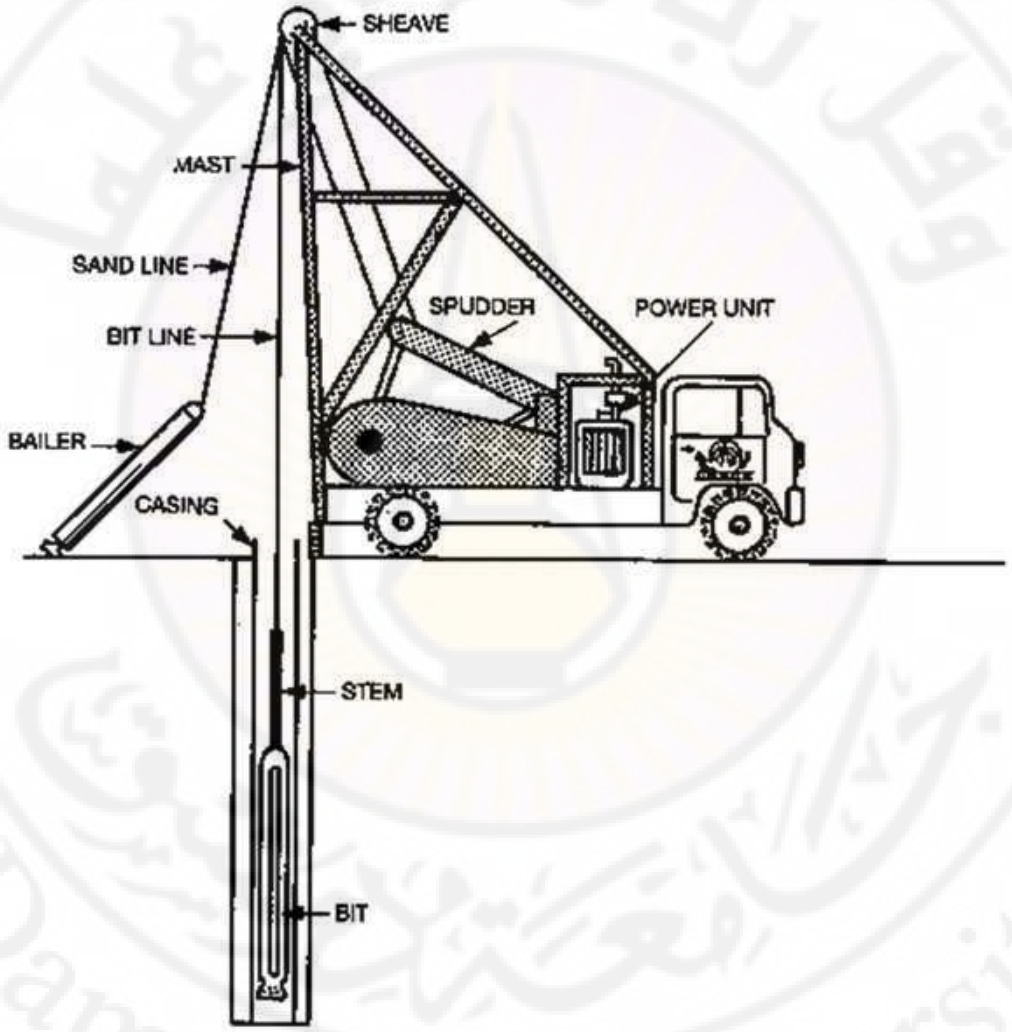



PUMP HOUSE
Louisville Water Company,
Louisville, Kentucky
RIVER
CAISSON
SAND &
GRAVEL
AQUIFER
LATERALS
BEDROCK



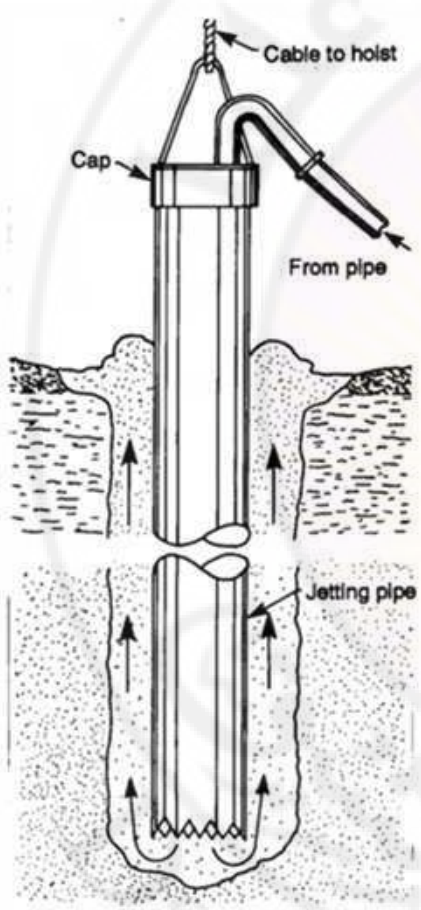

حفر الآبار العميقة
بالطرق
بالدوران
بالرج

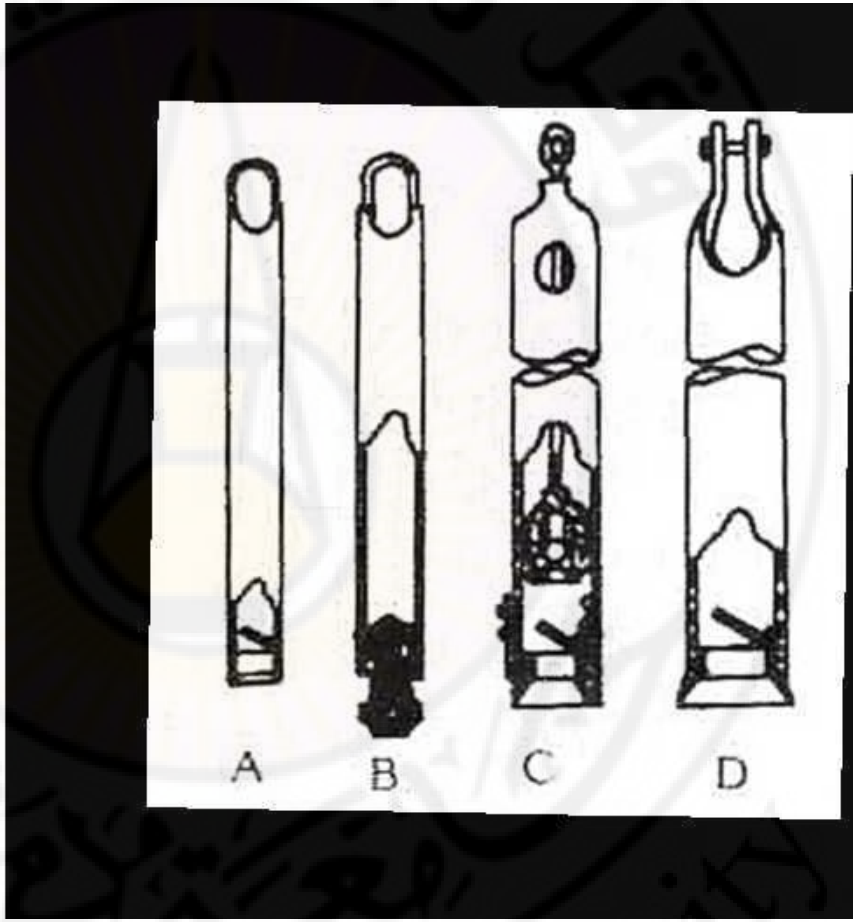
الحفر بالطرق



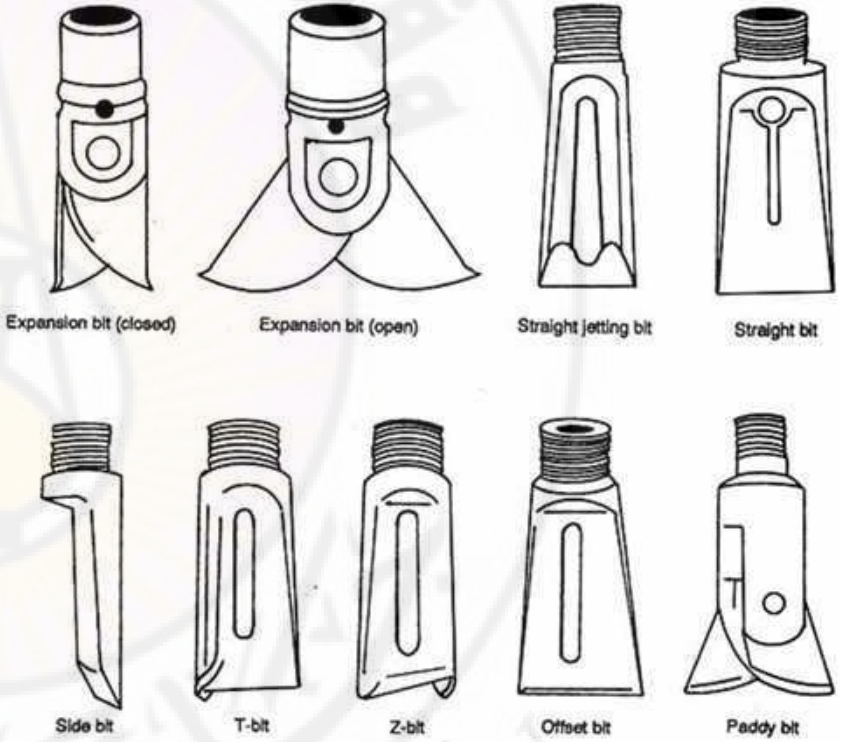




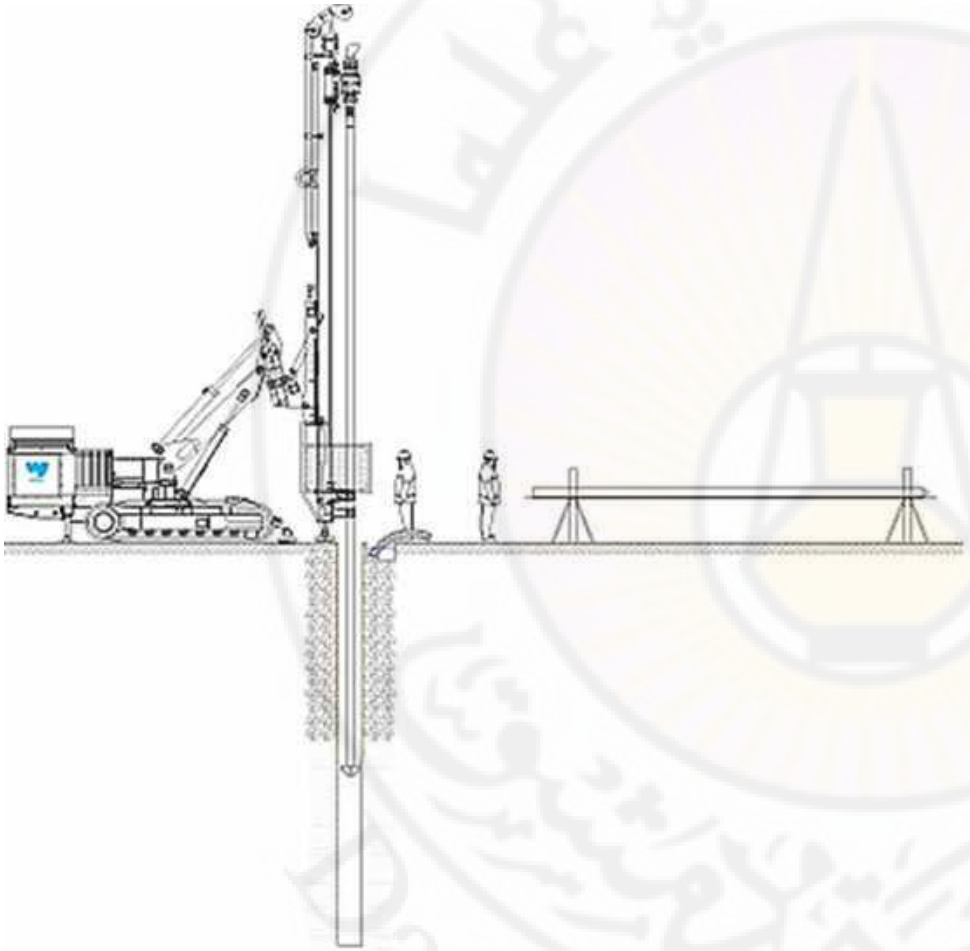

Cable to hoist
Cap
From pipe
Jetting pipe

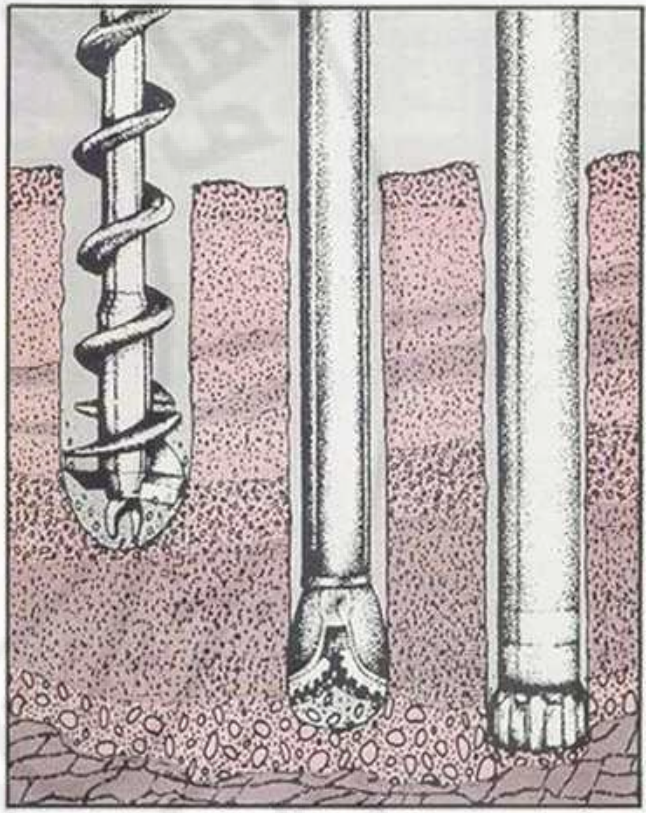

A
B
C
D




Expansion bit (closed)
Expansion bit (open)
Straight jetting bit
Straight bit
Side bit
T-bit
Z-bit
Offset bit
Paddy bit

الحفر بالدوران





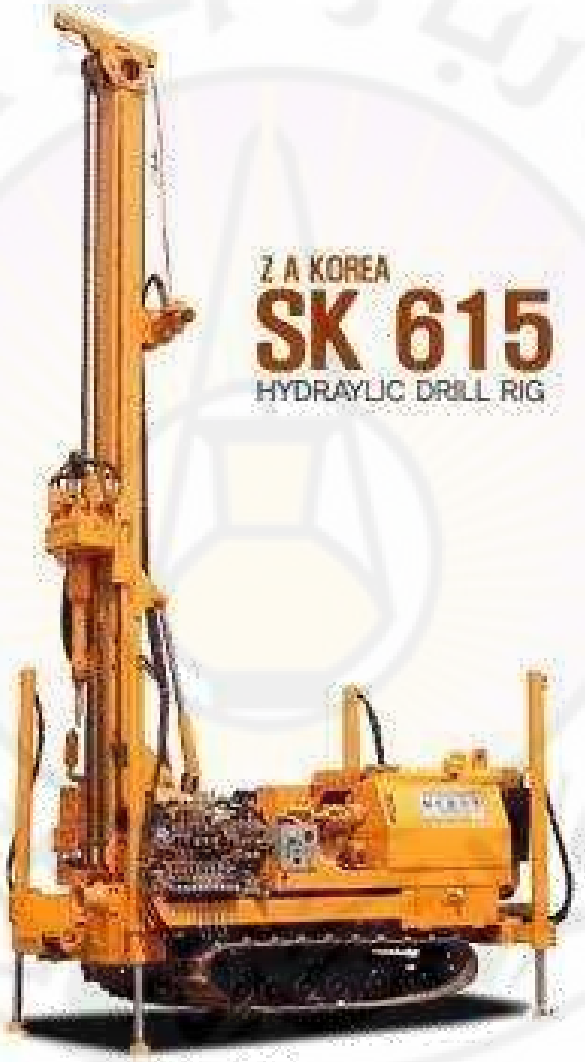



JAMISON
WELL DRILLING
& PUMP SERVICE



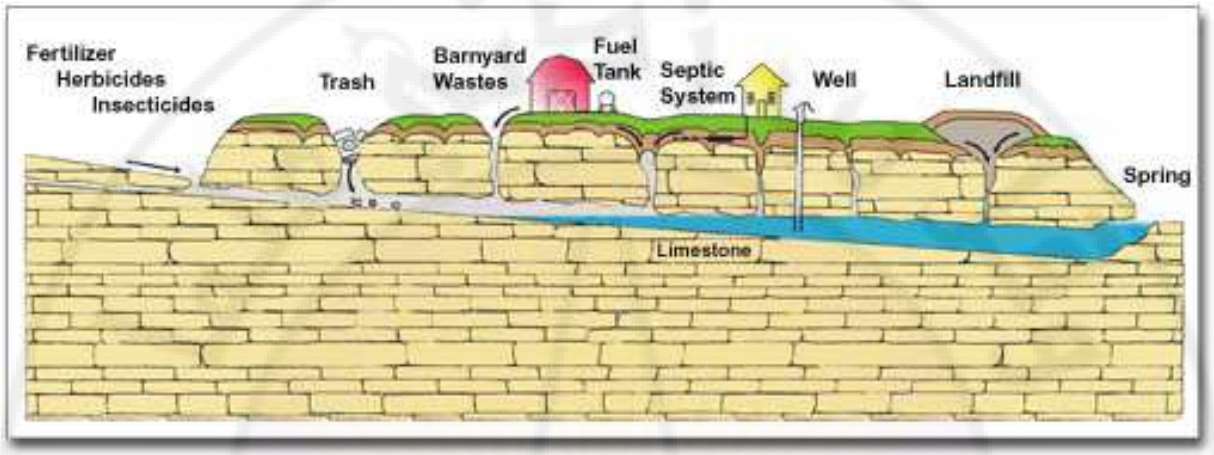


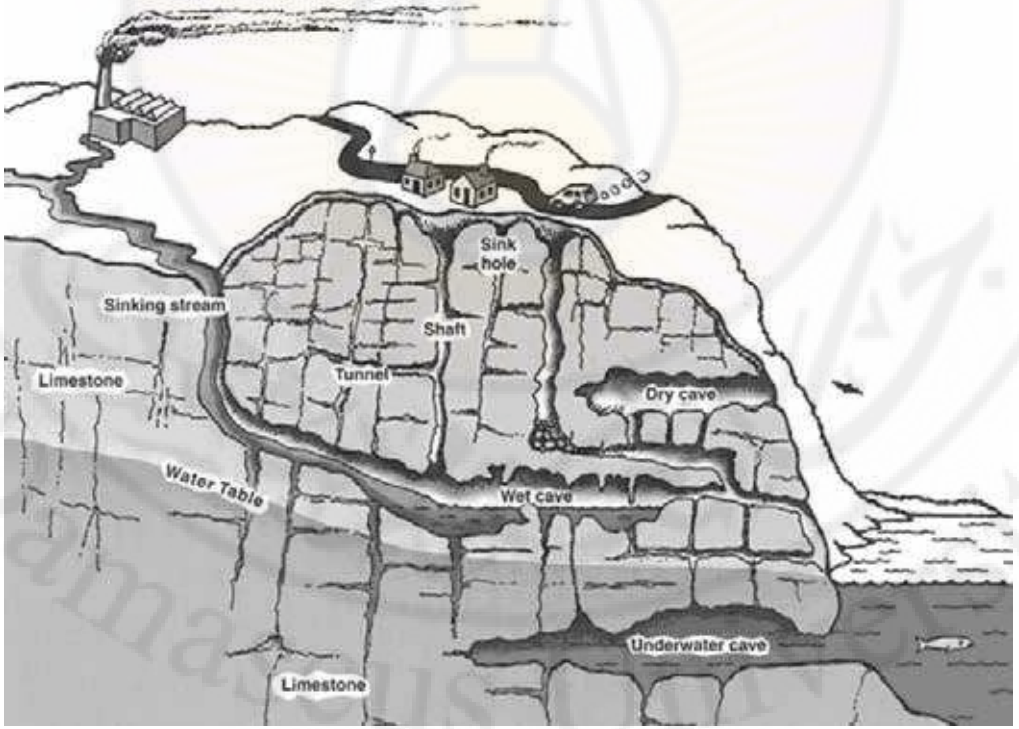
الحفر بالرج



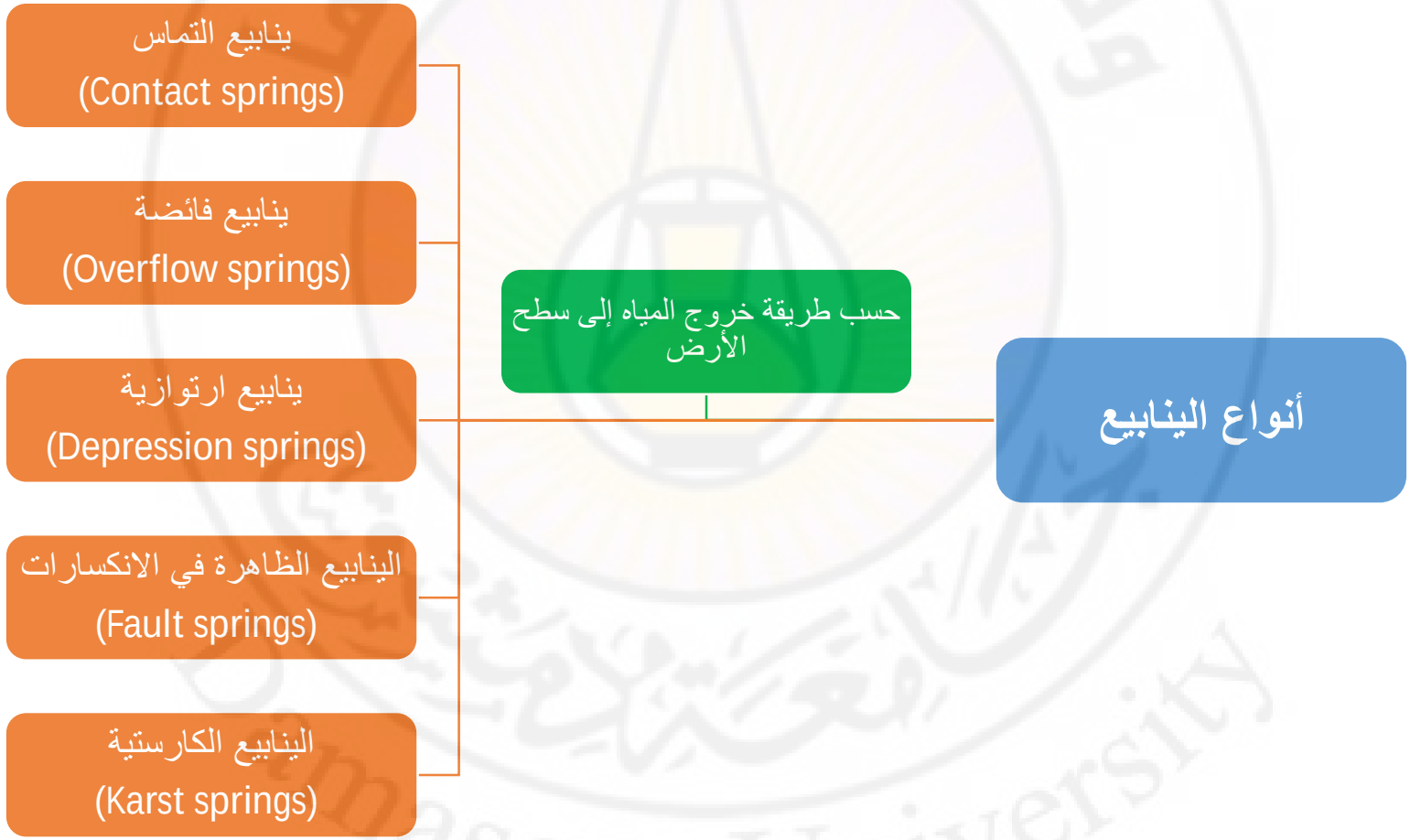
Damascus University

- الينابيع
  - مياه جوفية تصل إلى سطح الأرض بشكل طبيعي
  - مواصفات الينابيع
    - تتغير غزارتها بشكل ملحوظ تبعاً لفصول السنة
    - الينابيع السطحية من حوامل حرة تتأثر بشكل سريع بالهطولات المطرية
      - تزداد غزارتها بشكل ملحوظ وبعد فترة قصيرة من هطول غزير
    - إذا زادت عكارة المياه بشكل كبير بعد الهطول فهذا دليل على عدم تعرض المياه لتنقية كافية
      - معرضة بشكل كبير للتلوث البيولوجي
      - تتأثر حرارة مياهها بشكل كبير بتقلبات حرارة الجو

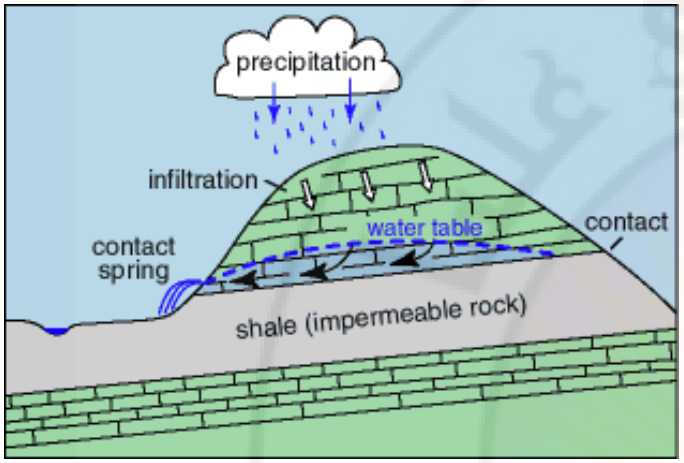

Fertilizer
Herbicides
Insecticides
Trash
Barnyard Wastes
Fuel Tank
Septic System
Well
Landfill
Spring
Limestone

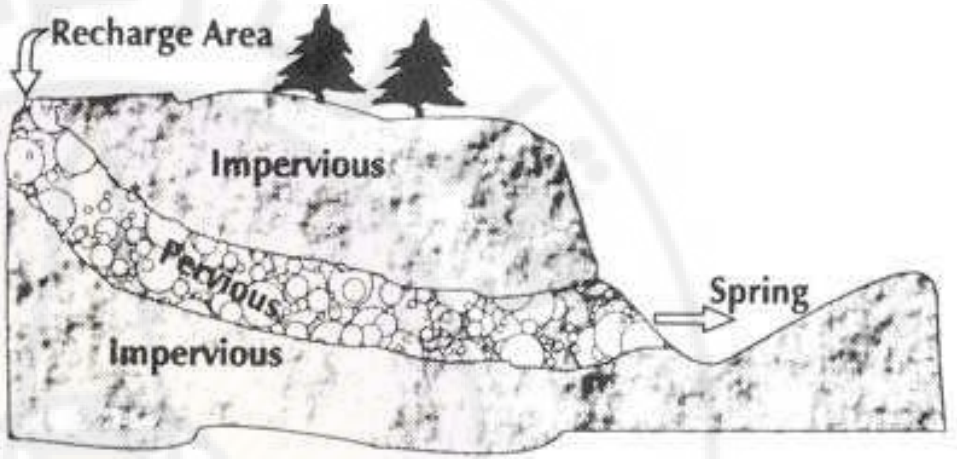

Sink hole
Sinking stream
Shaft
Tunnel
Limestone
Dry cave
Water Table
Wet cave
Underwater cave
Limestone

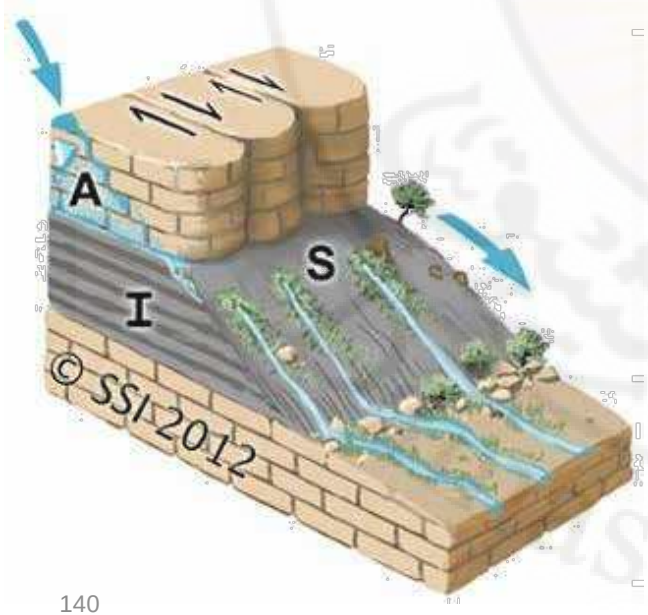

الينابيع ذات الحرارة الثابتة بين 8°-12° باستمرار
تستمد مياهها من طبقة حبيسة تقع على عمق كبير
نوعية مياهها جيدة قابلة للاستهلاك البشري
لاتتأثر غزارتها مباشرة بالهطولات المطرية
يمكن أن تزداد غزارتها بعد فترة زمنية طويلة نسبياً من هطول مطري

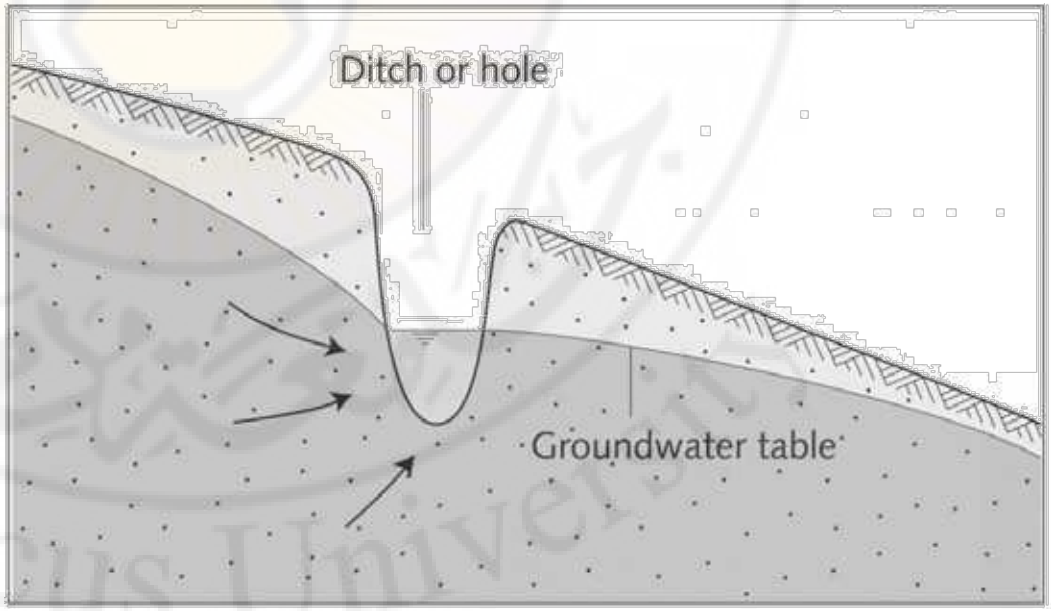

أنواع الينابيع
حسب طريقة خروج المياه إلى سطح الأرض
ينابيع التماس
(Contact springs)
ينابيع فائضة
(Overflow springs)
ينابيع ارتوازية
(Depression springs)
الينابيع الظاهرة في الانكسارات
(Fault springs)
الينابيع الكارستية
(Karst springs)

- ينابيع التماس(Contact spring)
  - عندما تصل الطبقة الكتيمة المشكلة لأرضية الحامل المائي إلى سطح الأرض تخرج المياه الجوفية بشكل طبقة رقيقة مشكلة نبعاً أو مجموعة ينابيع متجاورة.
  - يمكن أن تنشأ أيضاً عن ظهور المياه الجوفية إلى سطح الأرض بسبب وجود منخفض أدنى من منسوب المياه الجوفية
  - تستمد مياهها على الأغلب من طبقات مائية حرة
    - نوعية مياهها تتأثر بشكل كبير بالتلوث في الأراضي المحيطة إن استمدت مياهها من حامل حر
  - تعطي غزارة مياه قليلة وتتعرض لتغيرات فصلية كبيرة
    - قد تجف تماماً خلال فصول الجفاف

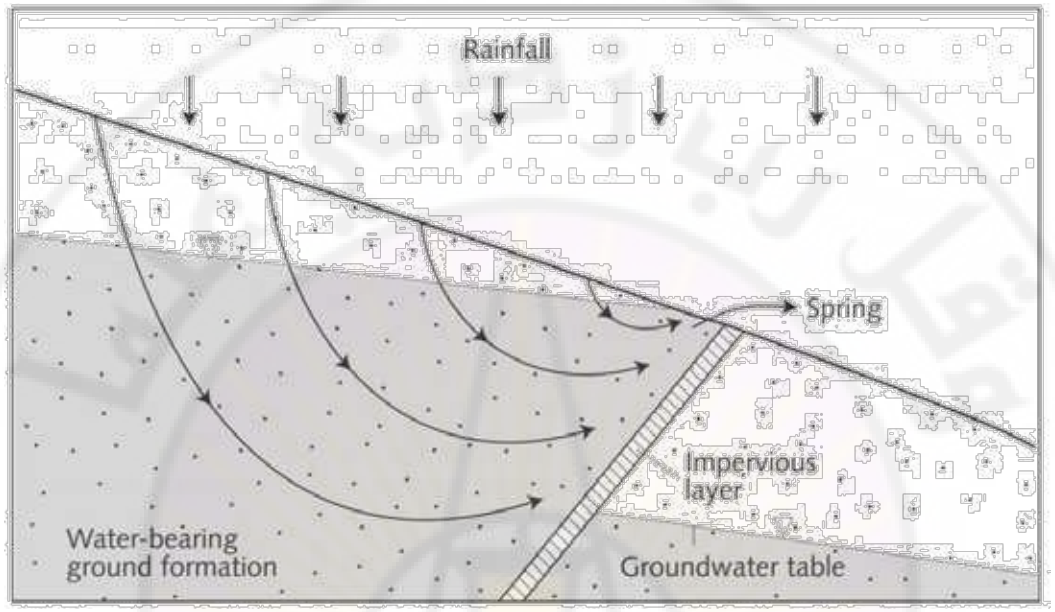

precipitation
infiltration
water table
contact
contact
spring
shale (impermeable rock)

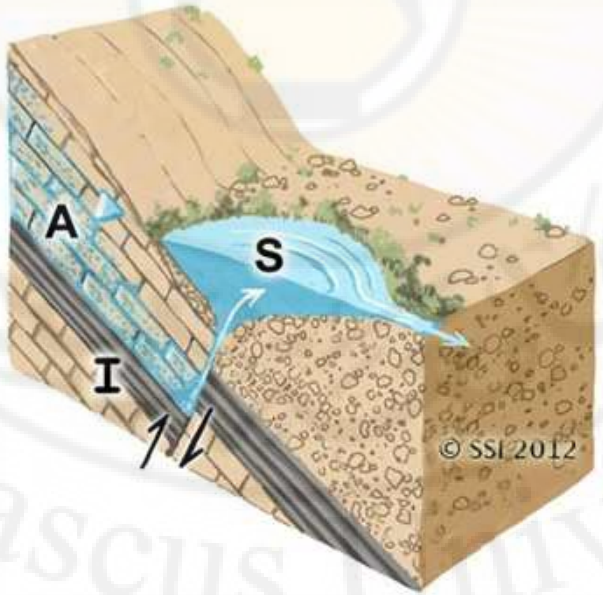

Recharge Area
Impervious
Pervious
Impervious
Spring


A
I
S
© SSI 2012

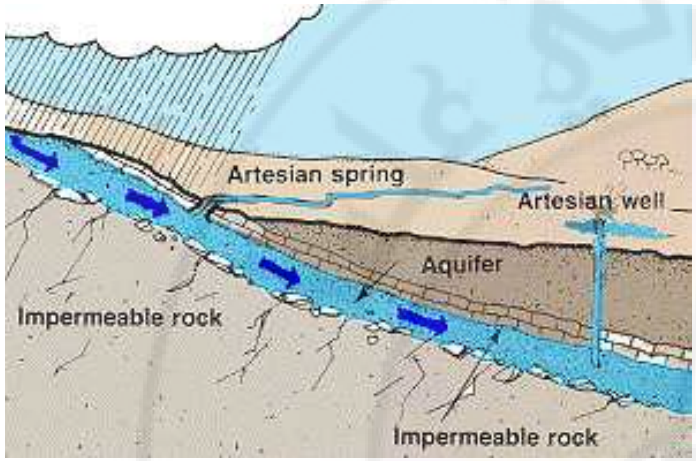

Ditch or hole
Groundwater table

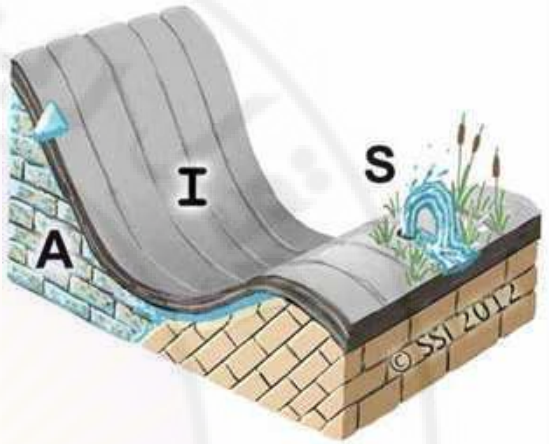
- ينابيع فائضة (Overflow springs)
  - تنتج عن وجود عائق لجريان المياه في الحامل الجوفي
    - طبقة كتيمة غضارية أو صخرية ناتجة عن وجود صدع في القشرة الأرضية
  - يتم تخزين المياه خلف العائق مما يؤدي إلى ظهورها إلى سطح الأرض
  - تنشأ من حوامل مائية حرة
  - غزارتها أعلى من غزارة ينابيع التماس وأقل تأثراً بالتغيرات الفصلية
  - كونها تنتج عن حامل مائي حر فيمكن للملوثات أن تصل إليها بسهولة

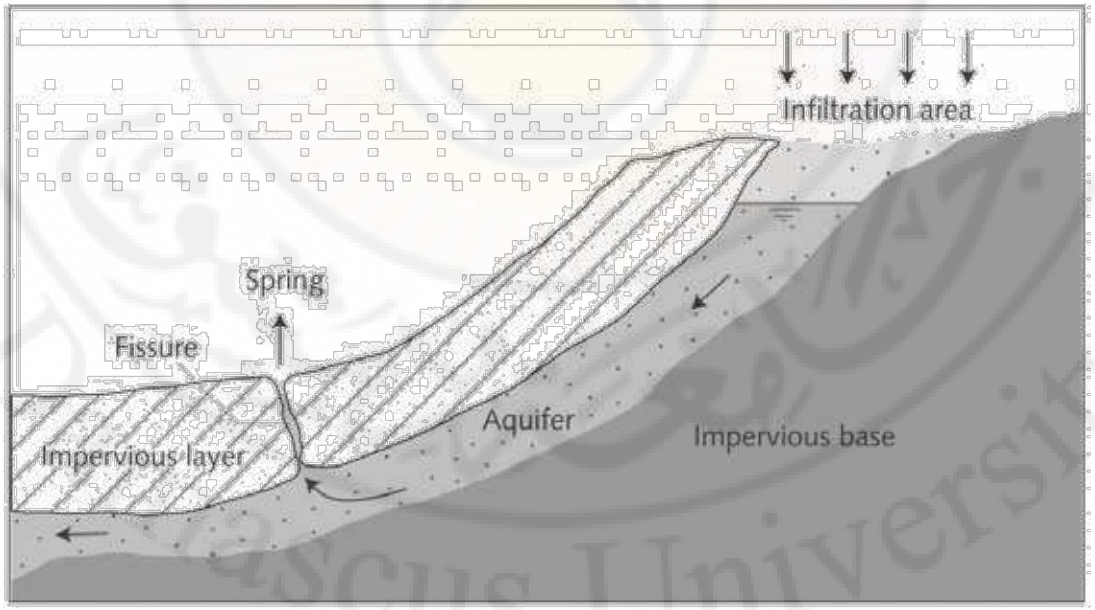

Rainfall
Spring
Impervious layer
Water-bearing ground formation
Groundwater table


A
S
I
© SSI 2012

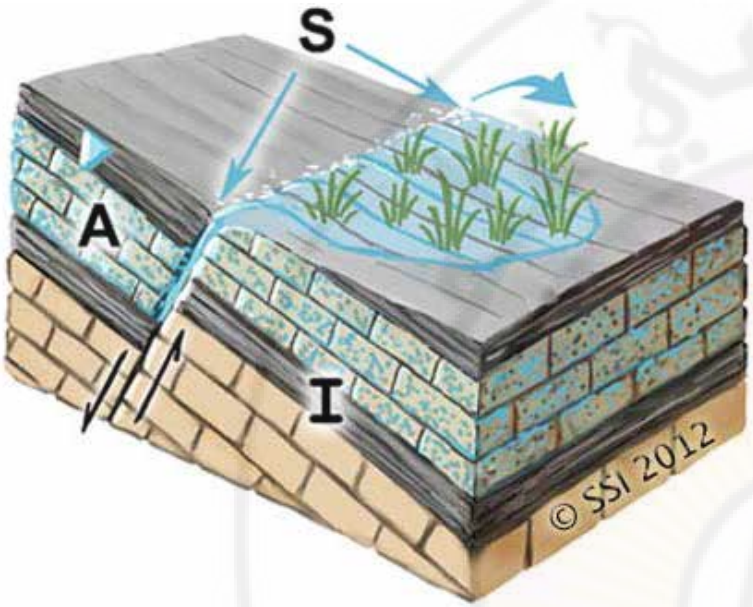
- ينابيع ارتوازية (Depression springs):
  - تنشأ الينابيع الارتوازية عندما تجد المياه الجوفية في حامل جوفي حبيس طريقها إلى سطح الأرض عبر شق أو ثقب في الغطاء الكتيم للحامل
  - تخرج المياه إلى سطح الأرض بسبب الضغط الهيدروستاتيكي في الحامل المائي الحبيس
  - تظهر هذه الينابيع أساساً في الوديان Valley depression
  - تمتاز
    - بثبات الغزارة التي تعطيها دون تغيرات فصلية (أو مع تغيرات بسيطة)
    - بنوعية مياه جيدة (حامل حبيس)

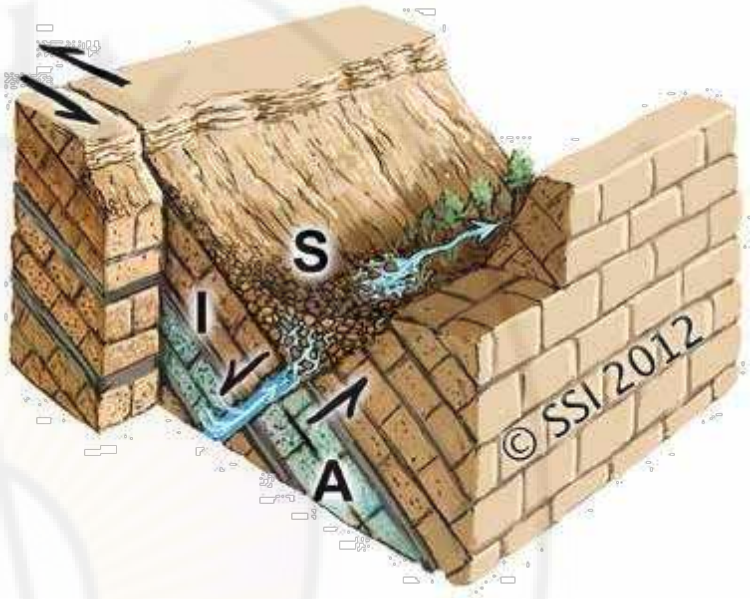

Artesian spring
Artesian well
Aquifer
Impermeable rock
Impermeable rock

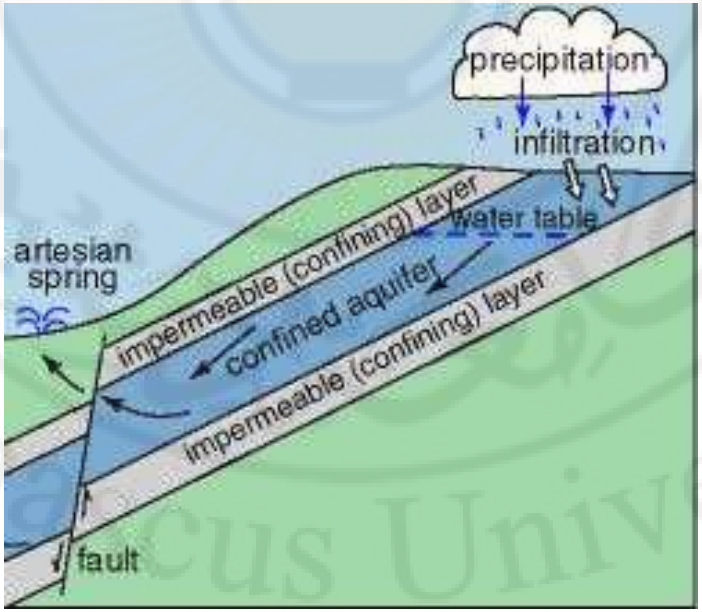

I
S
A
© SSI 2012


Infiltration area
Spring
Fissure
Aquifer
Impervious base
Impervious layer

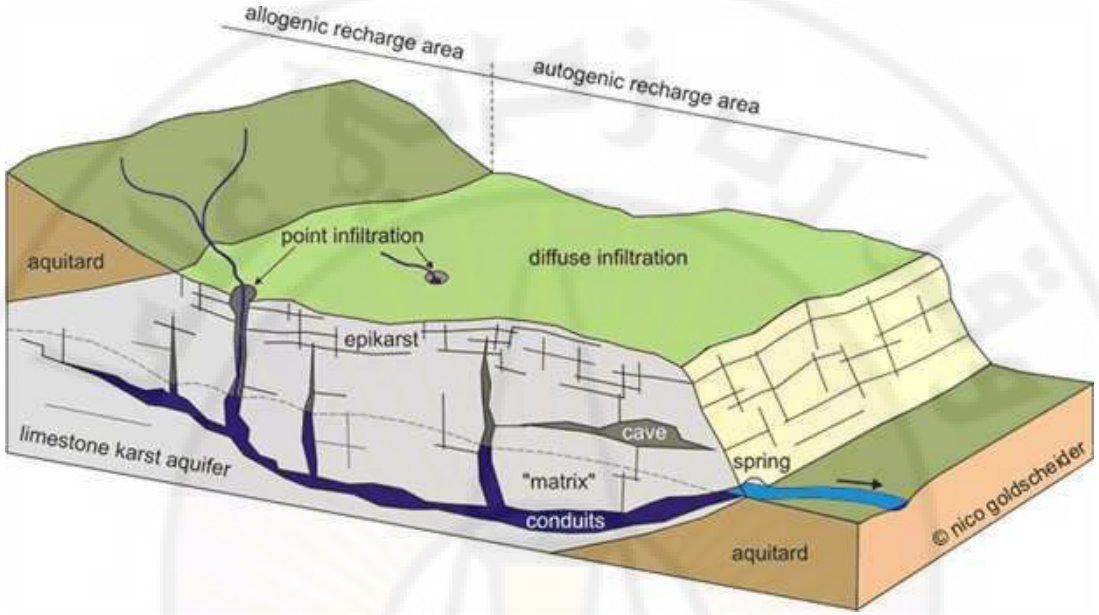
- الينابيع الظاهرة في الانكسارات(Fault springs)
  - تظهر المياه الموجودة في حامل مائي حبيس إلى سطح الأرض في منطقة وجود انكسار في الطبقات الكتيمة المحيطة بالحامل الجوفي
  - تنشأ الانكسارات عن حركة تكتونية لسطح الأرض
  - تستمد خواصها من كونها ناشئة عن حامل حبيس
    - غزارة مرتفعة
    - قليلة التأثر بالتغيرات الفصلية
    - غير حساسة للتلوث

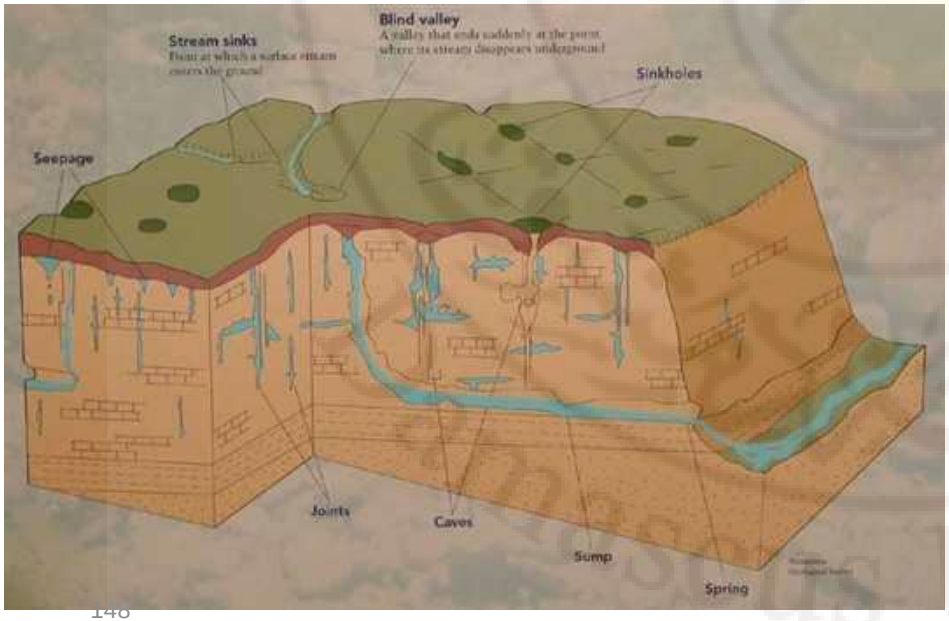

S
A
I
© SSI 2012

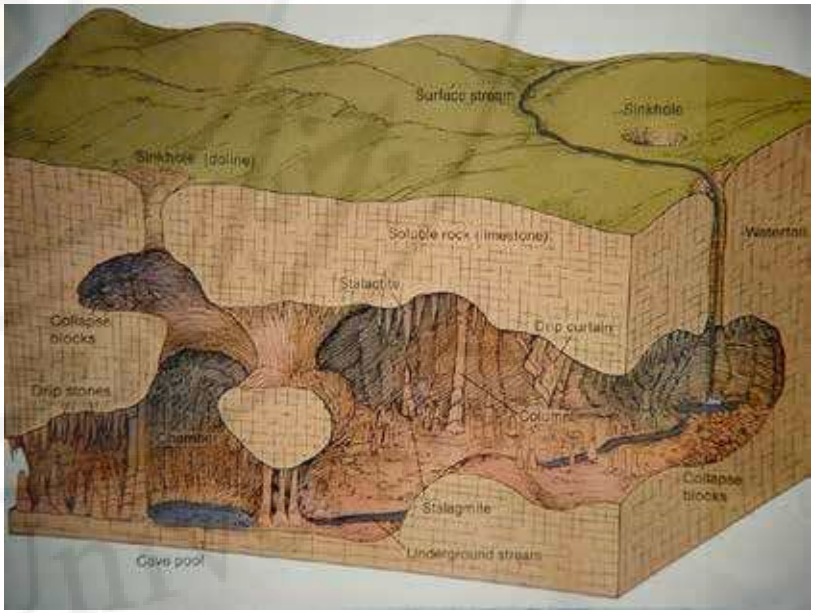

S
I
A
© SSI 2012


precipitation
infiltration
water table
artesian spring
impermeable (confining) layer
confined aquifer
impermeable (confining) layer
fault

- الينابيع الكارستية (Karst springs)
  - تتجمع المياه الراشحة في فراغات كبيرة أو كهوف ضمن باطن الأرض
  - تجري المياه ضمن هذه الفراغات حتى وصولها إلى ثقب أو فتحة تصل إلى سطح الأرض حيث يتشكل النبع
  - تمتاز بزيادة غزارة مياهها بعد الهطولات المطرية
    - تصبح المياه عكرة بعد الهطول المطري
  - تنتج على الأغلب في الترب والتشكيلات الكلسية


allogenic recharge area
autogenic recharge area
aquitard
point infiltration
diffuse infiltration
epikarst
cave
spring
limestone karst aquifer
"matrix"
conduits
aquitard
© nico goldscheider


Stream sinks
Blind valley
Sinkholes
Seepage
Joints
Caves
Sump
Spring


Surface stream
Sinkhole
Sinkhole (doline)
Soluble rock (limestone)
Stalactite
Collapse blocks
Drip curtain
Drip stones
Chamber
Column
Stalagmite
Collapse blocks
Cave pool
Underground stream



الينابيع الثانوية

الينابيع الثانوية (الكاذبة)

يختفي مجرى مائي جدول أو نهر

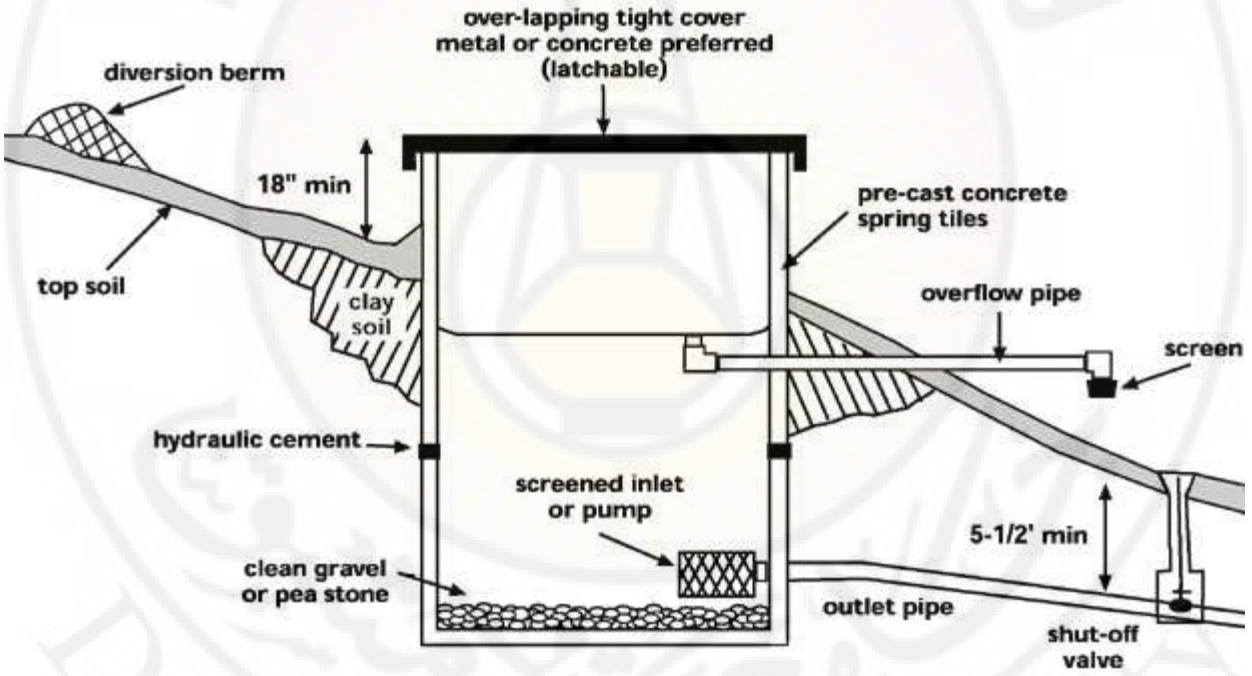
يظهر إلى السطح في مكان آخر

مياه هذه الينابيع قد تكون ملوثة

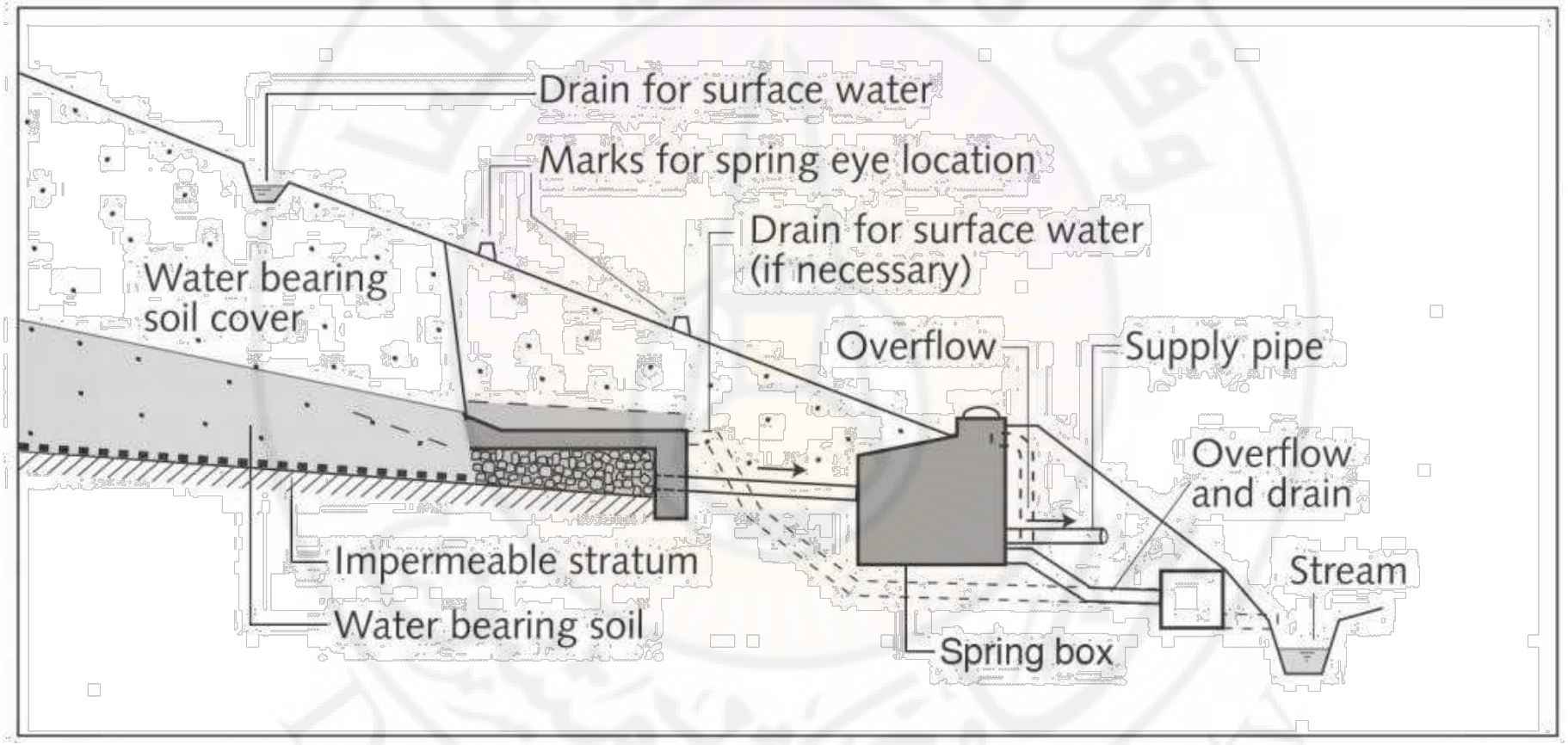
- استثمار الينابيع
  - الأعمال التحضيرية
    - إجراء قياسات كافية لمدة طويلة قد تزيد على السنتين وتشمل:
      - غزارة المياه
      - مواصفات المياه الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية
      - تجمع نتائج القياس وتقيم من أجل الاستثمار المستقبلي لمياه الينبوع
    - الكشف عن الينبوع الرئيس والينابيع الجانبية بإزالة التربة دون التسبب بأذى للطبقات الكتيمة
    - جمع مجاري الينبوع الرئيس والينابيع الجانبية في مجرى واحد
    - خفض منسوب مأخذ النبع للحصول على كامل كمية المياه الخارجة
    - عند المباشرة بالأعمال التحضيرية يجب الانتباه إلى عدم تغيير الظروف الطبيعية لمخرج النبع

- إنشاء المأخذ
  - يعزل محيط المأخذ بطبقة غضار كتيم لمنع تسرب المياه الجوفية
  - يتم اختيار مواد إنشاء تناسب المواصفات الكيميائية للمياه
  - تتظف المنطقة المحيطة بالمأخذ بقطر لايقل عن 15 متراً من الأشجار
    - حتى لاتصل جذورها إلى منطقة المأخذ
  - يفضل إنشاء حوض حجز رمال قبل خزان جمع المياه
  - يزود خزان المياه بمفيض وأنبوب تهوية وأنبوب تفريغ
  - يفضل تدوير زوايا منشأة المأخذ لمنع نشوء مناطق ميتة

Typical Spring Construction



Damascus University


Drain for surface water
Marks for spring eye location
Drain for surface water
(if necessary)
Water bearing
soil cover
Overflow
Supply pipe
Overflow
and drain
Impermeable stratum
Stream
Water bearing soil
Spring box

حرم مصادر مياه الشرب

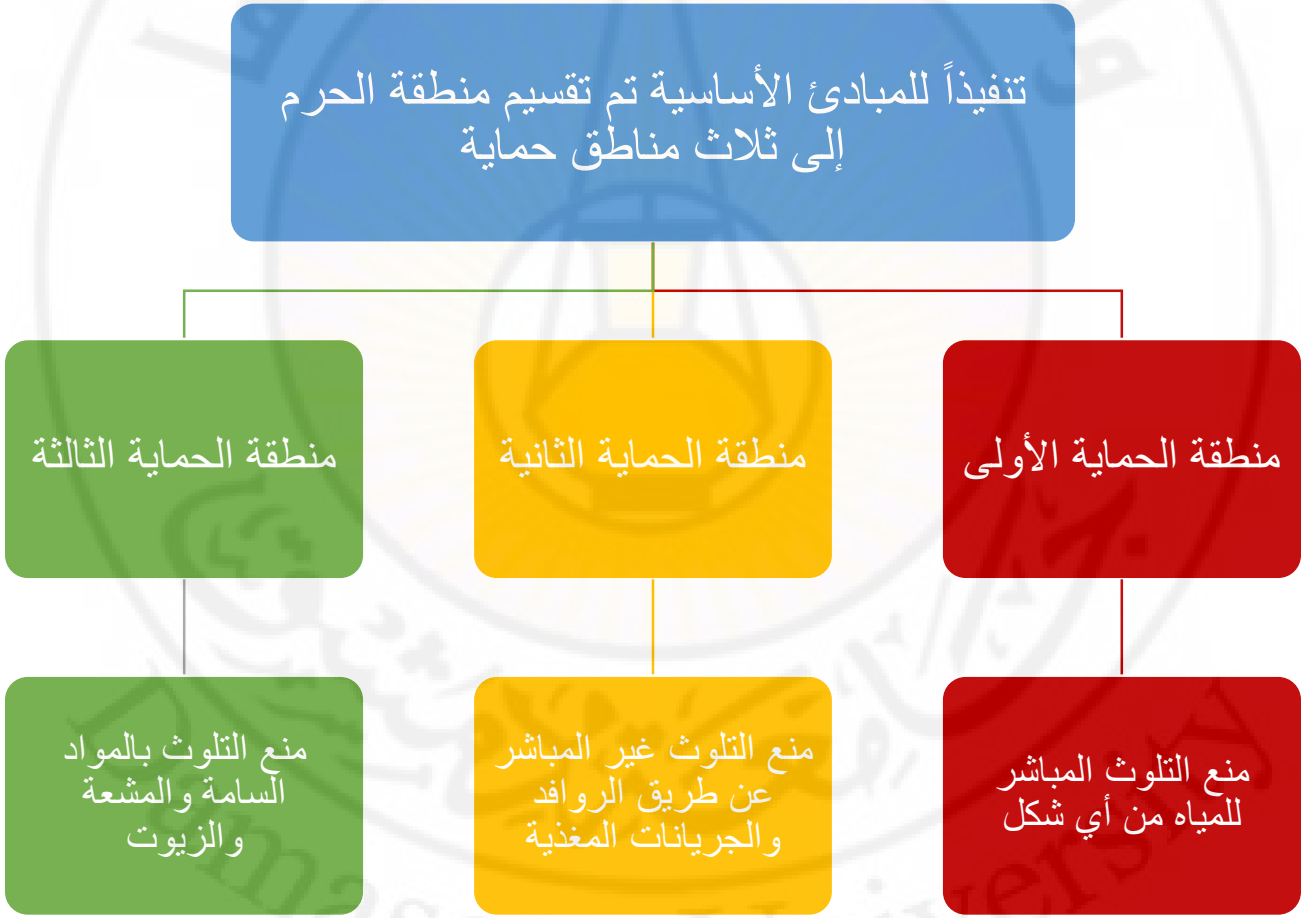
- من أجل حماية المصادر المائية المخصصة لأغراض الشرب من تسرب أي شكل من أشكال التلوث إليها توضع منطقة حماية حولها
- الهدف من مناطق الحماية
  1. منع وصول أية ملوثات تهدد حياة السكان
  2. منع وصول أية ملوثات تسبب رفع كلفة إجراءات التنقية الضرورية لجعل المياه قابلة للاستخدام البشري
  3. الحد من استنزاف الموارد المائية

- تنطلق أهمية حماية مصادر مياه الشرب من العوامل التالية:

1. ضرورة حماية صحة السكان
2. الحد من الآثار الاقتصادية والبيئية الناتجة عن تلوث المصادر المائية
   - تدمير البيئة الحية ضمن المصدر المائي
   - زيادة كلفة الحصول على مياه نظيفة
   - يمكن أن يصبح استخدام المصدر المائي غير مجد اقتصادياً
   - ضرورة البحث عن مصادر بديلة
3. استدامة المصدر المائي
4. يشمل مفهوم الحماية منع الاستخدام المفرط لمياه المصدر مما قد يؤثر سلباً على كمية المياه المتوفرة ونوعيتها
5. حماية المصدر كماً ونوعاً يؤدي إلى استدامة التجمع السكاني

- المبادئ الأساسية لتخطيط مناطق الحرم

1. منع تماس مياه لمصدر المائي مع المخلفات المنزلية والصناعية
   - صلبة أو سائلة
2. وضع المنطقة المحيطة مباشرة بالمأخذ المائي كمنطقة حرم يمنع فيها بشكل مطلق
   - استعمال الأسمدة والمبيدات
   - أي نشاط إنساني أو حيواني قد يؤدي إلى وصول ملوثات إلى المياه
3. مراقبة الحوض الصباب ومنع أي نشاط فيه قد يؤدي إلى
   - تلويث المياه بمواد سامة أو مشعة
   - وصول أية مخلفات يمكن أن تؤدي إلى رفع كلفة تنقية المياه بشكل كبير
   - وجود ملوثات يصعب استخلاصها من الماء
4. منع الملاحة ضمن مناطق الحرم
   - منع التلوث بالزيوت والمحروقات التي قد تنتج عن السفن
   - منع التلوث بنواتج غسيل عنابر السفن
5. الابتعاد بالمآخذ عن مراسي السفن والمرافئ النهرية


تنفيذاً للمبادئ الأساسية تم تقسيم منطقة الحرم إلى ثلاث مناطق حماية
منطقة الحماية الأولى
منطقة الحماية الثانية
منطقة الحماية الثالثة
منع التلوث المباشر للمياه من أي شكل
منع التلوث غير المباشر عن طريق الروافد والجريانات المغذية
منع التلوث بالمواد السامة والمشعة والزيوت


عند تحديد مناطق الحماية يجب أخذ الواقع على الأرض بالحسبان
تناسب الحدود بين مناطق الحماية تقسيم الأراضي
يمكن تحديد موقع أية قطعة أرض بالنسبة لمواقع الحماية بوضوح
تمر على أطراف حدود الملكية
تمر على أطراف الطرقات والممرات

- منطقة الحماية الأولى
  - المنطقة المحيطة مباشرة بالمأخذ
  - عند اختيارها يجب مراعاة
    - جهة الجريان السطحي
    - جهة الجريان الجوفي
    - جهة ميول الأرض
    - تشمل في حال البحيرات
      - شريطاً حول البحيرة عرضه الأدنى 100m اعتباراً من حدود البحيرة عند منسوب المياه الأعظمي
      - إضافة للمناطق المعرضة للغمر والجرف عند الفيضان
  - النشاطات في المنطقة
    - يمنع أي نشاط إنساني أو حيواني أو صناعي
    - تزرع بأشجار حراجية في حال مآخذ المياه السطحية
    - تحول إلى مروج في حال مآخذ المياه الجوفية
    - يقتصر الدخول إليها على الموظفين والعمال اللازمين لتأمين تشغيل وصيانة المأخذ

- منطقة الحماية الثانية
  - تحيط بمنطقة الحماية الأولى
  - تشمل
    - الروافد مع المناطق المحيطة بها
    - مناطق الجريان الجوفي المغذي
    - حزام بعرض 200 m حول المنطقة الأولى
    - شريطاً بعرض 100 m حول الروافد السطحية التي تصب ضمن منطقة الحماية الأولى
  - النشاطات في المنطقة
    - يمنع رشح مياه الصرف المنزلية والصناعية
      - يمنع إقامة التجمعات السكانية والمخيمات السياحية
      - يمنع إقامة المعامل
      - يمنع إنشاء مواقف السيارات ومحطات خدمة وغسيل السيارات
      - يمنع تربية الحيوانات
      - يسمح بزراعة الأراضي دون استخدام الأسمدة والمبيدات

- منطقة الحماية الثالثة
  - تشمل
    - تتمة الحوض الصباب في حالتي المياه الجوفية والبحيرات
    - المنطقة الكافية للتخلص من الملوثات بالتنقية الذاتية في حال الأنهار
  - النشاطات في المنطقة
    - يمنع أي نشاط قد يؤدي إلى التلوث بالزيوت أو المركبات الكيميائية أو المواد المشعة

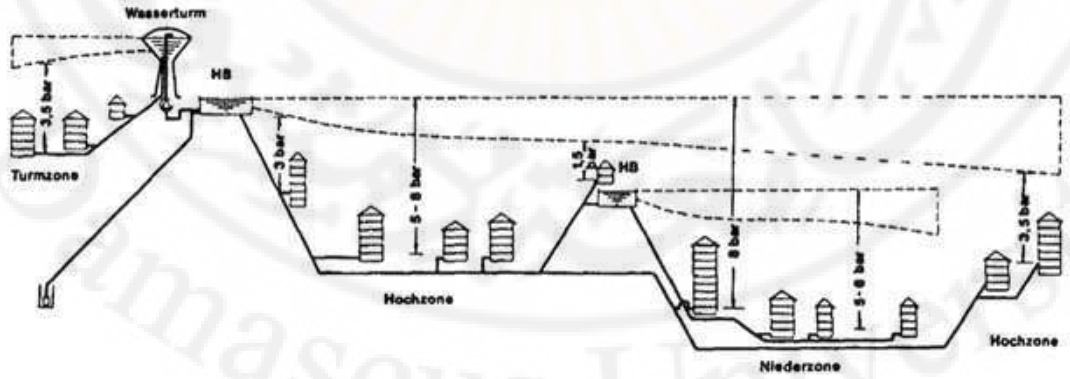
- انطلاقاً من مبادئ الاستدامة يجب خلال التخطيط لاستخدام مصدر مائي القيام بالإجراءات التالية:
  - وضع تصور طويل الأمد لوضع المصدر المائي يشمل
    - مخزون المياه في المصدر
    - دراسة معادلة التوازن المائي
    - أخذ الاستخدامات الحالية والمستقبلية لمياه المصدر بالحسبان
    - تحديد مصادر التلوث المحتملة وطرق وصول الملوثات إلى المياه
  - وضع الاستراتيجيات اللازمة لمواجهة الأخطار والحالات الطارئة
  - وضع مخطط طويل الأمد للحفاظ على مياه المصدر نوعاً وكماً
  - وضع الأطر القانونية والإدارية اللازمة لتنظيم استخدامات المصدر

أنظمة التغذية بالمياه

- يتم تأمين الضاغط البيزومتري اللازم لإيصال المياه إلى نقطة الاستهلاك عن طريق:
  - إنشاء خزان عال بارتفاع مناسب
  - تركيب مضخة على الجملة باستطاعة كافية



- العوامل المؤثرة مباشرة على مواصفات وموقع واستطاعة وتشغيل الخزانات والمضخات:
  1. الظروف الطبوغرافية
  2. موقع منطقتي التغذية والاستهلاك
  3. تغيرات الاستهلاك مع الزمن
  4. الغزارة العظمى التي يمكن أن تنقلها أنابيب الشبكة

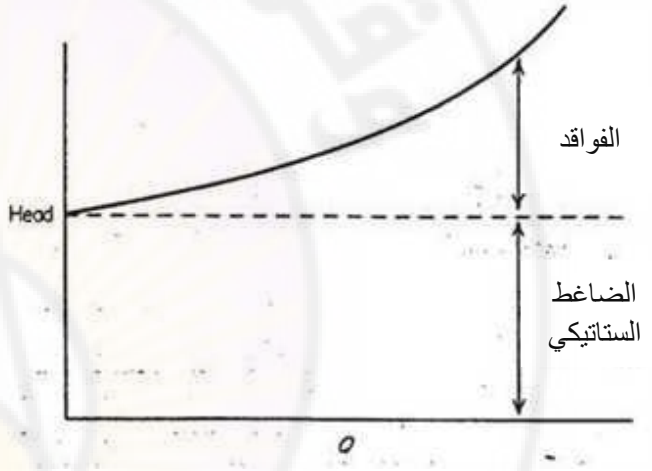


الخط المميز للنظام

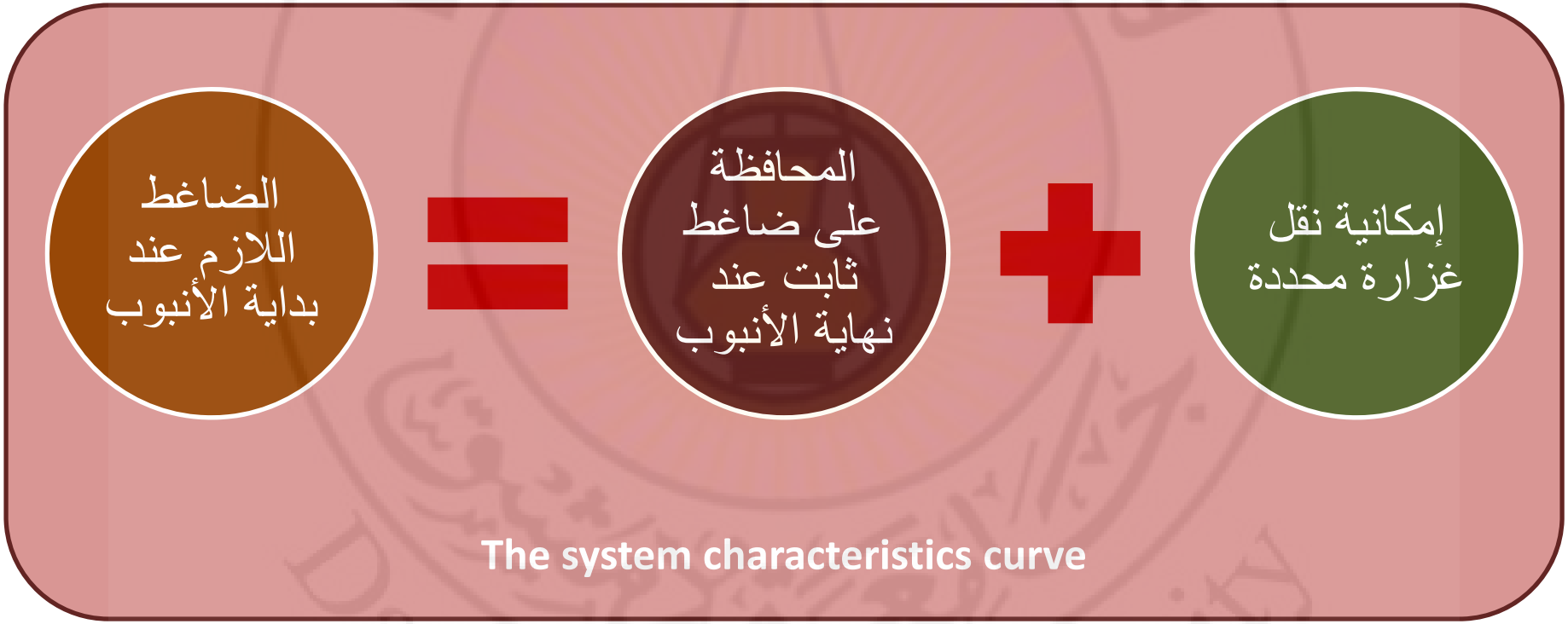
الخط المميز للنظام

الغزارة التي يمكن أن ينقلها أنبوب محدد إذا عرف:

- الطول
- القطر
- معامل الاحتكاك
- الميل

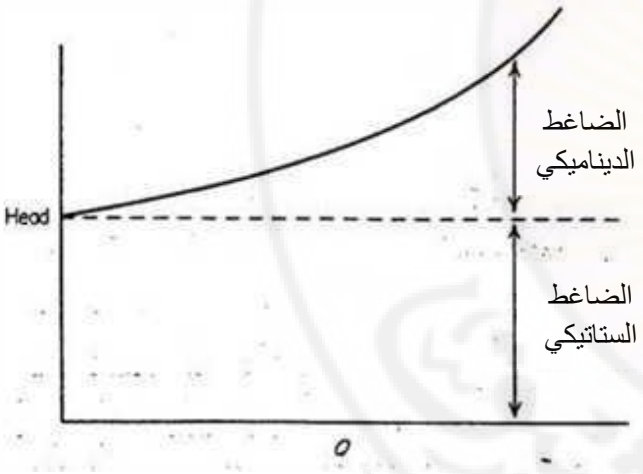


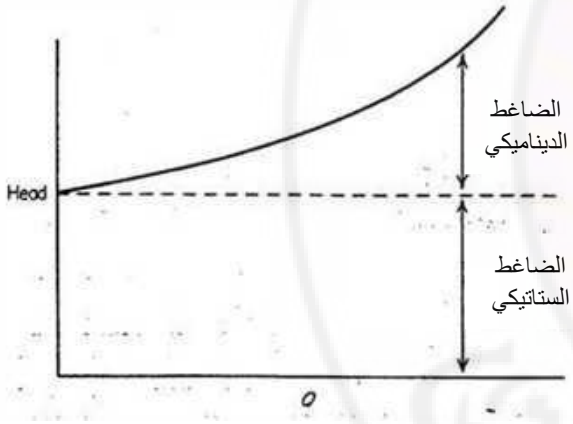
$$H_s = H_{st} + H_{dyn}$$


الضاغط اللازم عند بداية الأنبوب
=
المحافظة على ضاغط ثابت عند نهاية الأنبوب
+
إمكانية نقل غزارة محددة
The system characteristics curve

- يتم التعبير عن الغزارة الأعظمية التي يمكن لأنبوب (أو نظام) نقلها باستخدام الخط المميز للأنبوب (النظام)
  - يعبر الخط المميز عن:
    - قيمة الغزارة Q التي يمكن إمرارها من أنبوب معين ،إذا كان الضاغط المطبق عند نقطة التغذية H
    - الضاغط الكلي H_s اللازم لمرور غزارة معينة قدرها Q ضمن الأنبوب
      - يتألف الضاغط الكلي من ضاغط ديناميكي H_{dyn} وضاغط ستاتيكي H_{st}:

$$H_s = H_{st} + H_{dyn}$$





– الضاغط الديناميكي:

- الضاغط اللازم للتغلب على الفواقد الطولية والمحلية في أنبوب النقل

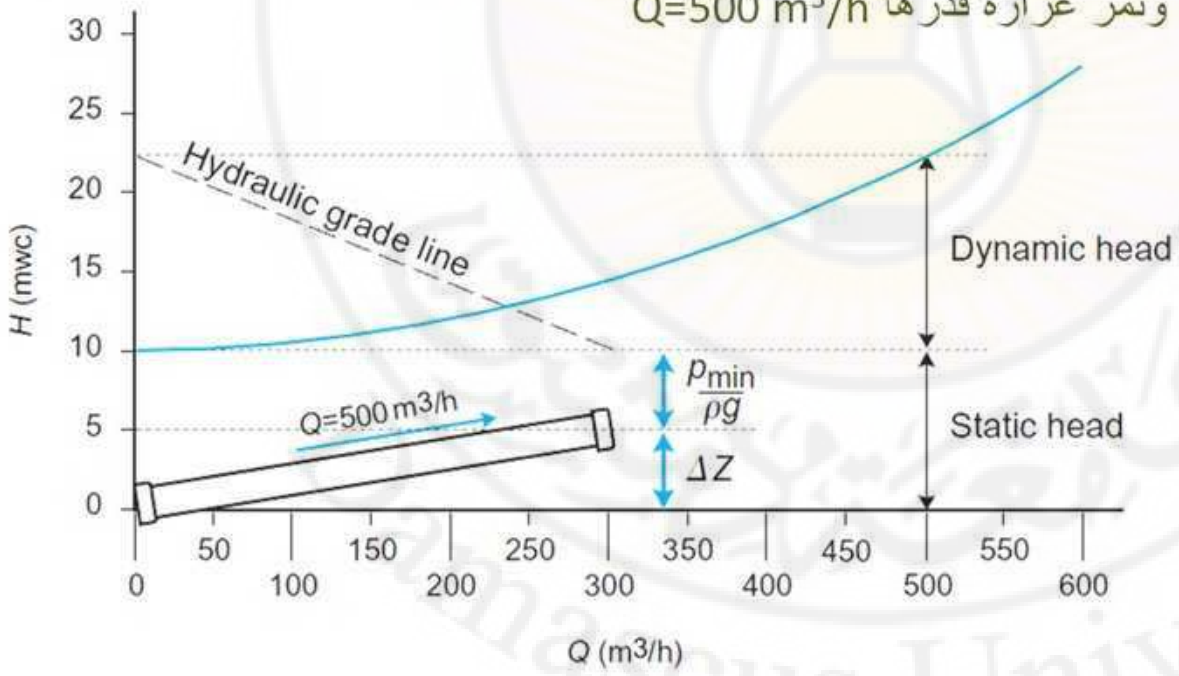
$$H_{dyn} = h_f + h_m = (R_f + R_m) \cdot Q^2$$

– الضاغط الستاتيكي:

- يتعلق بشكل النظام وليس بالغزارة المارة عبره، ويتألف من:
  - فرق المنسوب ΔZ_{A-B} بين بداية الأنبوب (نقطة التغذية A) ونهايته (نقطة الاستهلاك B)
  - الضغط المتبقي في نهاية الأنبوب عند نقطة الاستهلاك

$$H_{st} = \Delta Z_{A-B} + \frac{p}{\rho \cdot g}$$

- من الخط المميز للأنبوب المعطى في المخطط المرفق يتبين التالي:
  - عند تأمين ضاغط ستاتيكي في بداية الأنبوب قدره H_{st}=10 mwc ترتفع المياه إلى نهاية الأنبوب بمقدار فرق المنسوب ΔZ، ويتم الحصول على ضغط متبقي 5 m في نهاية الشبكة لكن لاتمر المياه ضمن الأنبوب Q=0 m^3/h
  - عند تأمين ضاغط في بداية الشبكة 22.5 m يتم إيصال المياه إلى نهاية الأنبوب والحصول أيضاً على ضاغط متبقي قدره 5 m، وتمر غزارة قدرها Q=500 m^3/h



$$H_{st} = \Delta Z + \frac{P_{\min}}{\rho g} = 10\ m$$

$$\Delta Z = 5\ m$$

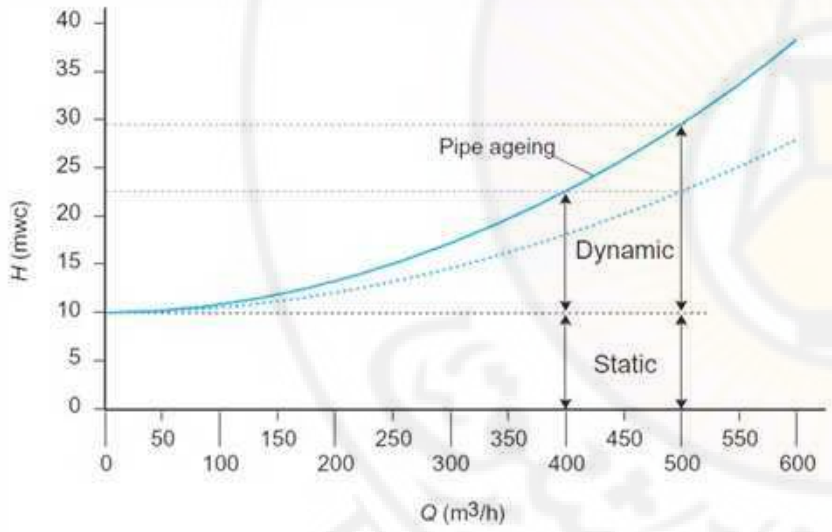
$$\frac{P}{\rho g} = 5\ m$$

$$H_{dyn} = RQ^2$$

$$Q = 500\ m^3/h \Rightarrow H_{dyn} = 12.5\ m$$

- يتغير ميل الخط المميز للأنبوب تبعاً لتغيرات الفواقد فيه
  - يمكن أن يزداد ميل الخط المميز للأنبوب عند زيادة الفواقد بسبب:
    1. إغلاق جزئي لصمام
    2. تقادم الأنابيب
    3. توسيع الشبكة
  - تؤدي زيادة ميل الخط المميز للأنبوب لانخفاض سعة نقله الأعظمية
  - يمكن إعادة الغزارة إلى قيمتها الأصلية باستبدال الأنبوب بآخر بقطر أكبر أو إضافة أنبوب على التفرع
    - إعادة الفواقد إلى وضعها الأصلي

- إذا لـم يكـن بالإمكـان تفـادي زيـادة الفواقـد فـي النظـام، يلـزم زيـادة الطاقـة المقدمـة للحصـول علـى الغزارة اللازمة
- الشكل المرفق يوضح التالي:
  - عندما يكون النظام جديداً: .....
    - يلزم ضاغط قدره 22.5 m لإمرار غزارة قدرها 500 m^3/h
  - عند تقادم النظام: ———
    - يجب زيادة الضاغط المقدم إلى 30 m من أجل الحفاظ على غزارة مضخوخة قدرها 500 m^3/h
    - إذا تمت المحافظة على ضاغط 22.5 m تنخفض الغزارة المضخوخة إلى 400 m^3/h



$$H_s = H_{st} + H_{dyn} = \Delta Z + \frac{P}{\rho g} + R^{\uparrow} Q^{2\downarrow}$$

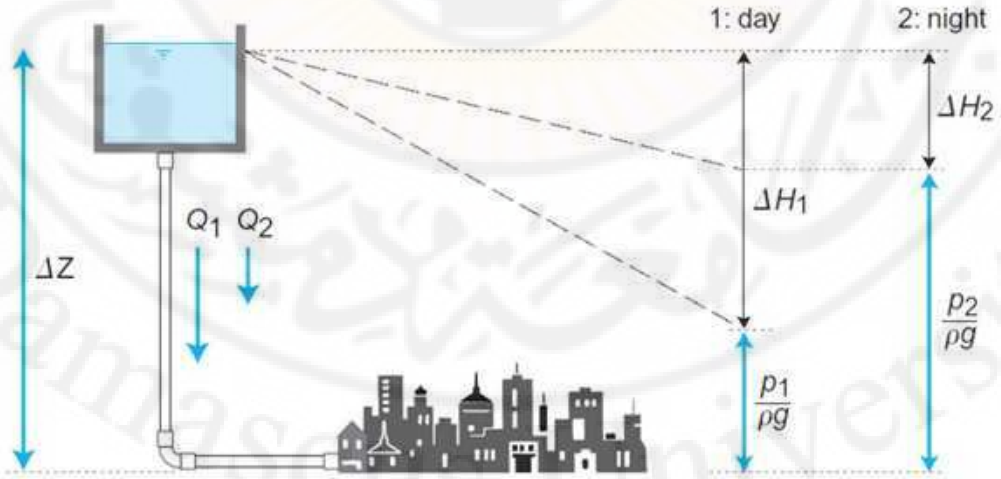
أنظمة التغذية بالمياه

- يتم تأمين الضاغط اللازم لإيصال المياه إلى نقطة الاستهلاك بضاغط وغزارة معينين عن طريق:
  - إنشاء خزان بارتفاع مناسب (نظام الثقالة)
  - تركيب مضخة بطاقة كافية (نظام الضخ)
  - خزان مع مضخات (الأنظمة المركبة)

نظام الثقالة

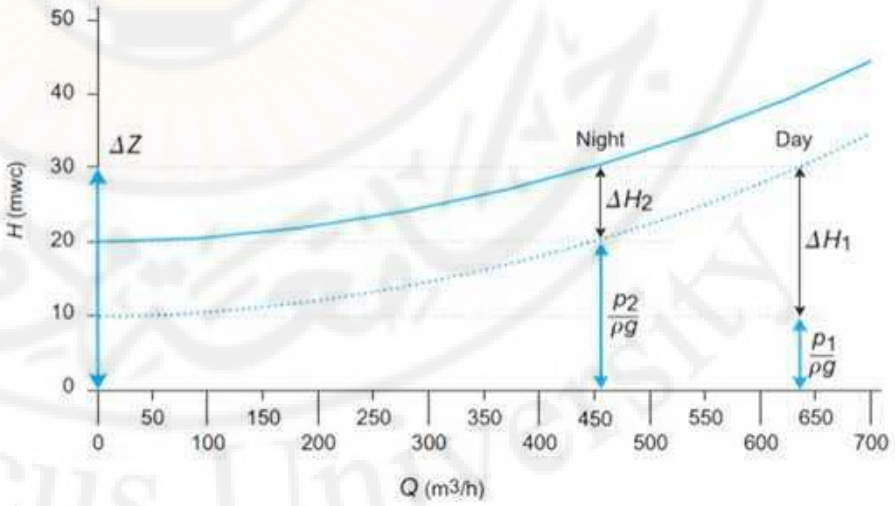
- يتم تقديم الطاقة اللازمة لإمرار المياه بالغزارة والضاغط اللازمين عن طريق فرق المنسوب بين مدخل ومخرج المياه ΔZ
- تتعلق تغيرات الضاغط في النظام بتغيرات استهلاك المياه فقط

$$\Delta Z = R \cdot Q^2 \uparrow + \frac{P_{end}}{\rho \cdot g} \downarrow = R \cdot Q^2 \downarrow + \frac{P_{end}}{\rho \cdot g} \uparrow$$



- يمكن تحديد الغزارة الأعظمية التي يمكن تأمينها اعتماداً على الخط المميز للنظام
  - من أجل ارتفاع محدد للخزان ΔZ
  - ومن أجل ضاغط محدد عند نهاية الشبكة $\frac{p_{end}}{\rho \cdot g}$
- من الخط المميز للنظام ومن أجل ΔZ=30 m
  - يمكن تأمين 450 m^3/h عند $p_{end}/\rho.g$=20 m
  - يتم تأمين غزارة 630 m^3/h عند $p_{end}/\rho.g$=10 m

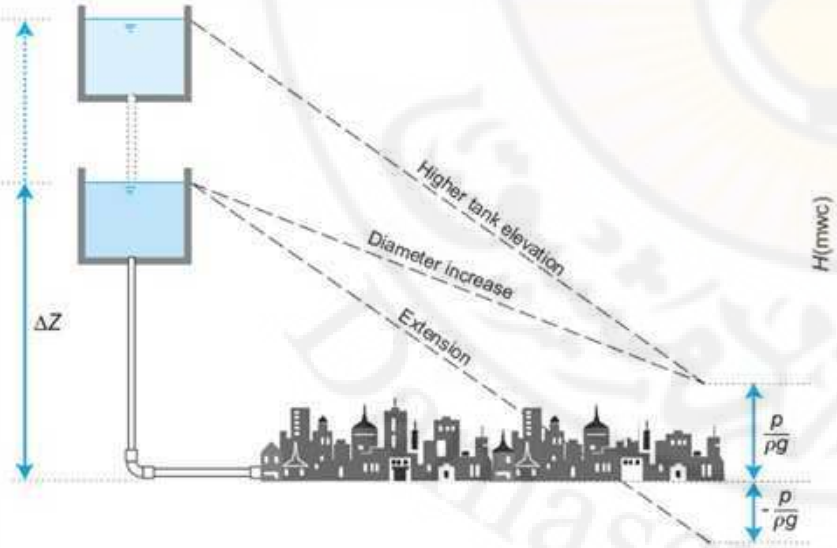
$$\Delta Z = R \cdot Q^2 + \frac{P_{end}}{\rho \cdot g}$$

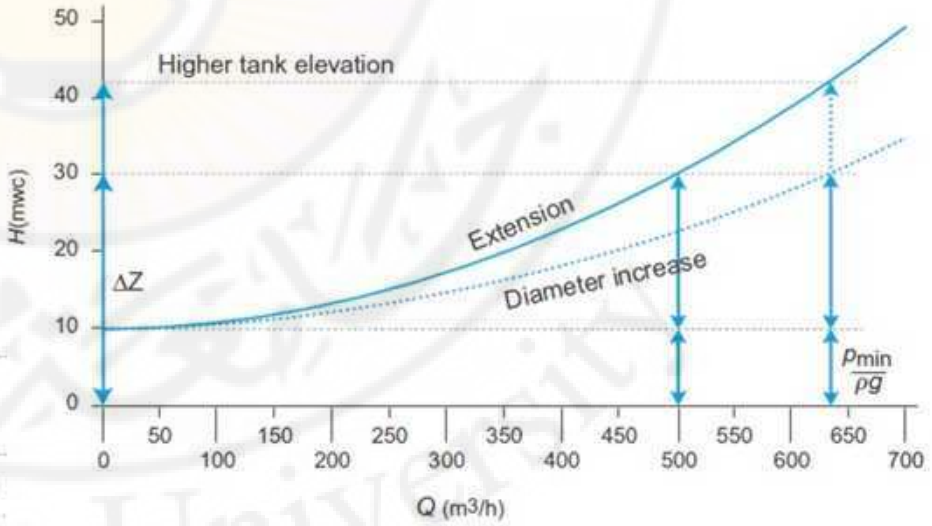


- عند توسيع شبكة المياه (زيادة أطوال الأنابيب) تتراجع كمية المياه المتاحة للسكان بسبب زيادة الطلب على المياه وزيادة طول الشبكة
- يمكن حل المشكلة باتباع أحد الأساليب التالية أو كلها:

1. رفع منسوب الخزان
   - هذا الحل غير ممكن التحقيق
2. زيادة قطر أنبوب التغذية
3. إضافة أنبوب على التوازي
4. إضافة مضخة باستطاعة مناسبة (نظام مختلط)

$$H_s = \Delta Z + R \uparrow \cdot Q^2 \downarrow$$

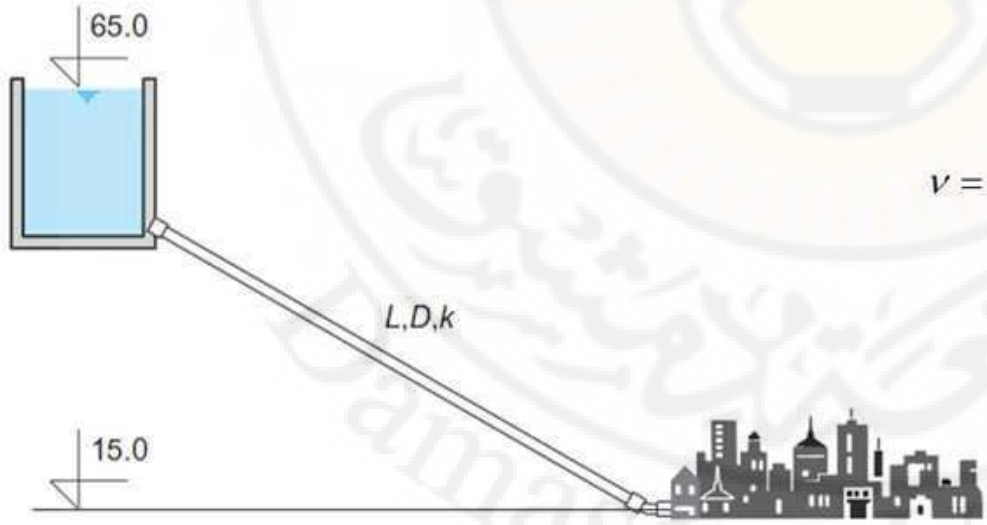




- مسألة 5-1:

– في الشبكة الظاهرة في الشكل المرفق يطلب إيجاد الغزارة الأعظمية الممكن أن ينقلها الأنبوب وفقاً للمعطيات التالية:

- L=3000 m, D=800 mm, k=0.5 mm
- الضاغط المطلوب عند بداية المدينة 35 m
- درجة حرارة المياه T=10 C^{o}

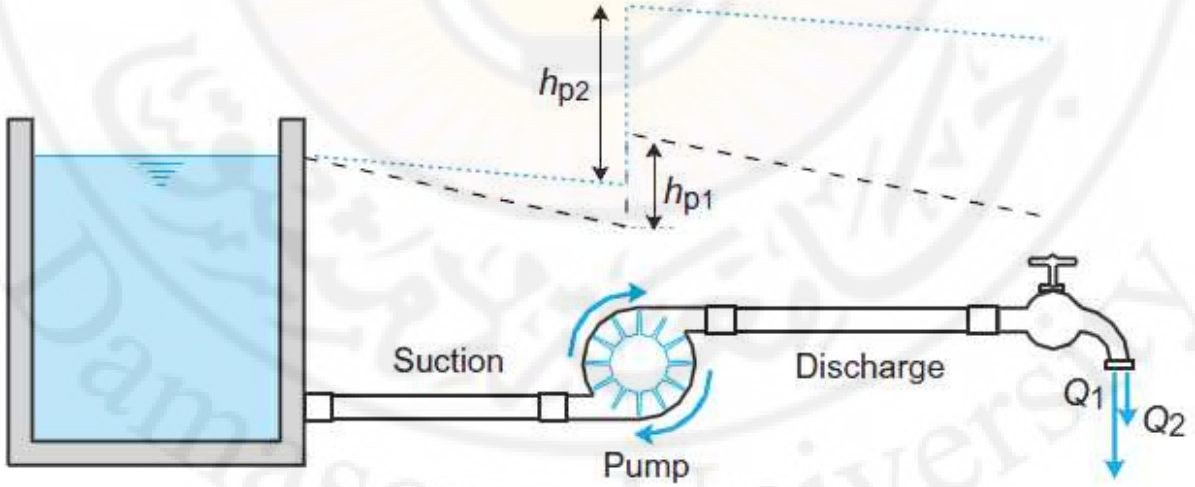


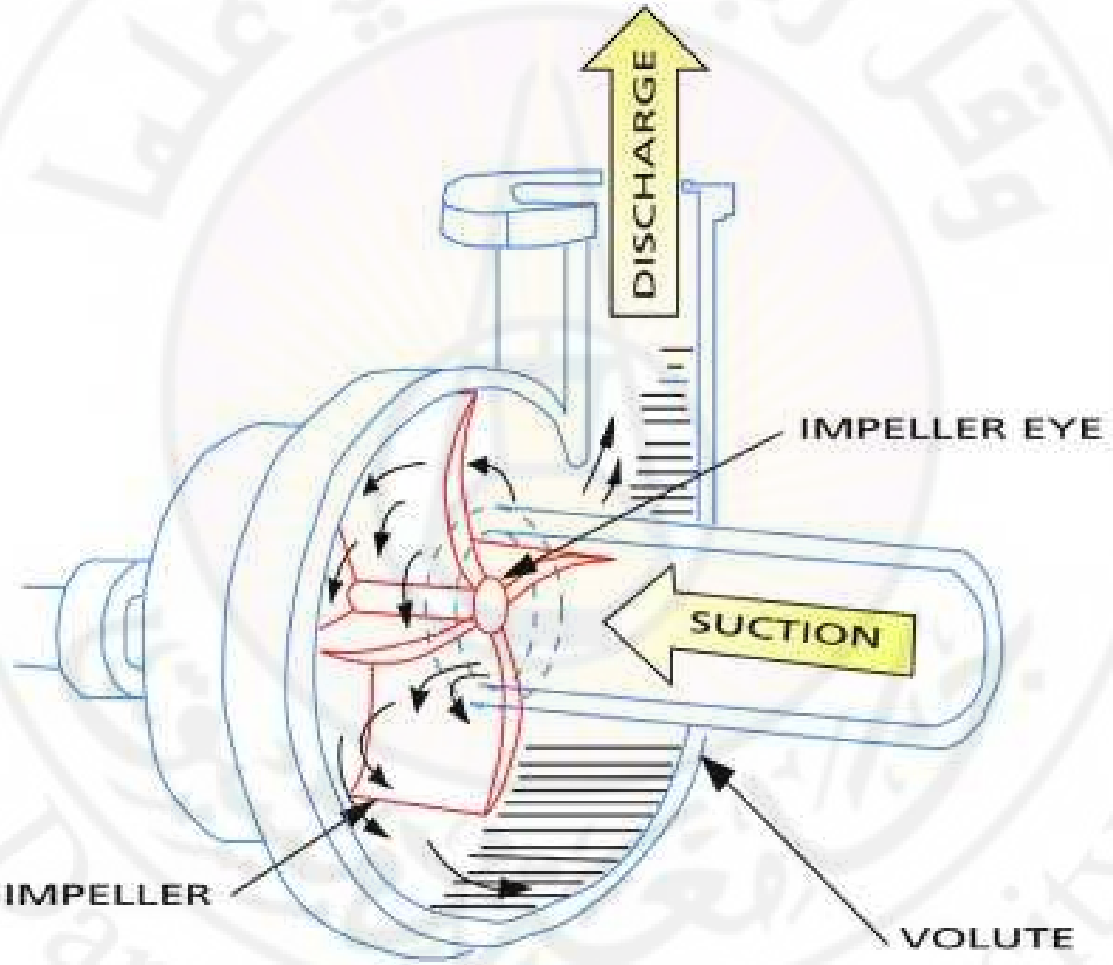
$$\nu = \frac{497 \cdot 10^{-6}}{(T + 42.5)^{1.5}}$$

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{k}{3.7 \cdot D} + \frac{5.74}{\mathrm{Re}^{0.9}}\right)\right]^2}$$

نظام الضخ

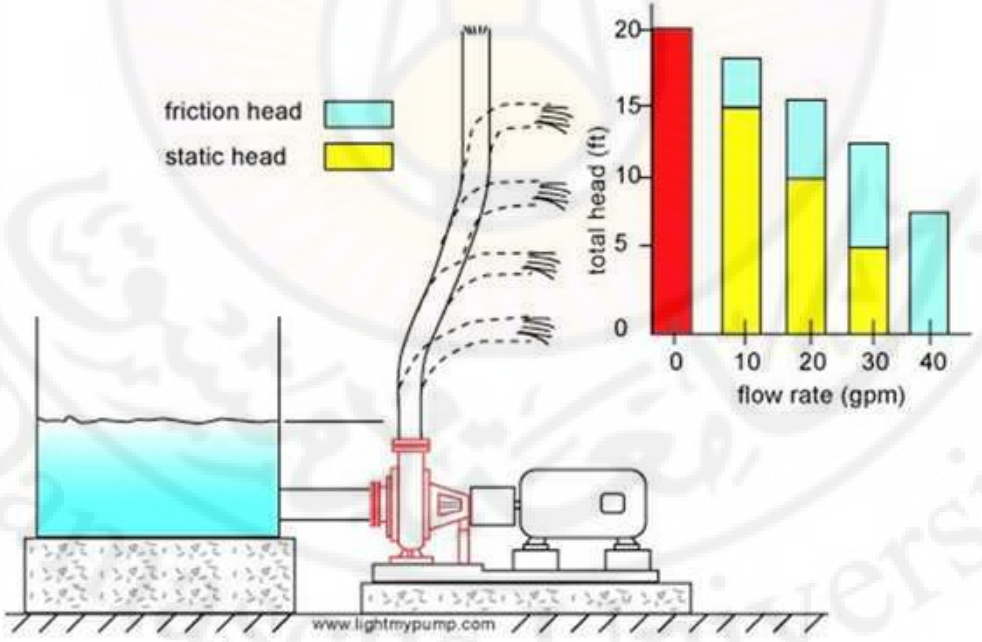
- عند تركيب مضخة:
  - تقوم المضخة بتقديم الطاقة اللازمة لتحريك المياه ضمن النظام
  - تظهر هذه الطاقة بشكل ضاغط
  - يمثل ضاغط المضخة h_p: الفرق بين مستويي الطاقة عند مدخل المضخة (أنبوب السحب) وعند مخرجها (أنبوب الضخ)

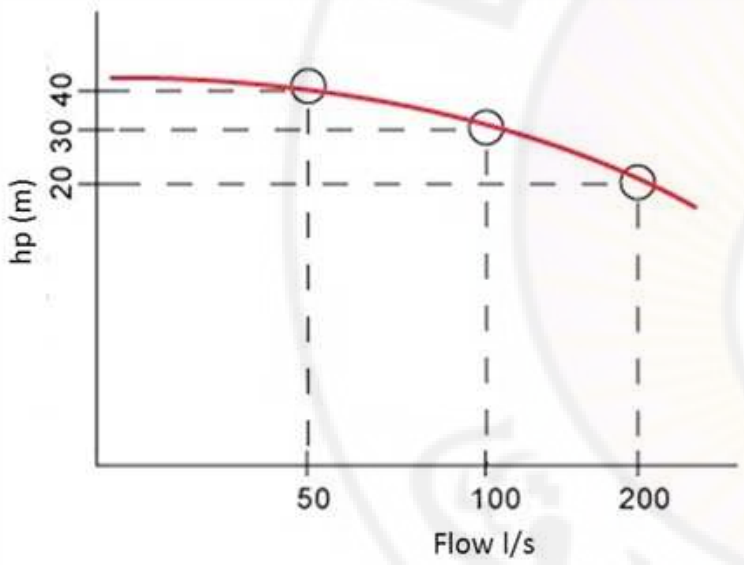



DISCHARGE
IMPELLER EYE
SUCTION
IMPELLER
VOLUTE

المنحنيات المميزة للمضخة

- يتم وصف الأداء الهيدروليكي للمضخة باستخدام المنحني المميز للمضخة
  - يظهر العلاقة بين رفع المضخة وغزارة الضخ
    - من أجل غزارة معينة يتم الضخ إلى ارتفاع معين
    - يتناسب الارتفاع عكساً مع الغزارة





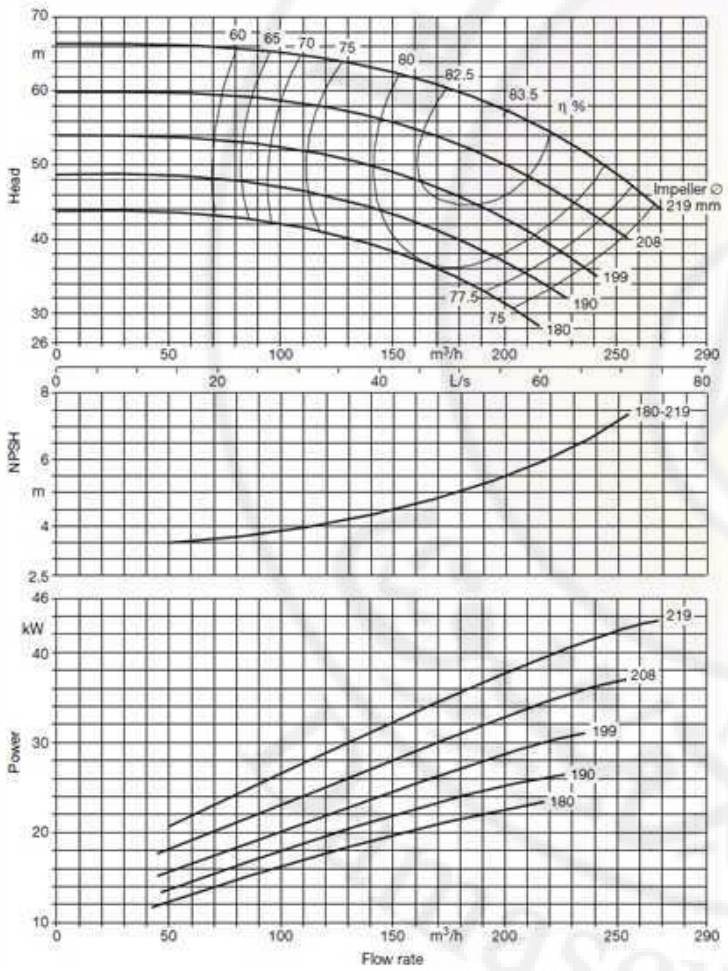
- من أجل عدد معين من دورات المضخة توجد علاقة بين الغزارة المضخوخة وارتفاع الضخ من الشكل

$$h_p = aQ^2 + bQ + c$$

- هناك شكل آخر للمعادلة يمكن استخدامه

$$h_p = c - aQ^b$$

  - a, b, c: ثوابت تتعلق بنوع المضخة والواحدات المستخدمة
  - برسم هذه العلاقة نحصل على منحني يسمى الخط المميز للمضخة

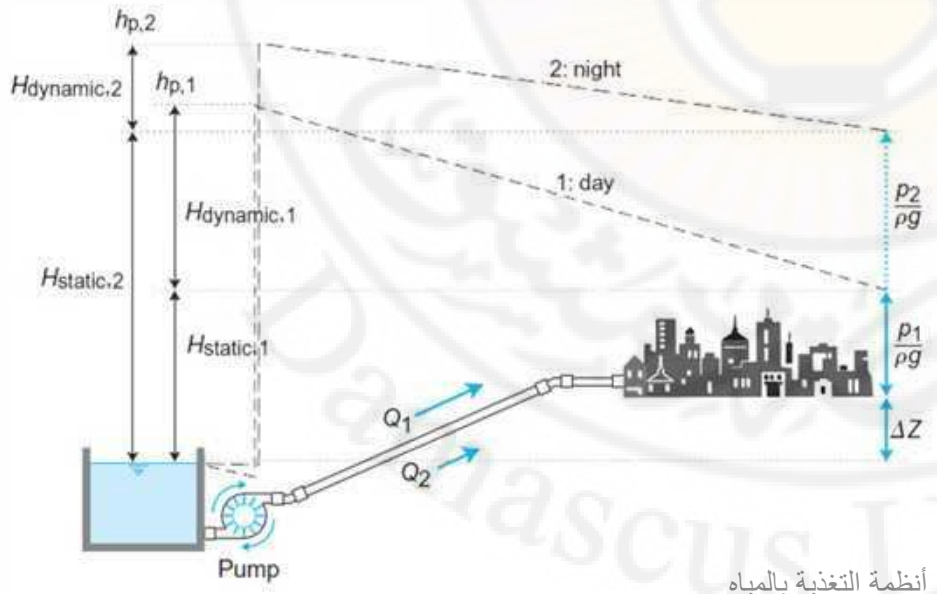


- تعطـــى المنحنيـــات المميـــزة للمضخة من الشركة الصانعة
  - تكون بمثابة هوية لها
  - يظهـر الشـكل حزمـة المنحنيـات المميزة لنموذج مضخة من أجل أقطار فراش متعددة

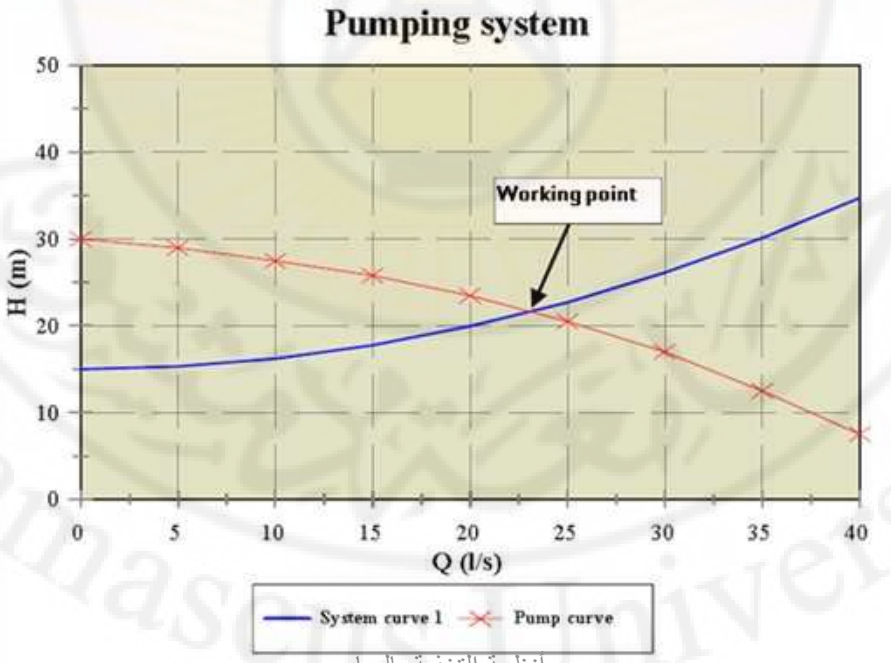
- تقوم المضخات برفع المياه من منسوب منخفض إلى منسوب أعلى، ويعطى ضاغط المضخة بالعلاقة:

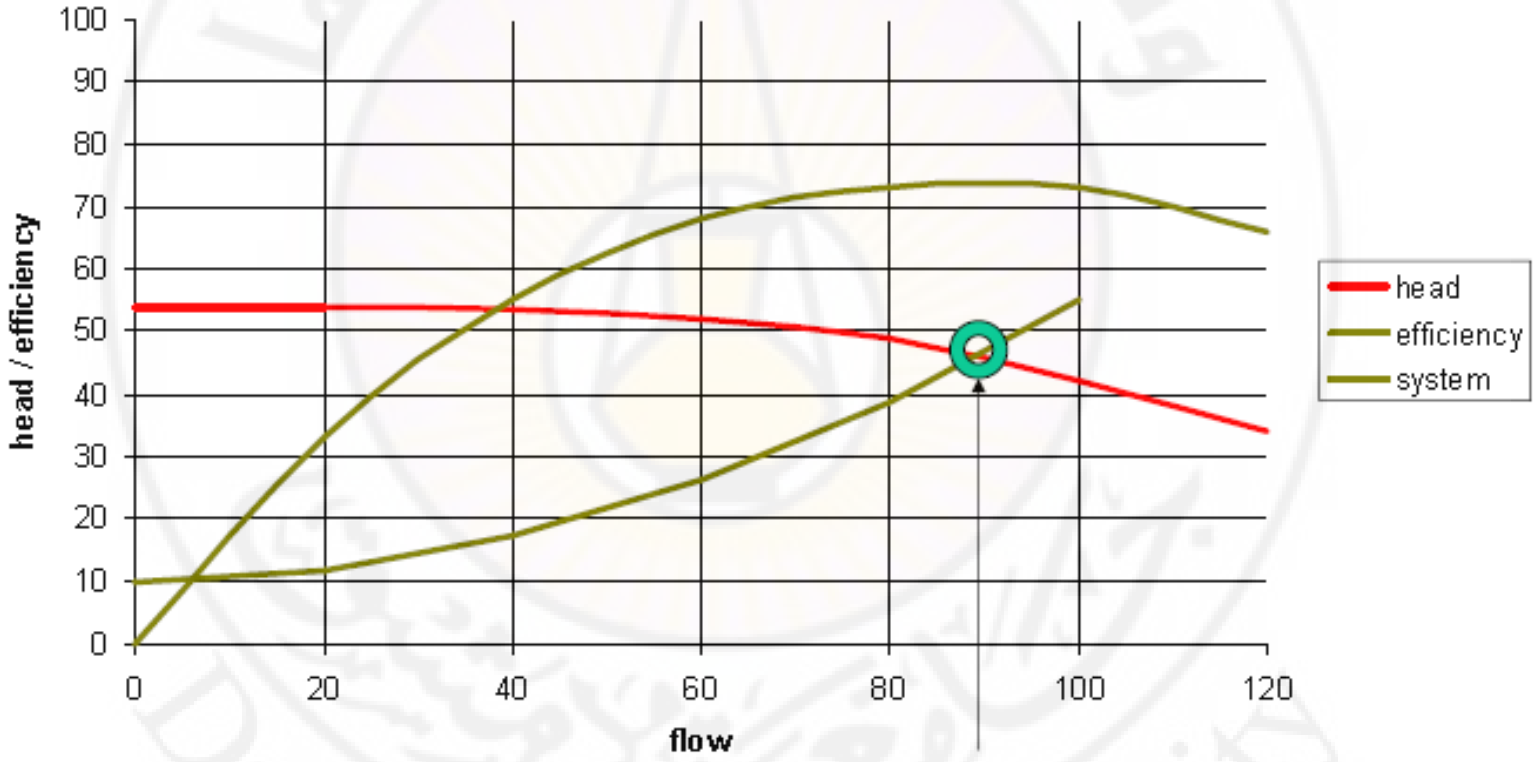
$$h_P = H_{dyn} + \underbrace{\Delta Z + \frac{P_{end}}{\rho \cdot g}}_{\text{الضاغط الستاتيكي}}$$

- عند ضخ المياه مباشرة في شبكة التغذية يتم مراعاة تغيرات الاستهلاك عن طريق تنظيم برنامج عمل للمضخة (المضخات)
- الضاغط اللازم خلال ساعات النهار أعلى منه خلال الليل
  - بسبب زيادة الطلب على المياه وبالتالي زيادة الفواقد
- النتيجة انخفاض الضاغط خلال النهار وارتفاعه خلال الليل



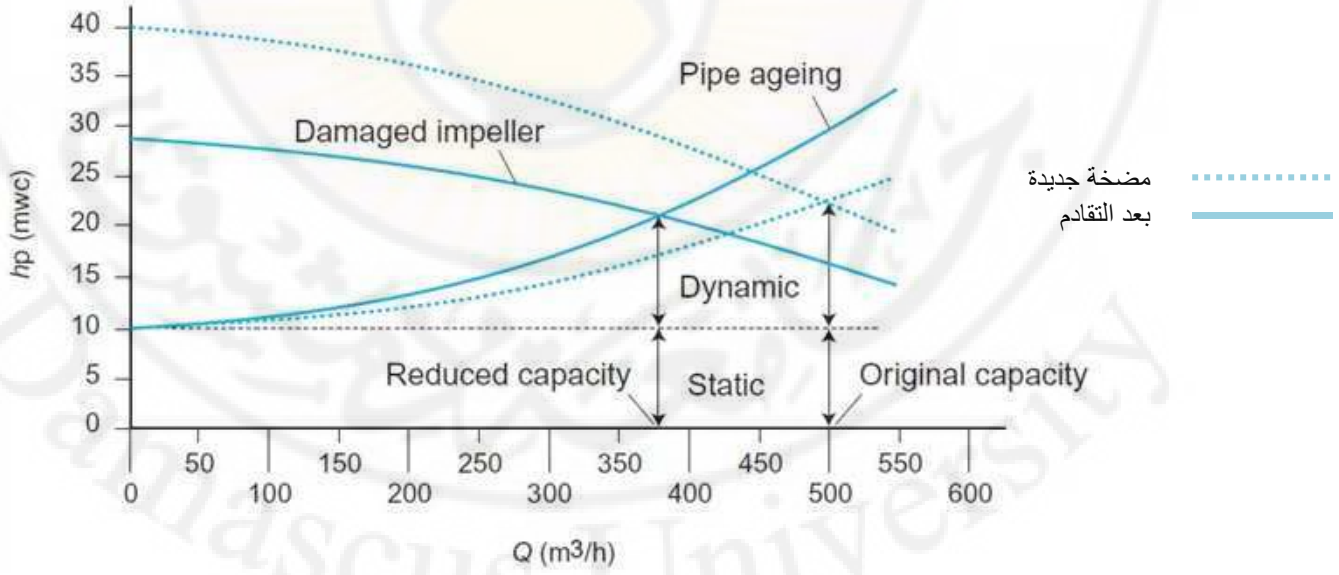
- عند ضخ المياه في شبكة تغذية، يتم تحديد غزارة الضخ والضاغط من الخط المميز لكل من المضخة والشبكة
  - تسمى نقطة تقاطع المنحنيين نقطة العمل المشتركة
  - تحدد ضاغط المضخة اللازم لضخ كمية المياه المطلوبة وتأمين الضاغط الستاتيكي المطلوب
    - فرق المنسوب + الضاغط الواجب توفره عند نقطة المخرج





Pump operates where pump and system curve intersect

- تتغير طاقة الضخ الأعظمية للمضخة مع الزمن (الغزارة والضاغط) لأحد (أو لكل) الأسباب التالية:
  1. قدم فراش المضخة
  2. صدأ أنبوب الضخ
  3. زيادة التسربات
  - ينتج عن ذلك نقص الغزارة الأعظمية التي يمكن ضخها



- الطاقة الواجب أن تقدمها المضخة لرفع المياه N (Watt)

$$N = \rho g Q h_P$$

حيث Q(m^3/s) غزارة الضخ

- يلزم لتدوير المضخة طاقة أكبر بسبب فواقد الطاقة ضمن المضخة

$$N_P = \frac{\rho g Q h_P}{\eta_P}$$

حيث η_p مردود المضخة، يتعلق بنموذج المضخة ومجال عملها

- الطاقة التي يجب أن يقدمها محرك المضخة:

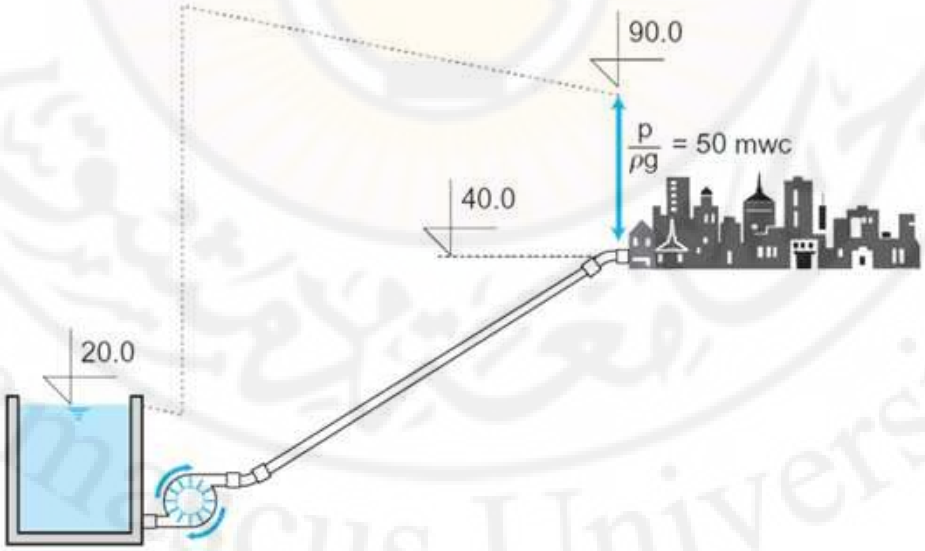
$$N_m = \frac{N_P}{\eta_m}$$

– حيث η_m مردود المحرك

- مسألة 2-5:

– في نظام التغذية بالضخ المعطى في الشكل التالي يطلب:

- تحديد الضاغط اللازم للتزويد بغزارة قدرها $Q=4000\ m^3/h$ مع تحقيق ضاغط متبقي عند مدخل المدينة قدره 50 m
- مواصفات الأنبوب $k=0.4\ mm\ d=700\ mm\ L=3000\ m$
- تفرض درجة حرارة المياه 10°C

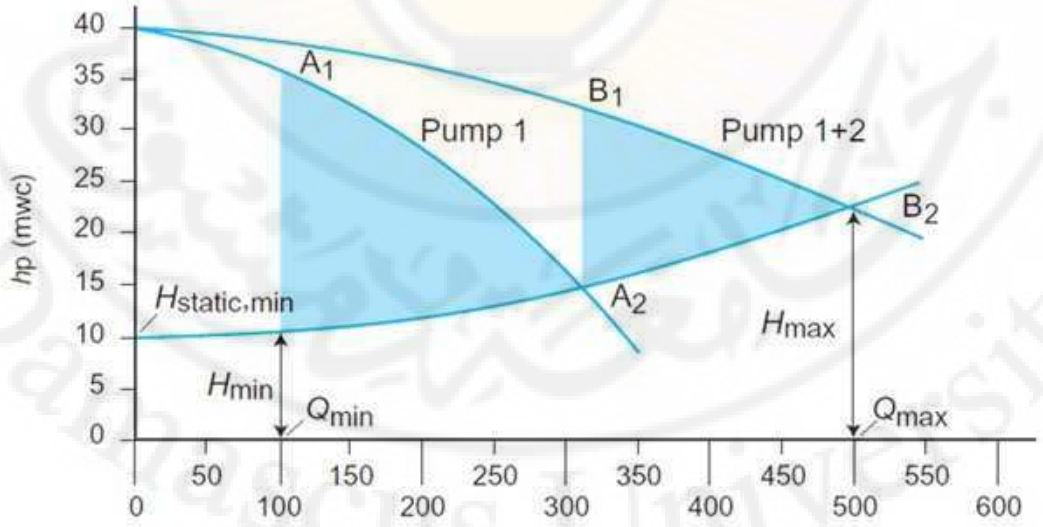


عمل مجموعة مضخات

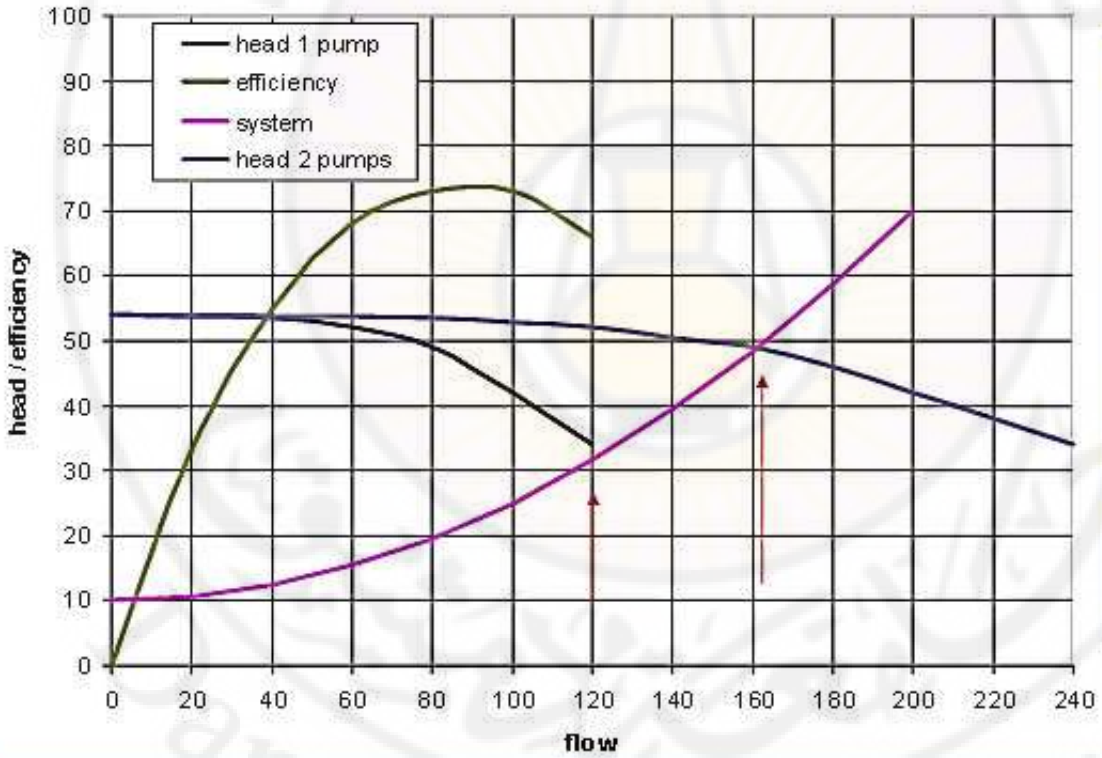
- الوصل على التوازي:
  - يتم الحصول على الخط المميز لجملة مضخات موصولة على التوازي بجمع غزارات الضخ ΣQ_i من أجل ضاغط ثابت h_p
  - من أجل n مضخة يمكن كتابة المعادلتين التاليتين:

$$h_p = h_1 = h_2 = \cdots = h_n$$

$$Q_p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \cdots + Q_n$$



Pump hydraulics, single + dual pump



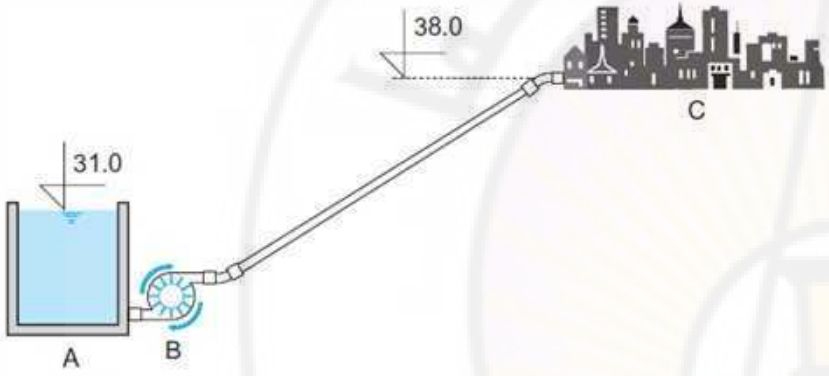
Example

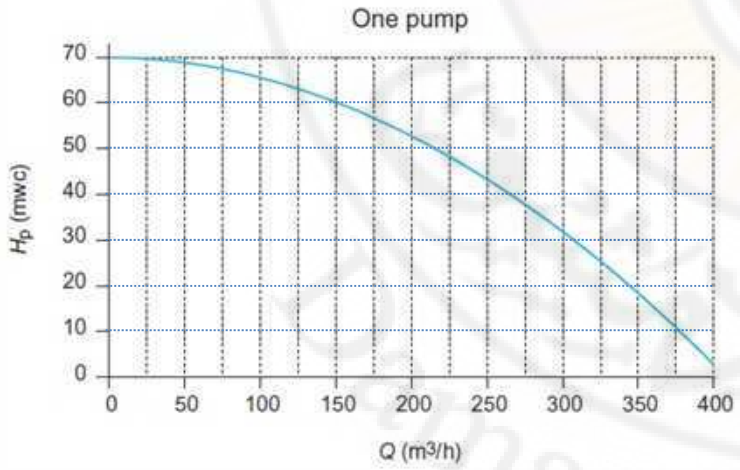
1 pump running:
total flow = 120 m3/h

2 pumps running:
total flow = 160 m3/h
flow per pump = 80 m3/h

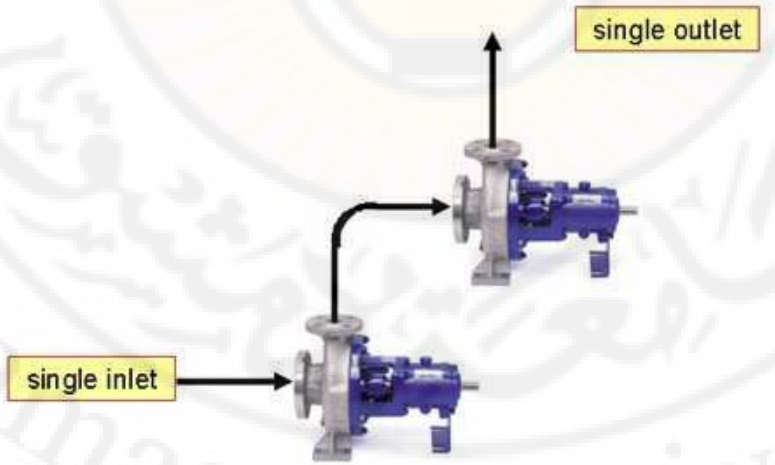
Note with 1 pump running, flow is more than 1/2 of 2 pumps running

- المسألة 5-3:
  - تقوم محطة الضخ B بتغذية شبكة المياه في المدينة C من الخزان A، يعطى الخط المميز للمضخة في المخطط المرفق
  - مواصفات الأنبوب:
    - $\lambda = 0.02$ ، $L=1100$ m ، $d=250$ mm
  - الضاغط الأدنى المطلوب تحقيقه عند مدخل المدينة 25 m
  - المطلوب:
    1. تحديد الغزارة العظمى التي يمكن ضخها عند عمل مضخة واحدة
    2. تحديد استطاعة محرك المضخة إذا كان $\eta_p=0.75$, $\eta_m=0.85$
    3. تحديد الغزارة العظمى التي يمكن ضخها إذا عملت مضختان متماثلتان موصولتان على التوازي
    4. تحديد الغزارة العظمى التي يمكن ضخها في الحالتين 1 و 3 إذا وصل أنبوب آخر مماثل على التوازي مع الأنبوب المعطى





- الوصل على التسلسل:
  - يستخدم في حال وجود تغيرات كبيرة في الضاغط مع بقاء تغيرات الغزارة المضخوخة ضمن حدودها الدنيا
  - تضخ الأولى المياه إلى الثانية التي تضخ المياه بدورها إلى الثالثة...، وتضخ الأخيرة المياه في أنبوب الضخ
  - شرط عمل مجموعة مضخات موصولة على التسلسل أن تكون الغزارة التي تضخها كل مضخة أكبر من الغزارة الكلية المراد ضخها

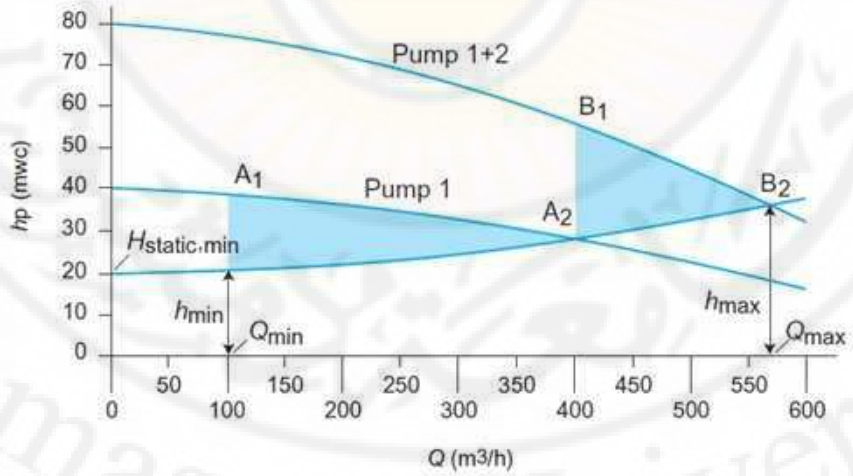


– الضاغط الكلي لجملة مضخات موصولة على التسلسل هو مجموع ضواغط المضخات المنفردة

- يتم الحصول عليه من الخطوط المميزة للمضخات بجمع ضواغط المضخات المنفردة Σh_i عند غزارة ثابتة Q
  - من أجل n مضخة يمكن كتابة المعادلتين التاليتين:

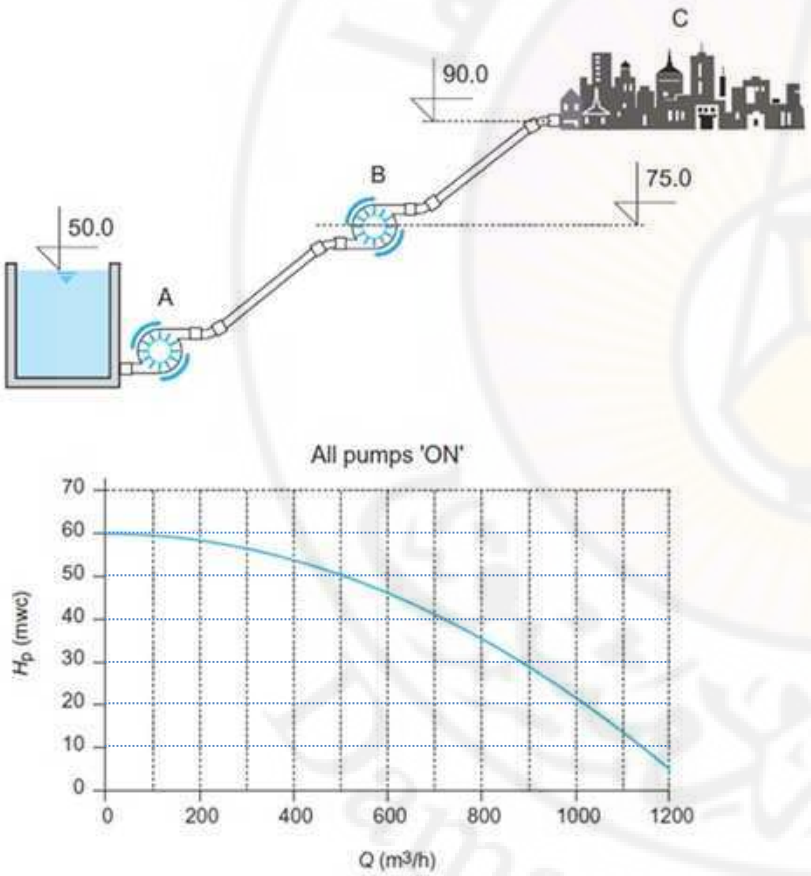
$$Q_p = Q_1 = Q_2 = \cdots = Q_n$$

$$h_p = h_1 + h_2 + h_3 + \cdots + h_n$$



الخط المميز لمضختين متماثلتين موصولتين على التسلسل

- مسألة 4-5:
  - من أجل النظام الموضح في الشكل يطلب تحديد الضاغط عند مدخل المدينة من أجل غزارة Q=800 m^3/h
  - مواصفات الأنابيب المستخدمة كالتالي:
    - A-B: L=1500m, d=500 mm, k=0.5 mm
    - B-C: L=1200 m, d=400 mm, k=0.1 mm
  - المضختان متماثلتان تعملان وفقاً للخط المميز المعطى في الشكل المجاور
  - تفرض درجة حرارة المياه 10°C



الأنظمة المركبة

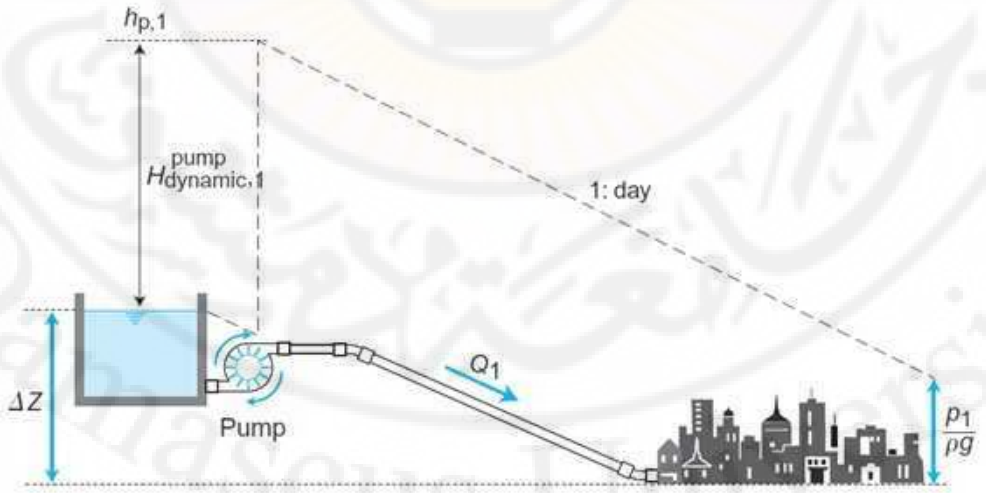
- يتم في الأنظمة المركبة تغذية السكان بالمياه بشكل مشترك عن طريق الضخ وعن طريق الخزانات
- توجد ثلاثة أشكال للأنظمة المشتركة

1. خزان- مضخة- شبكة: حيث يتم ضخ المياه من خزان ضمن شبكة التوزيع مباشرة
2. مضخة- خزان- شبكة: حيث يتم ضخ المياه إلى خزان توزع المياه منه إلى الشبكة بالراحة
3. مضخة- شبكة- خزان (نظام التقابل): يقع الخزان ومحطة الضخ على الطرفين المتقابلين للشبكة

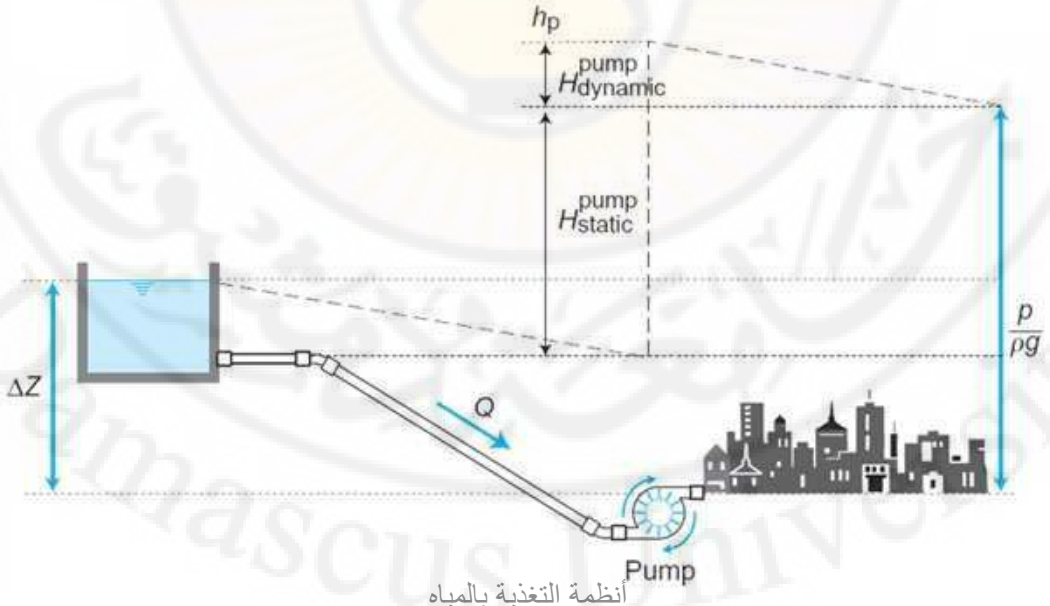
خزان- مضخة- شبكة

- يستخدم هذا النظام إذا كان موقع الخزان لايسمح بتغذية الشبكة بالمياه بالراحة:
  - لاتوجد أرض قريبة بارتفاع مناسب يمكن بناء الخزان عليها
  - المسافة كبيرة جداً بين موقع الخزان وشبكة التغذية
  - مشابه لنظام الضخ لكن الخزان يقع بمنسوب أعلى من منسوب المدينة
- في هذه الحالة يتم ضخ المياه مباشرة ضمن الشبكة
  - يتم خفض الضاغط اللازم للمضخة بمقدار فرق المنسوب بين الخزان والشبكة

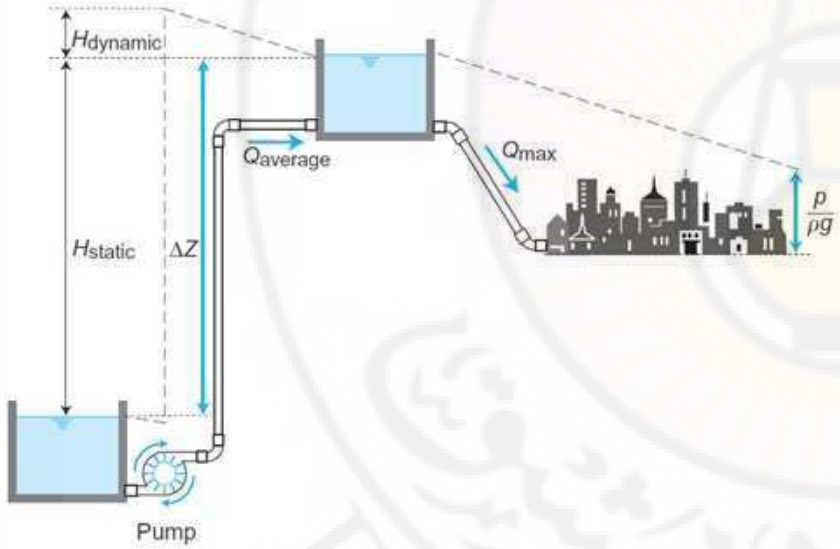
$$h_p + \Delta Z = H_{dyn} + H_{st} = \Delta H + \frac{P_{end}}{\rho g}$$



- ليس من الضروري تركيب محطة الضخ قرب شبكة التغذية إذا كان منسوب الخزان أعلى من الشبكة
  - يتم اللجوء إلى هذا الحل عندما يراد تجنب الضاغط المرتفع على كامل خط الضخ
  - إذا تم تركيب المضخات على الشبكة مباشرة (دون خزان سحب) تسمى المضخات بمضخات تعزيز الرفع (Booster)



مضخة- خزان- شبكة



- يمكن اللجوء إلى هذا النظام في المناطق الجبلية (أو في حالة الخزانات البرجية)
  - تضخ المياه إلى الخزان
    - ضاغط المضخة

$$H_p = H_{dyn} + \Delta Z$$

  - توزع المياه من الخزان إلى الشبكة بالراحة
    - ضاغط الشبكة

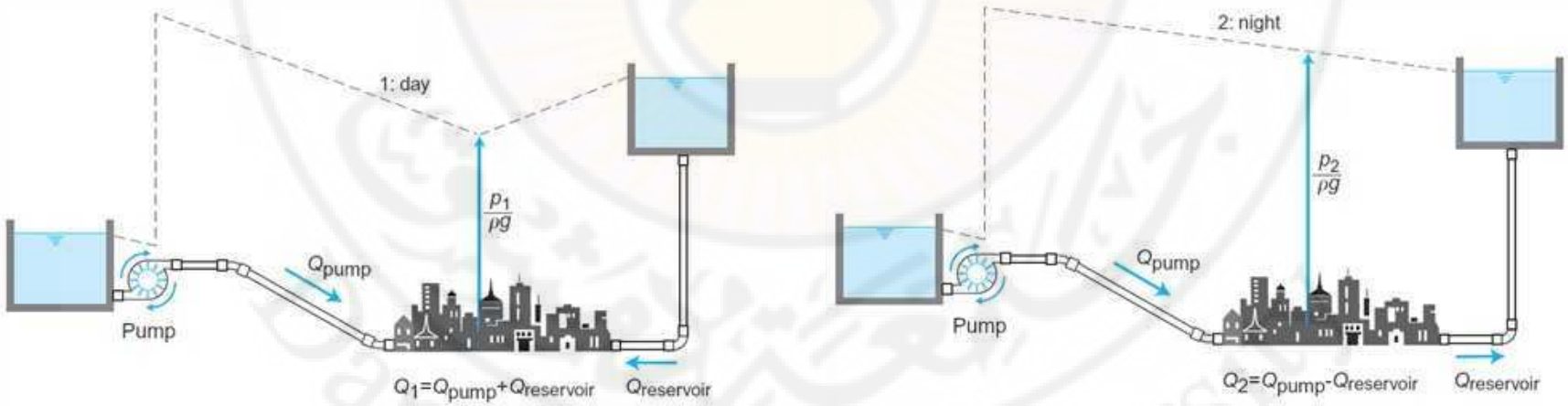
$$\Delta Z = H_{dyn} + \frac{P_{end}}{\gamma}$$

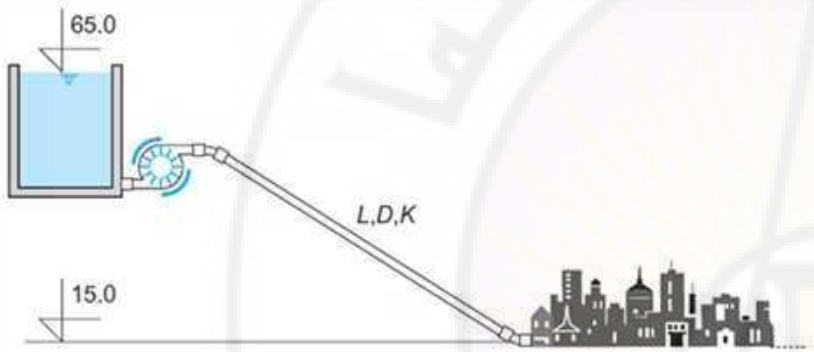
- ميزات النظام:

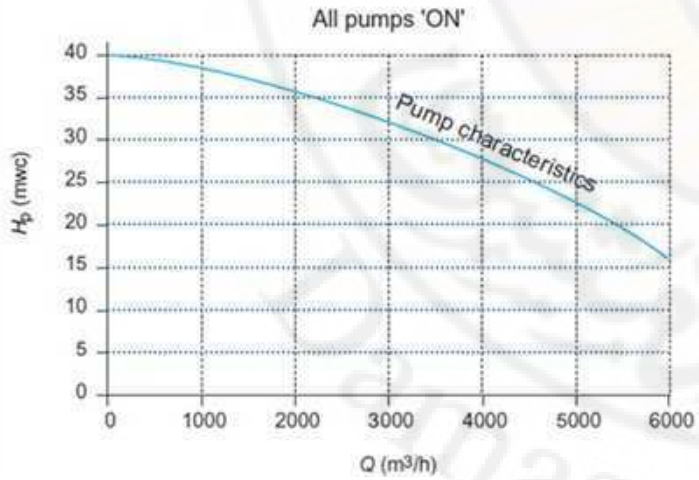
1. عمل منتظم للمضخات
2. تحوي الخزانات على احتياطي يستخدم في حال تعطل المضخات

مضخة- شبكة- خزان

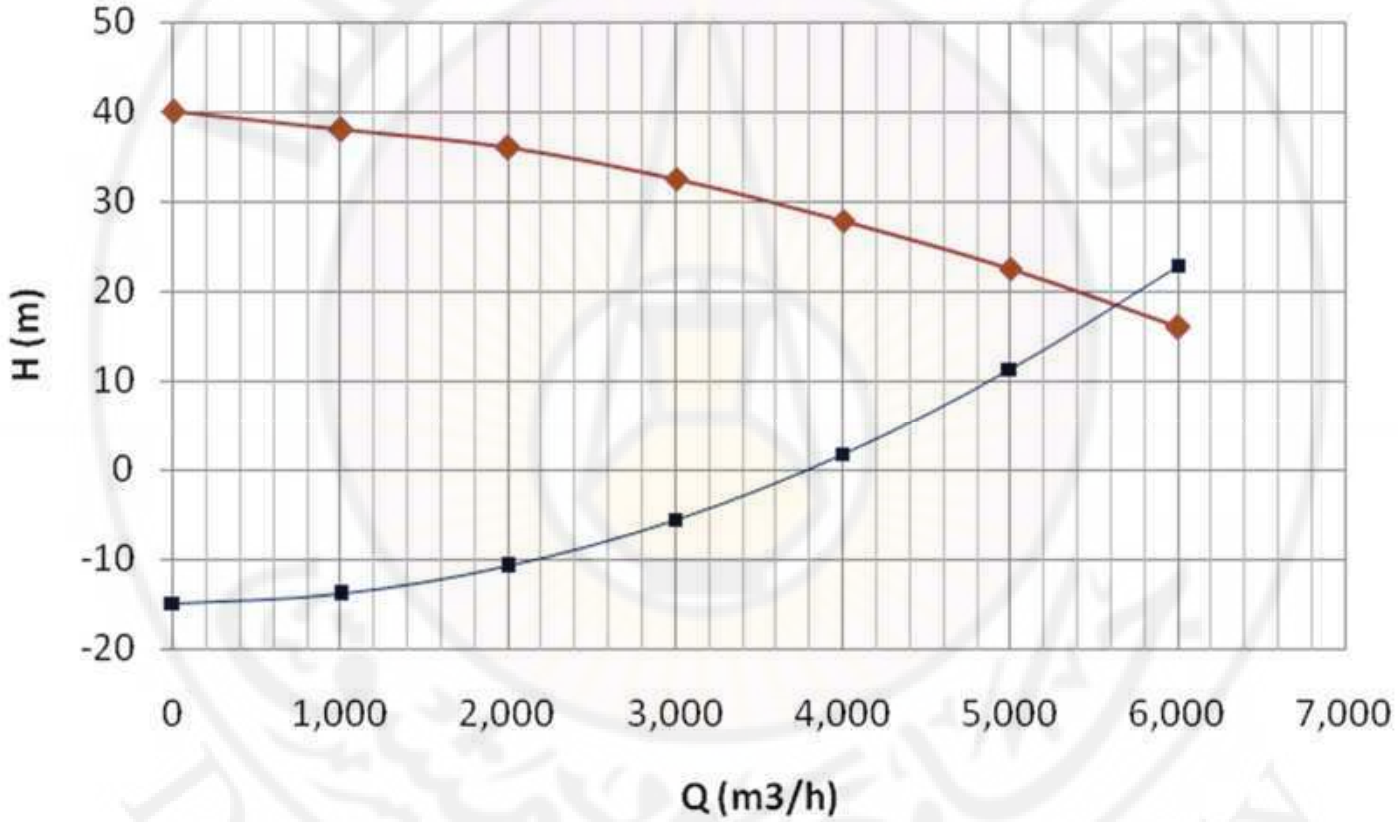
- المضخة والخزان يقعان على جهتين متقابلتين من الشبكة
  - يمكن استخدام هذا النظام عندما تقع شبكة التوزيع في وادي
    - خلال فترة الاستهلاك الأعظمي يتم تغذية الشبكة من الخزان والمضخة معاً
    - خلال فترة الاستهلاك الأدنى تدخل المياه الفائضة عن حاجة المدينة إلى الخزان
    - يسمى الخزان في هذه الحالة بخزان التقابل







- مسألة 5-5:
  - من أجل النظام المستخدم في الشكل المجاور، تعمل المضخة وفقاً للخط المميز المعطى في الشكل، المطلوب:
    - تحديد الغزارة التي يمكن ضخها إذا كان الضاغط المطلوب عند مدخل المدينة لايقل عن (35 m)
    - تحديد الضاغط الفعلي عند مدخل المدينة إذا تم ضخ غزارة مياه $Q=1.05\ m^3/s$
    - مواصفات الأنبوب:
      - L=3000 m, D=800 mm
    - تفرض $\lambda=0.018$


50
40
30
20
10
0
-10
-20
H (m)
0
1,000
2,000
3,000
4,000
5,000
6,000
7,000
Q (m3/h)

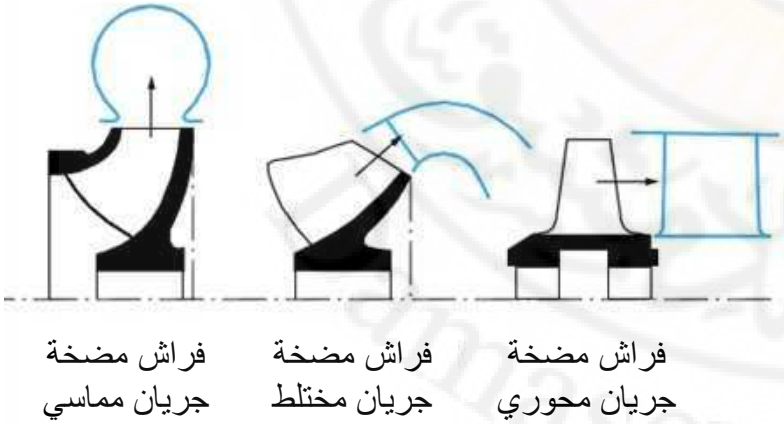
محطات الضخ

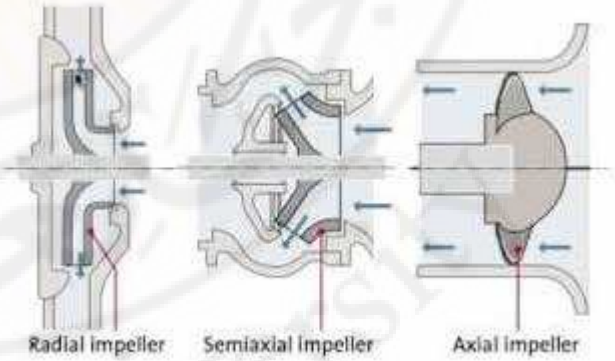
إعداد: د.م.محمد بشار المفتي

مقدمة

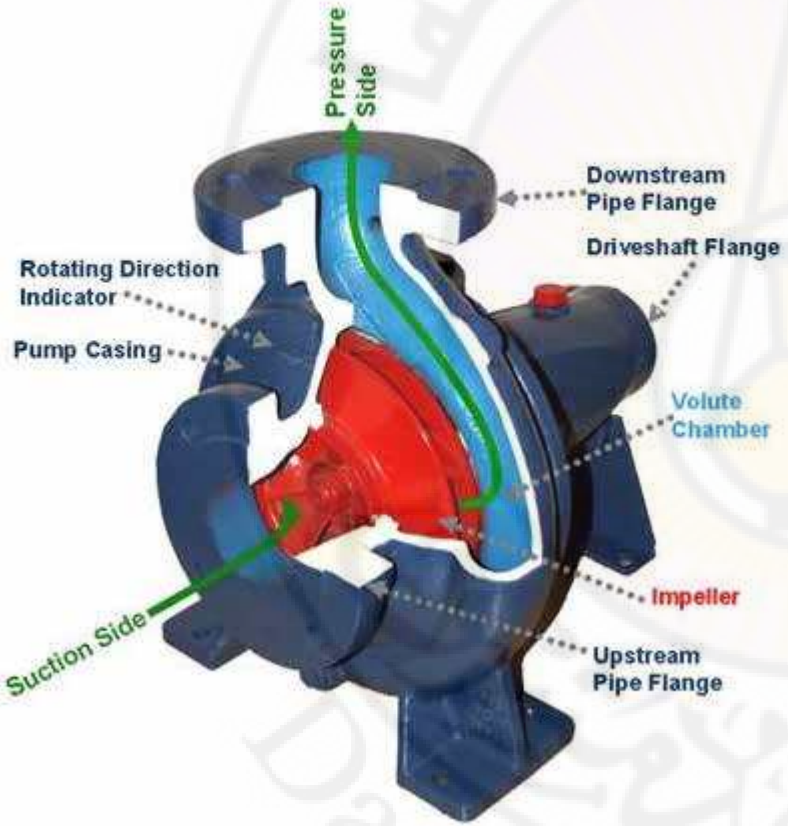
- المضخة
  - جهاز يقوم بتقديم الطاقة اللازمة للسوائل لرفعها من مستوى إلى مستوى آخر أعلى منه
- المضخات ذات الجريان المماسي (المضخات النابذة)
  - من أكثر أشكال المضخات انتشاراً في التمديدات الداخلية
    - ضخ المياه الباردة والساخنة
    - ضخ مياه الصرف الصحي
    - في أنظمة الإطفاء

- **المضخات الدورانية**
  - يتم الضخ باستخدام فراش مجنح يدور بسرعة عالية جداً
  - تناسب الغزارة عكساً مع الضاغط
  - يمكن التمييز بين ثلاثة أشكال أساسية حسب جهة حركة السائل بالنسبة لمحور الفراش:
    - المضخة ذات الجريان المحوري
    - المضخة ذات الجريان المختلط
    - المضخة ذات الجريان المماسي

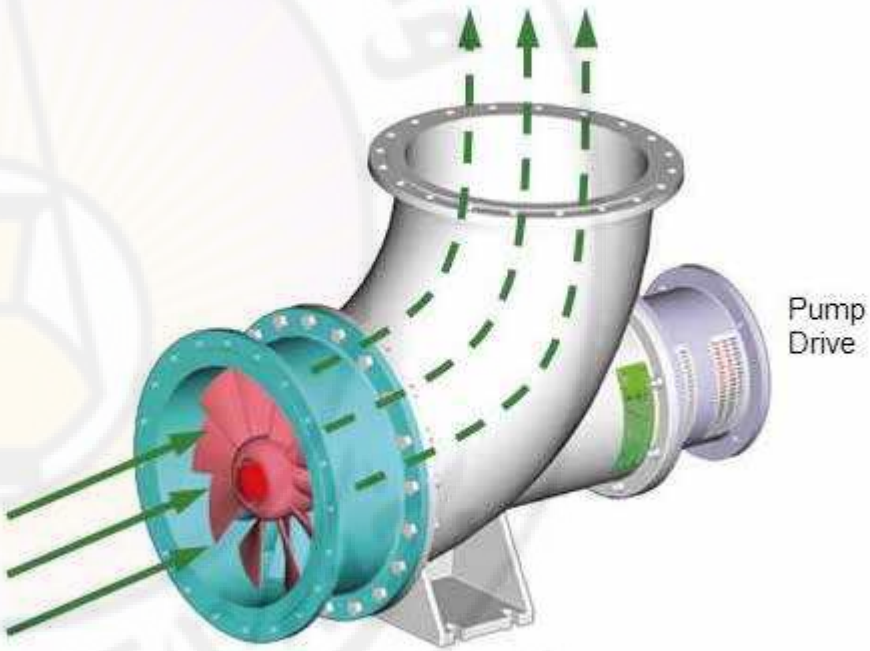




Radial or centrifugal

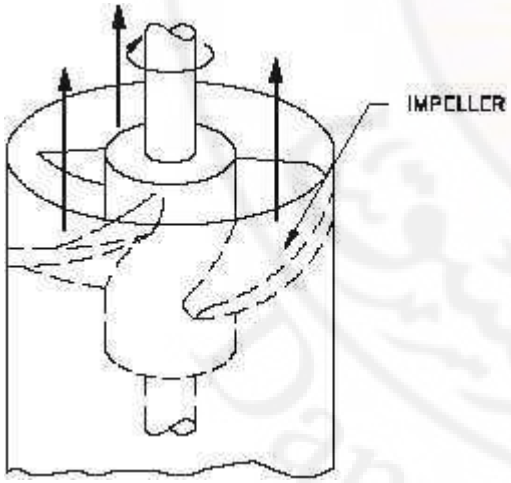


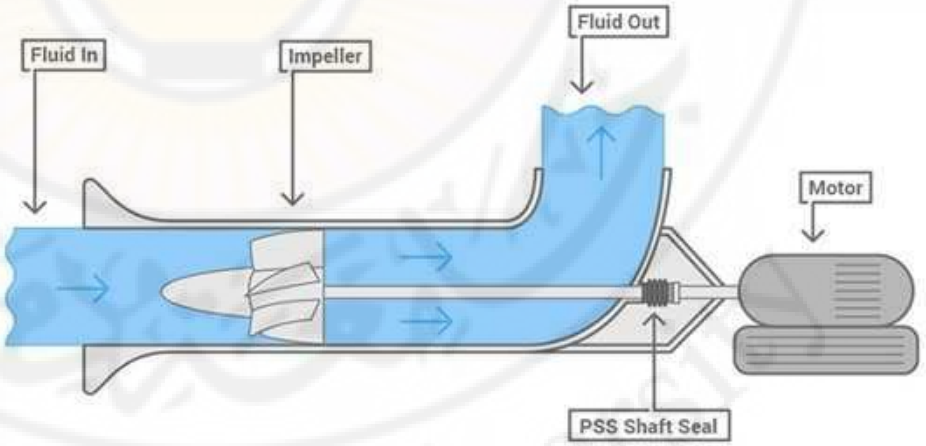
Axial o Propeller Pumps

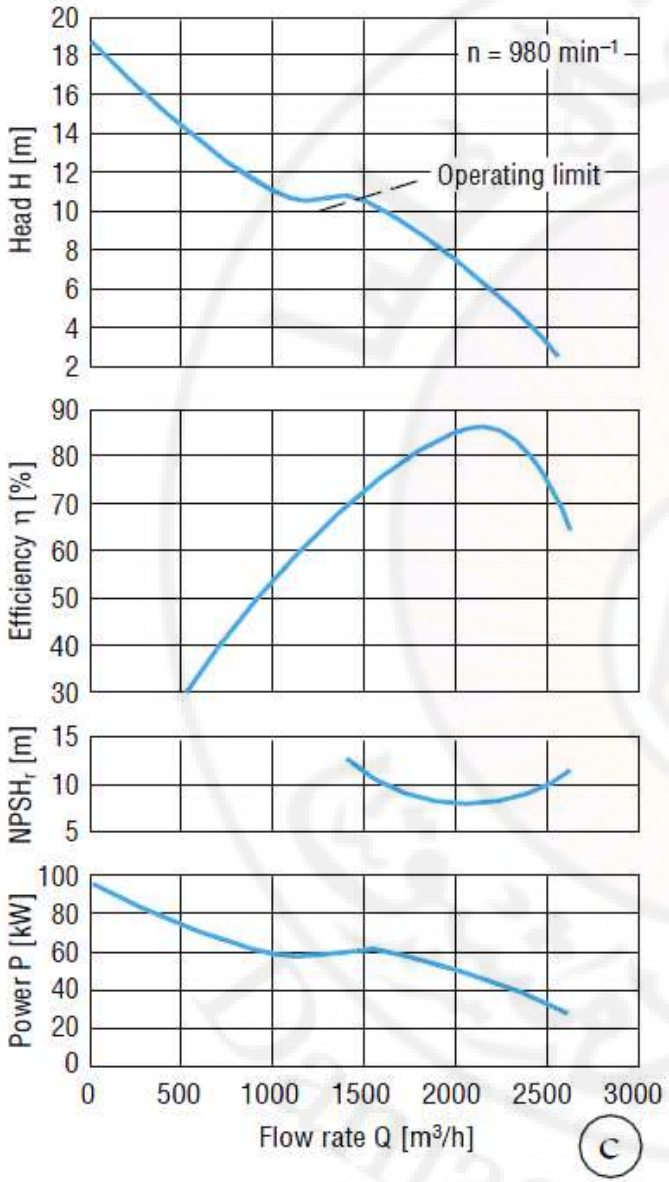


المضخات ذات الجريان المحوري

- بسبب سرعة الدوران العالية للفراش يتشكل ضغط عال على وجهه العلوي وضغط منخفض على وجهه السفلي، ويؤدي فرق الضغط المتشكل إلى اندفاع السائل نحو الأعلى







- بـالرجوع إلـى المنحنيـات المميـزة للمضخة المحورية يمكن ملاحظـة التالـي:
  - تؤدي زيادة الغزارة المضخوخة إلى تناقص الطاقة المستهلكة
  - يؤدي انخفاض الغزارة إلـى ارتفاع كبير في الطاقة
    - ممـا يهـدد بتلـف محـرك المضـخة وتخريبها إن أغلق الصمام المركب على مخرج المياه خلال دورانها
    - لايسـمح بتشـغيل المضـخة وصـمام المياه على المخرج مغلق
  - تترافق زيادة الضـاغط مع انخفـاض المردود بشكل سريع جداً
    - تزداد الطاقة المستهلكة بشكل كبير

- تستخدم المضخات محورية الجريان:
  - لضخ الغزارات العالية (تصل إلى 20 متر مكعب/ثانية)
  - الضواغط المنخفضة (بحدود 8-9 متر).
- يصل مردود المضخات الكبيرة جداً إلى 85%، أما المضخات الصغيرة فنادراً ماتحقق مردوداً يصل إلى 70%



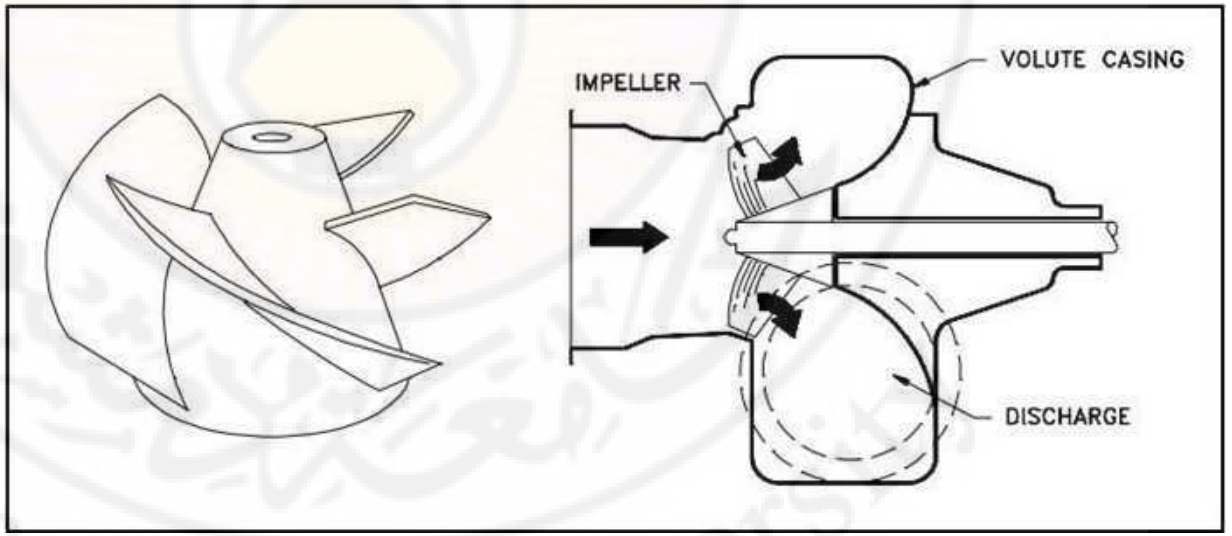


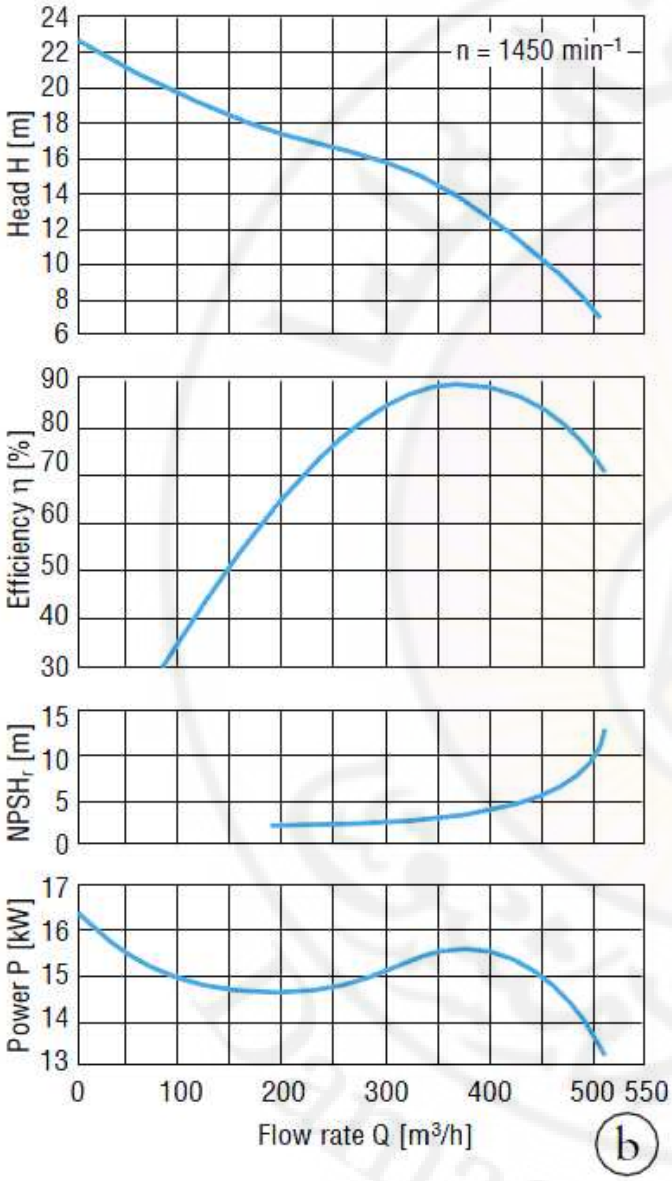


المضخات ذات الجريان المختلط

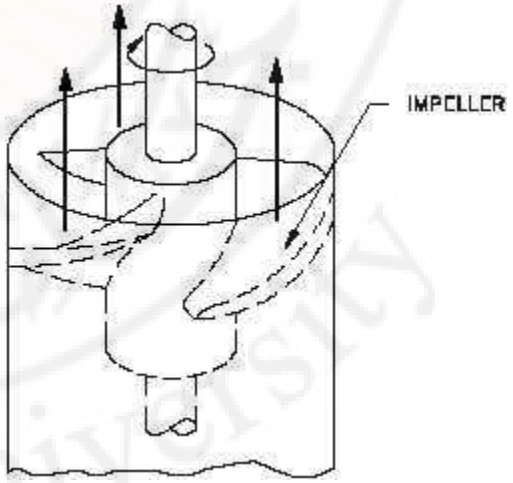
- بسبب الدوران السريع لفراش المضخة تكتسب قطرة الماء سرعة مماسية وأخرى عمودية، وبالمحصلة تندفع باتجاه مخرج المضخة

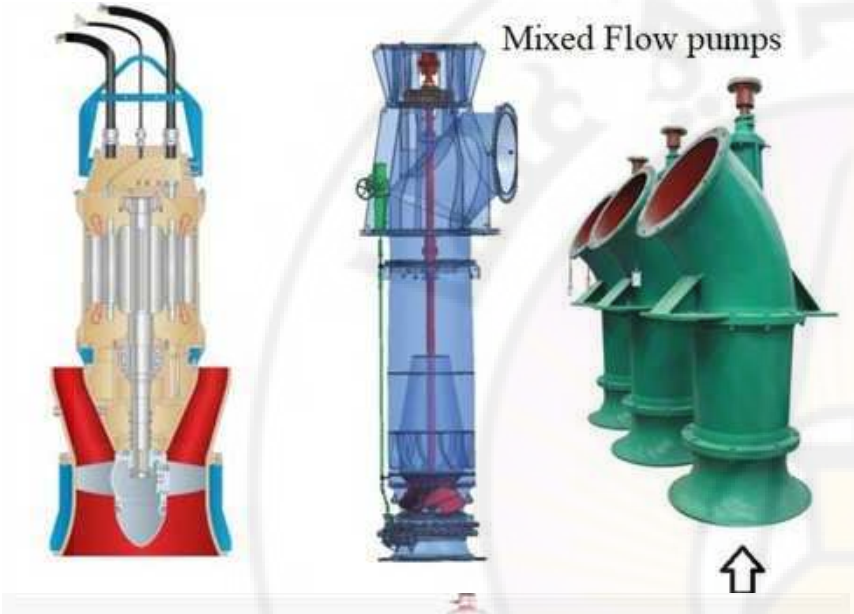






- بالرجوع إلى المنحنيات المميزة للمضـــخة المحوريـــة يمكـــن ملاحظة التالي:
  - لايـؤثر تغيـر غـزارة الضـخ فـي هـذا النـوع مـن المضـخات علـى الطاقة المستهلكة
    - يسـمح بتشـغيل المضـخة وصـمام قطع المياه على المخرج مغلق
    - يسمح بإغلاق الصمام خلال عمل المضخة

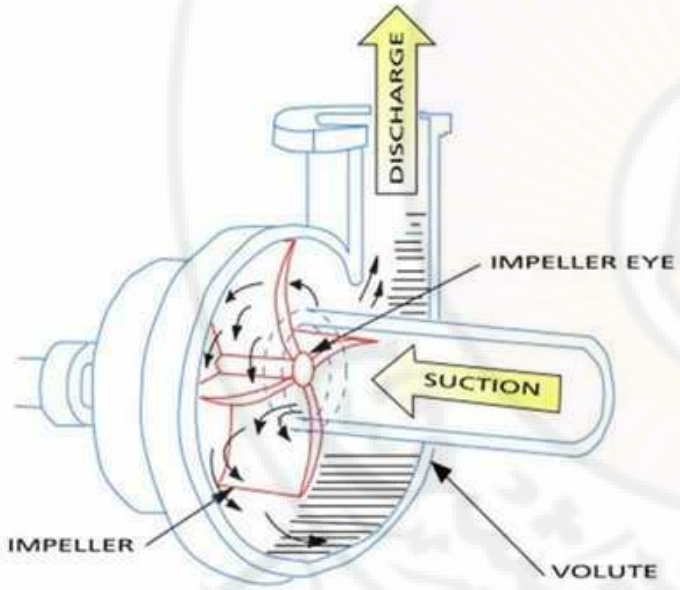






- تستخدم المضخات ذات الجريان المختلط:
  - لغزارات الضخ المتوسطة
    - توجد مضخات حتى غزارة 8 م^3/ثا
  - لارتفاعات متوسطة 25-30 متراً
- يفضل استخدام المضخات النابذة للضواغط الكبيرة

المضخات ذات الجريان المماسي
(المضخات النابذة)



يتم ضخ السائل بقوة الطرد المركزية

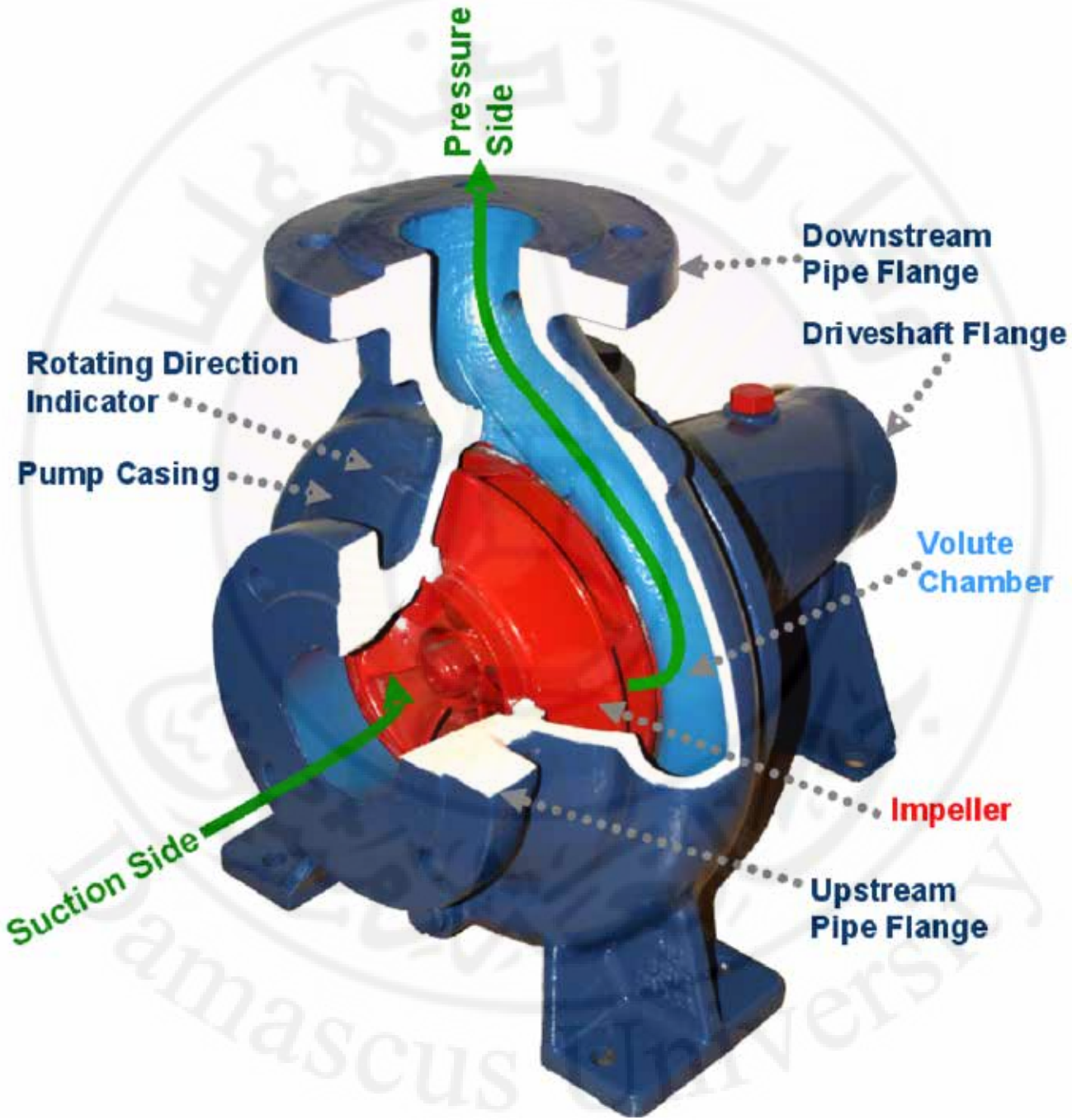
تملأ المضخة بالمياه

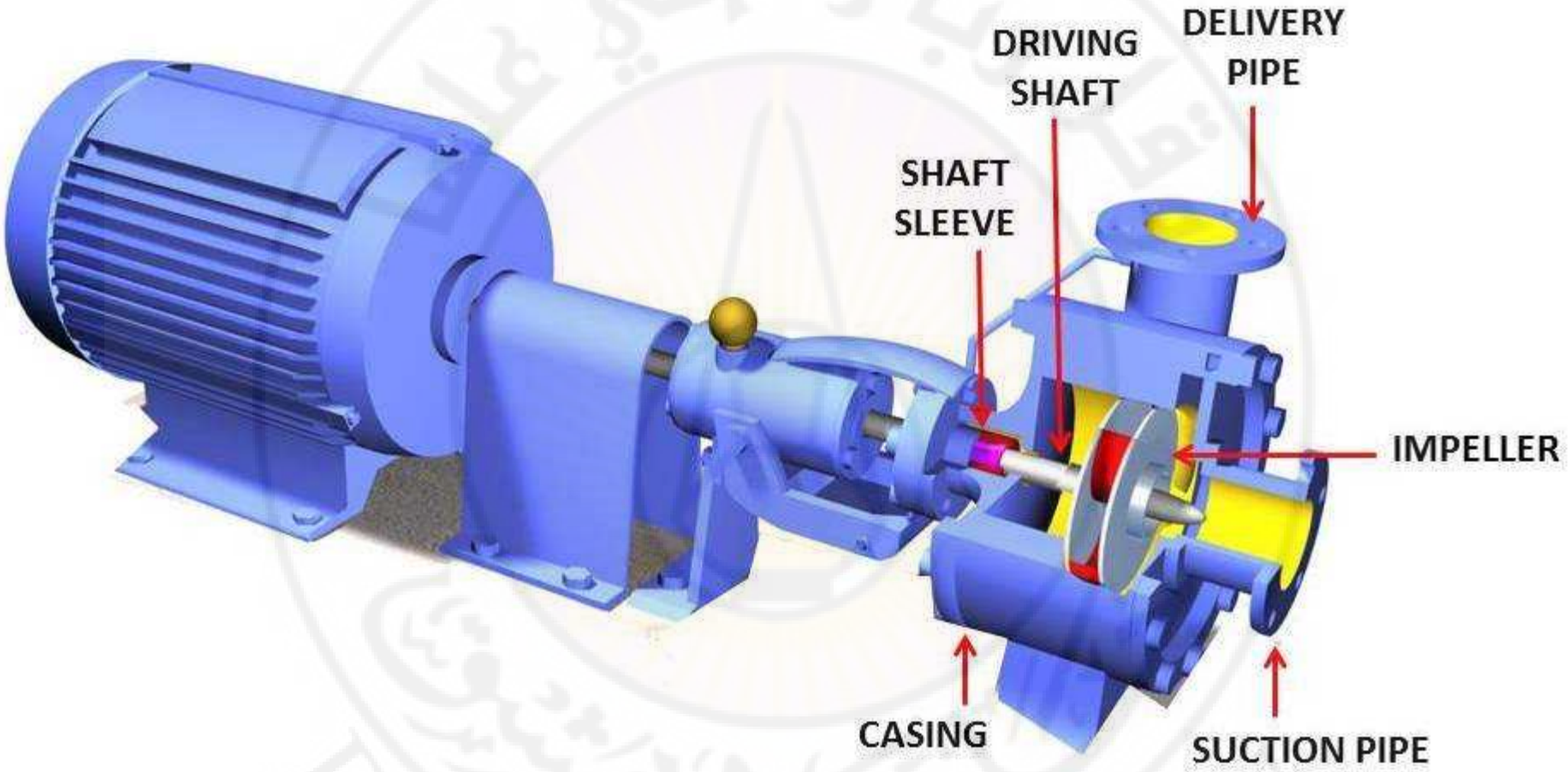
تعطي أجنحة الفراش الدائر بسرعة عالية لقطرة الماء سرعة عالية

تندفع قطرة الماء بفعل القوة النابذة نحو مخرج المضخة

يؤدي ذلك إلى نشوء ضغط منخفض عند محور المضخة

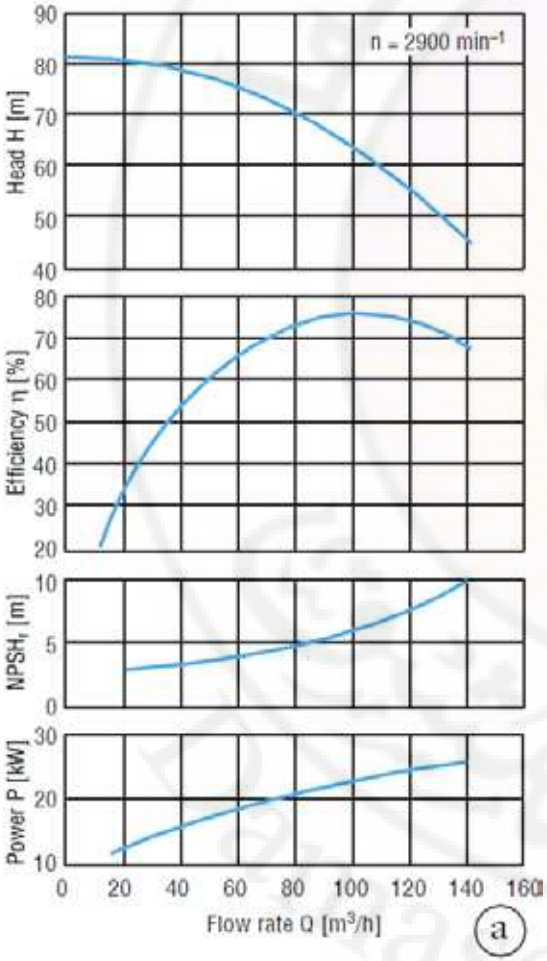
يؤدي إلى سحب السائل نحوه


Pressure Side
Downstream Pipe Flange
Driveshaft Flange
Rotating Direction Indicator
Pump Casing
Volute Chamber
Impeller
Suction Side
Upstream Pipe Flange



CENTRIFUGAL PUMP

Damascus University



- تتزايد في المضخات النابذة الطاقة المستهلكة مع زيادة الغزارة المضخوخة وتتناقص بتناقصها
  - يسمح بإغلاق الصمام المركب على مخرج المياه خلال عمل المضخة
    - يسمح بالتحكم بالغزارة عن طريق الإغلاق الجزئي للصمام المركب على مخرج المياه
  - الطاقة المستهلكة عند إغلاق الصمام أقل بكثير من الطاقة المستهلكة عند فتحه
    - يفضل تشغيل المضخات الكبيرة والصمام مغلق للمحافظة على طاقة دنيا عند الإقلاع

- تستخدم المضخات النابذة
  - لغزارات حتى 6 م^3/ثا
  - لضواغط تصل إلى 200 متراَ أوأكثر
- يمكن الوصول إلى مردود يصل إلى 87% أو أكثر أحيانا



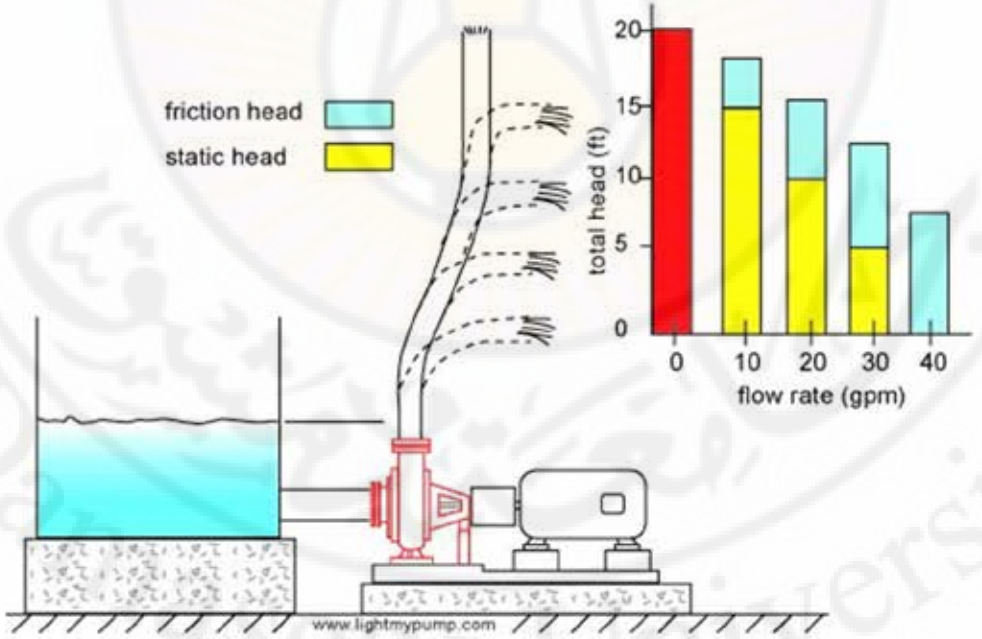
- **ميزات المضخات النابذة:**
  - **المزايا:**
    1. أصغر وأخف وعلى الأغلب أرخص من بقية أنواع المضخات
    2. يمكن تركيبها مباشرة على محور المحرك دون الحاجة إلى مجموعة تحويل حركة مما يخفف فواقد الاحتكاك
    3. السائل يخرج بشكل تيار مستمر منتظم دون صدمات
    4. يمكن اختيار مادة صنع كل من الفراش وجسم المضخة بما يتناسب مع السائل المضخوخ للحصول على مقاومة عالية للتآكل حتى لو احتوى السائل على أجسام صلبة أو خيوط طويلة
    5. توجد أشكال مختلفة من الفراشات بما يتناسب مع الضاغط المطلوب ومع السائل المضخوخ ومحتواه من المواد الصلبة
    6. أمان في العمل وسهولة في الصيانة
  - **المساوئ:**
    1. لايمكنها سحب السوائل لوحدها دون تجهيزات خاصة إن كان أنبوب السحب فارغاَ
    2. قلة المردود من أجل الغزارات الصغيرة

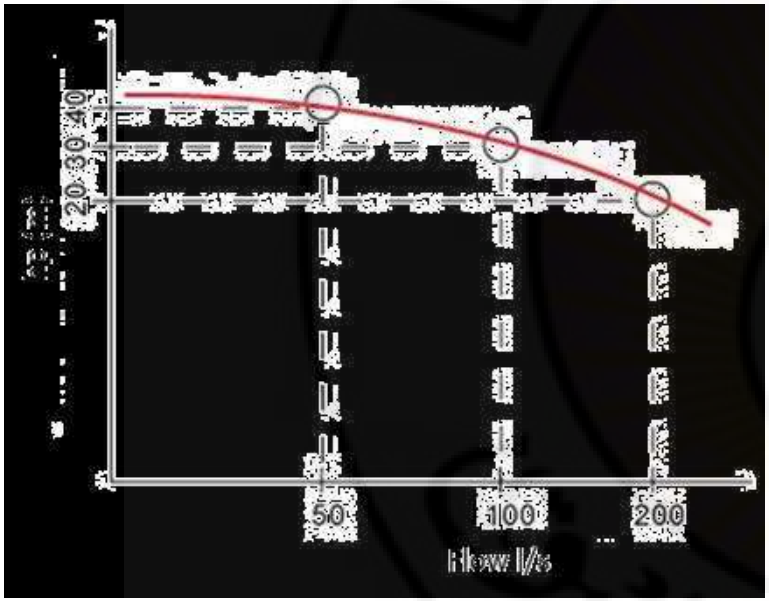


أجزاء المضخة النابذة

المنحنيات المميزة للمضخة

- يتم وصف الأداء الهيدروليكي للمضخة باستخدام المنحني المميز للمضخة
  - يظهر العلاقة بين رفع المضخة وغزارة الضخ
    - من أجل غزارة معينة يتم الضخ إلى ارتفاع معين
    - يتناسب الارتفاع عكساً مع الغزارة





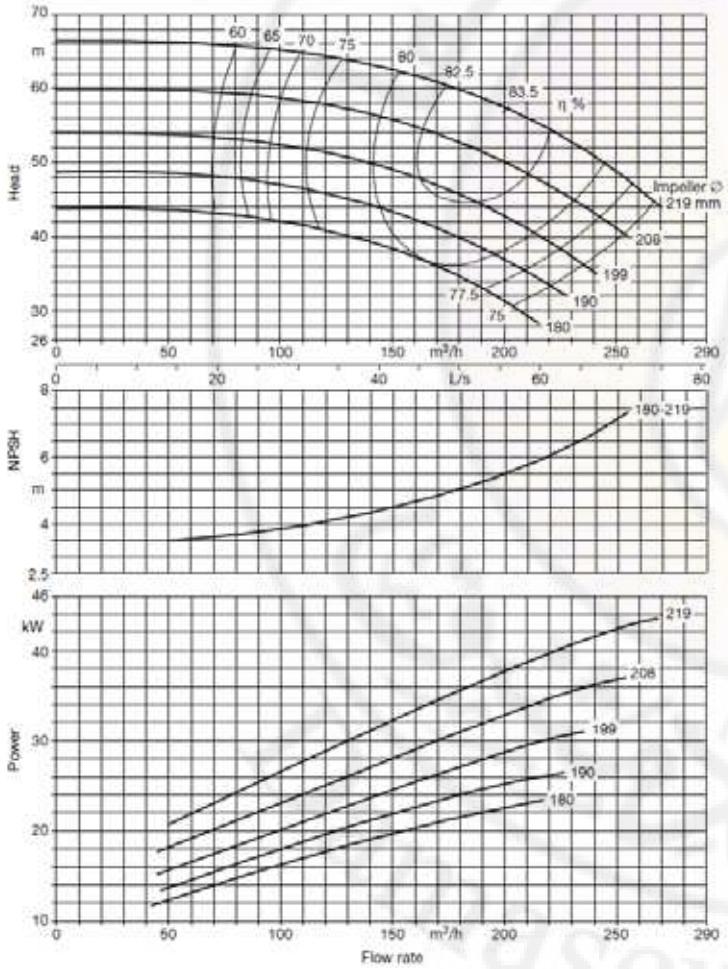
- من أجل عدد معين من دورات المضخة توجد علاقة بين الغزارة المضخوخة وارتفاع الضخ من الشكل

$$h_p = aQ^2 + bQ + c$$

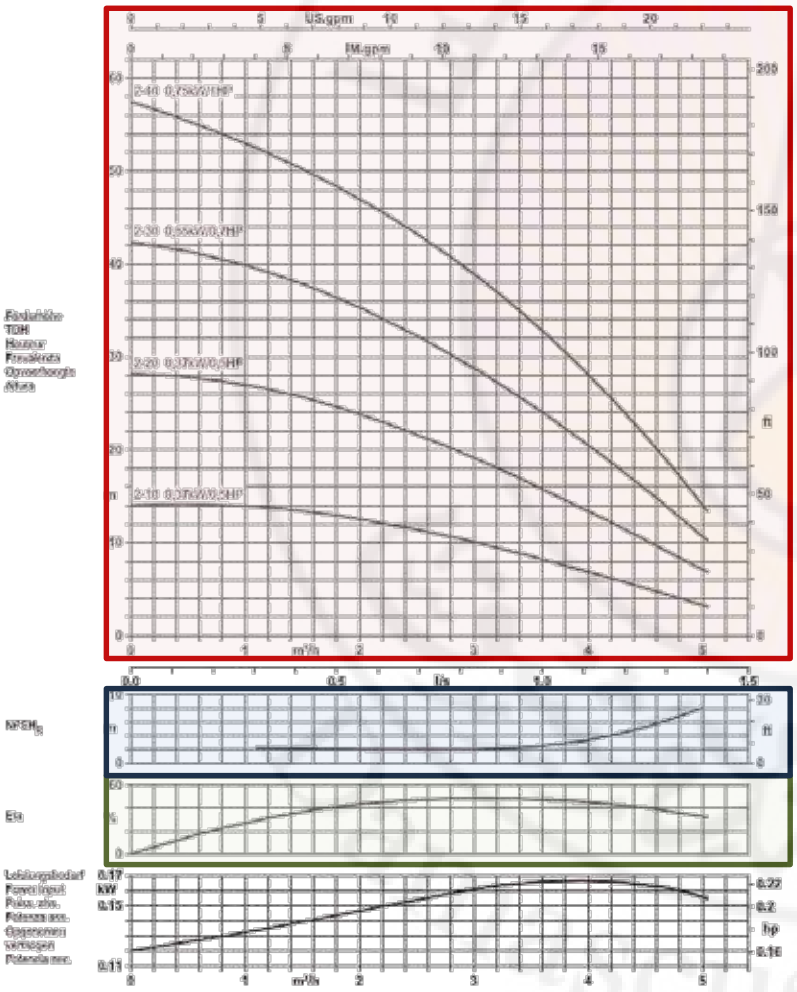
- هناك شكل آخر للمعادلة يمكن استخدامه

$$h_p = c - aQ^b$$

  - a, b, c: ثوابت تتعلق بنوع المضخة والواحدات المستخدمة
  - برسم هذه العلاقة نحصل على منحني يسمى الخط المميز للمضخة



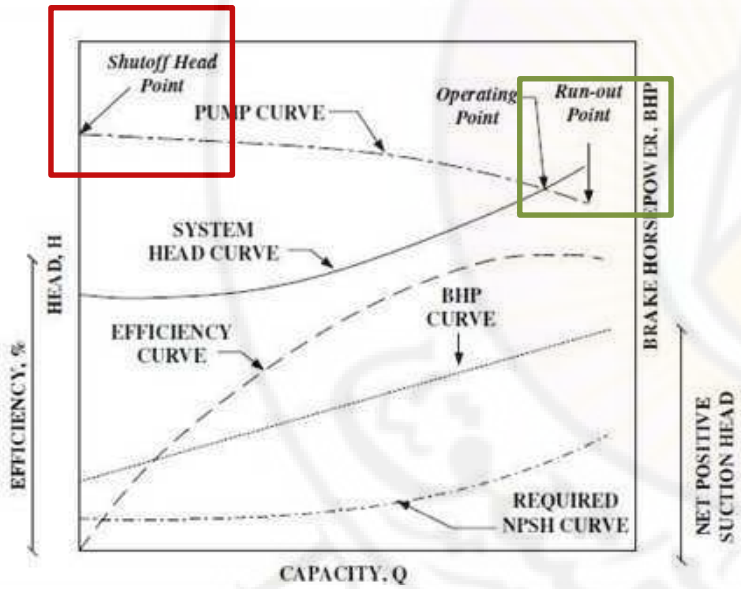
- تعطـــى المنحنيـــات المميـــزة للمضخة من الشركة الصانعة
  - تكون بمثابة هوية لها
  - يظهـر الشـكل حزمـة المنحنيـات المميزة لنموذج مضخة من أجل أقطار فراش متعددة



- المنحنيات المميزة للمضخة:
  - منحني (H-Q): المضخة الأفضل هي
    - التي تعمل في مجال تصريف واسع دون الخروج عن عملها
    - ذات الخط الأقل ميلاً
  - منحني المردود (Eta): المضخة الأفضل هي
    - المضخة ذات المردود الأعلى
    - التي لايتغير مردودها بشكل كبير عند تغير التصريف
  - منحني (NPSH-Q):
    - كلما كانت قيمة NPSH أقل كانت المضخة أفضل مقاومة للتكهف

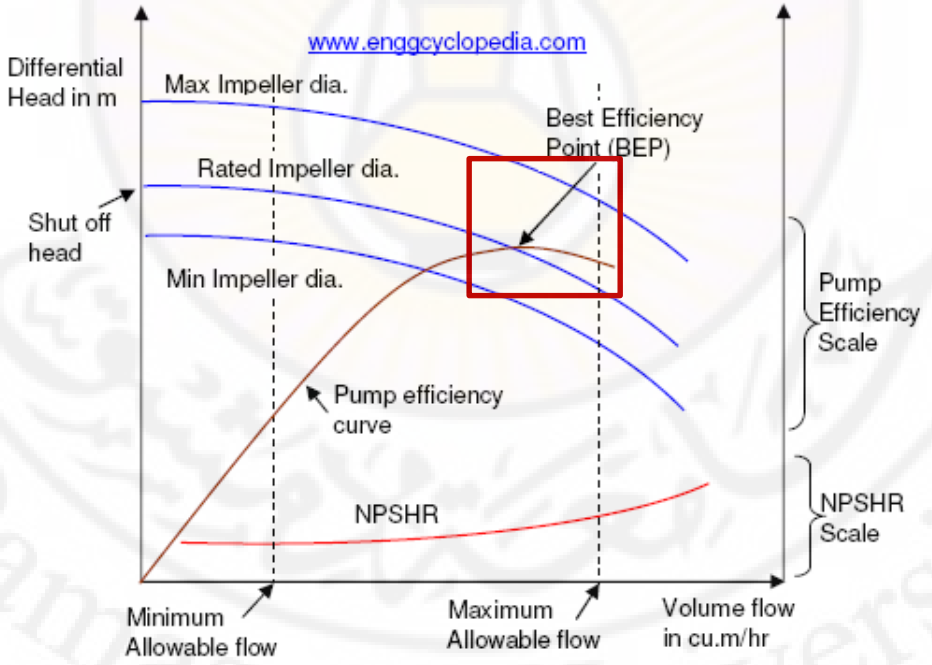
- النقاط الهامة في منحني (H-Q) المميز للمضخة

1. **نقطة الإغلاق:**
   - Shutoff Point
   - الحد الأيمن للمنحني المميز
   - تعطي الضاغط الأعظمي الذي تعطيه المضخة عند الغزارة Q=0
2. **نقطة النفاذ:**
   - Run-out Point
   - الحد اليساري للمنحني المميز للمضخة
   - تعبر عن حدود العمل الآمن للمضخة
   - تجاوزه يتسبب بتذبذب الضغط المطبق على فراش المضخة بين السالب والموجب
     - يرتج فراش المضخة
     - يؤدي إلى تلف محور المضخة والموانع
     - تتعرض المضخة لخطر التكهف

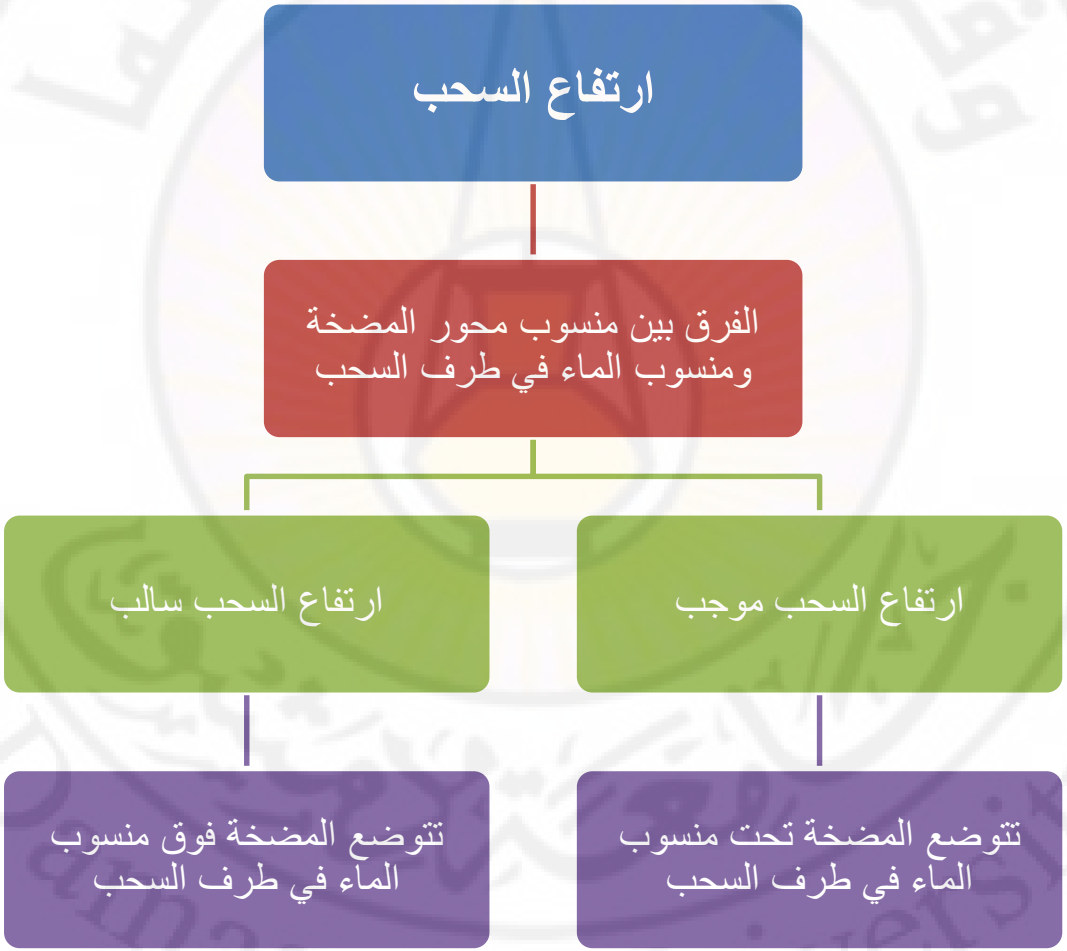


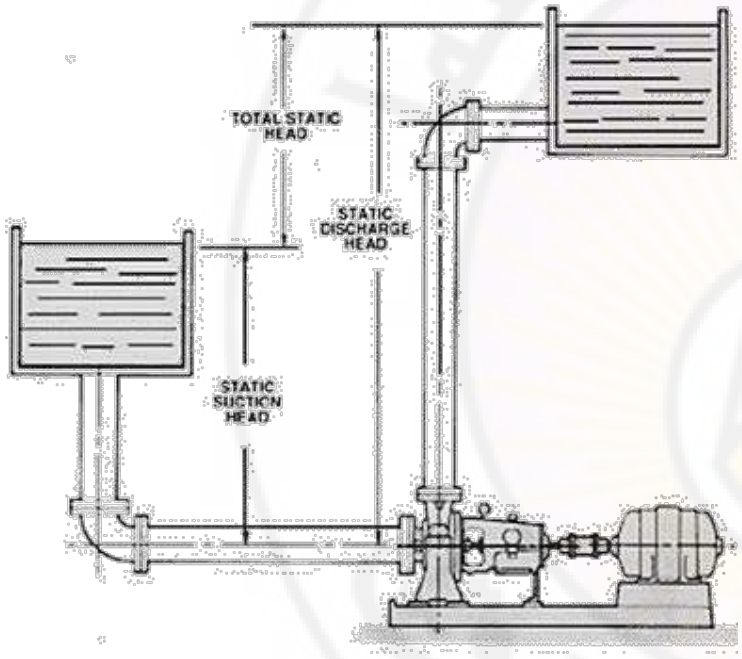
3. نقطة المردود الأعظمي:

- النقطة الأهم في المنحني المميز
- العمل قرب هذه النقطة يؤدي لعمل المضخة بشكل اقتصادي



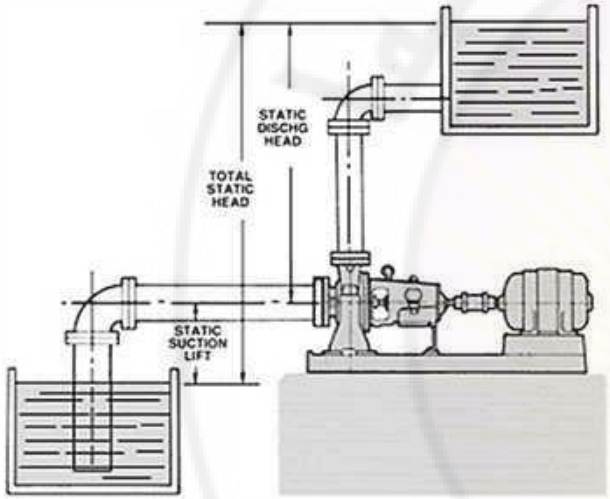
ارتفاع سحب المضخة وظاهرة التكهف

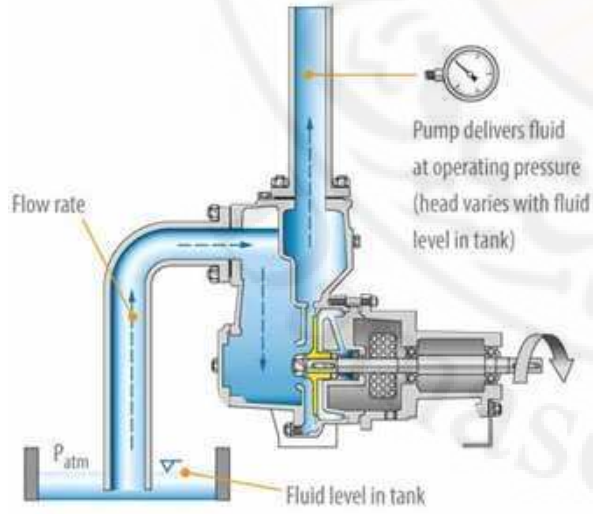




– محور المضخة تحت منسوب الماء في طرف السحب

- سهولة تشغيل المضخة
  - المضخة ممتلئة دوماً بالماء
- انخفاض احتمال حصول التكهف
- بحاجة لأعمال حفر كبيرة
- زيادة احتمال فيضان غرفة المضخات

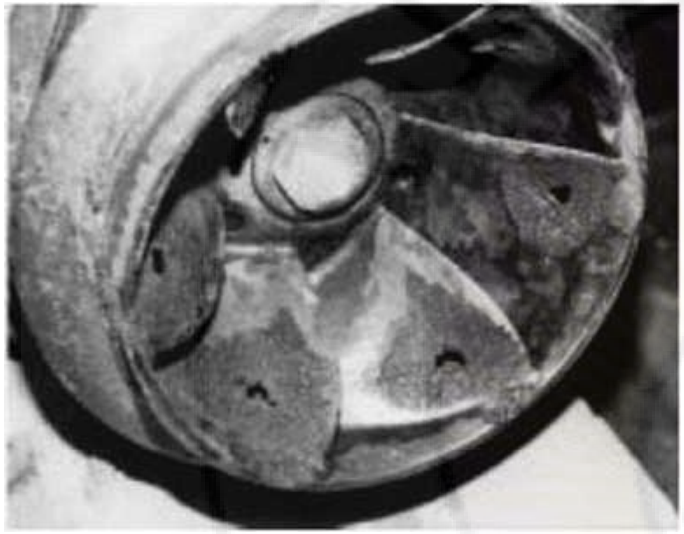




- محور المضخة فوق منسوب الماء في طرف السحب
  - توفير أعمال الحفر في الخزانات الأرضية
  - انخفاض احتمال فيضان غرفة المضخات
  - لاتعمل المضخة إن كانت فارغة من المياه
    - تحتاج لتجهيزات خاصة
    - تستخدم مضخات ذاتية الإقلاع



ظاهرة التكهف





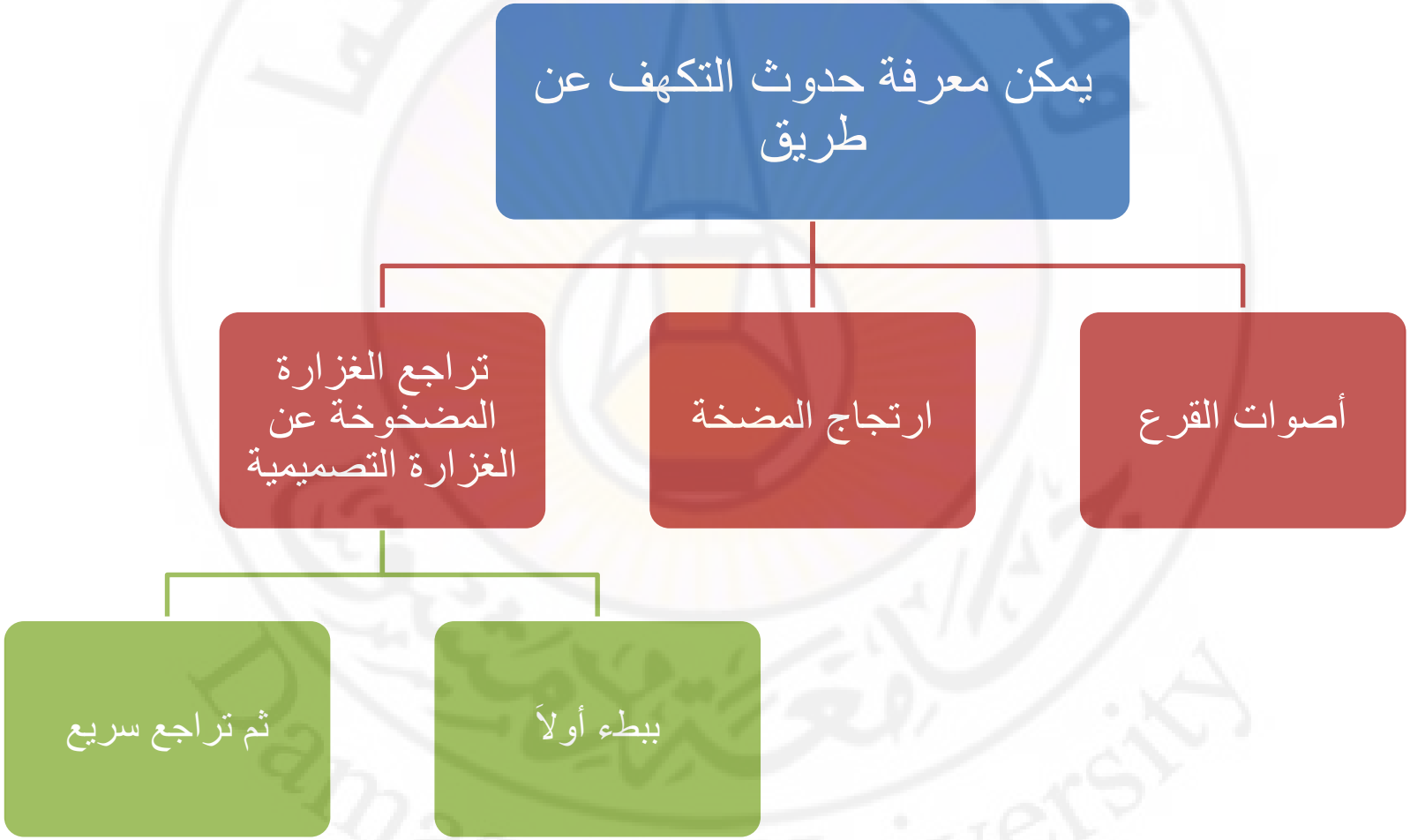
إذا زاد ارتفاع السحب السالب عن 7 أمتار (10 أمتار نظرياً)

يمكن أن ينخفض الضغط ضمن الأنبوب إلى مادون ضغط البخار

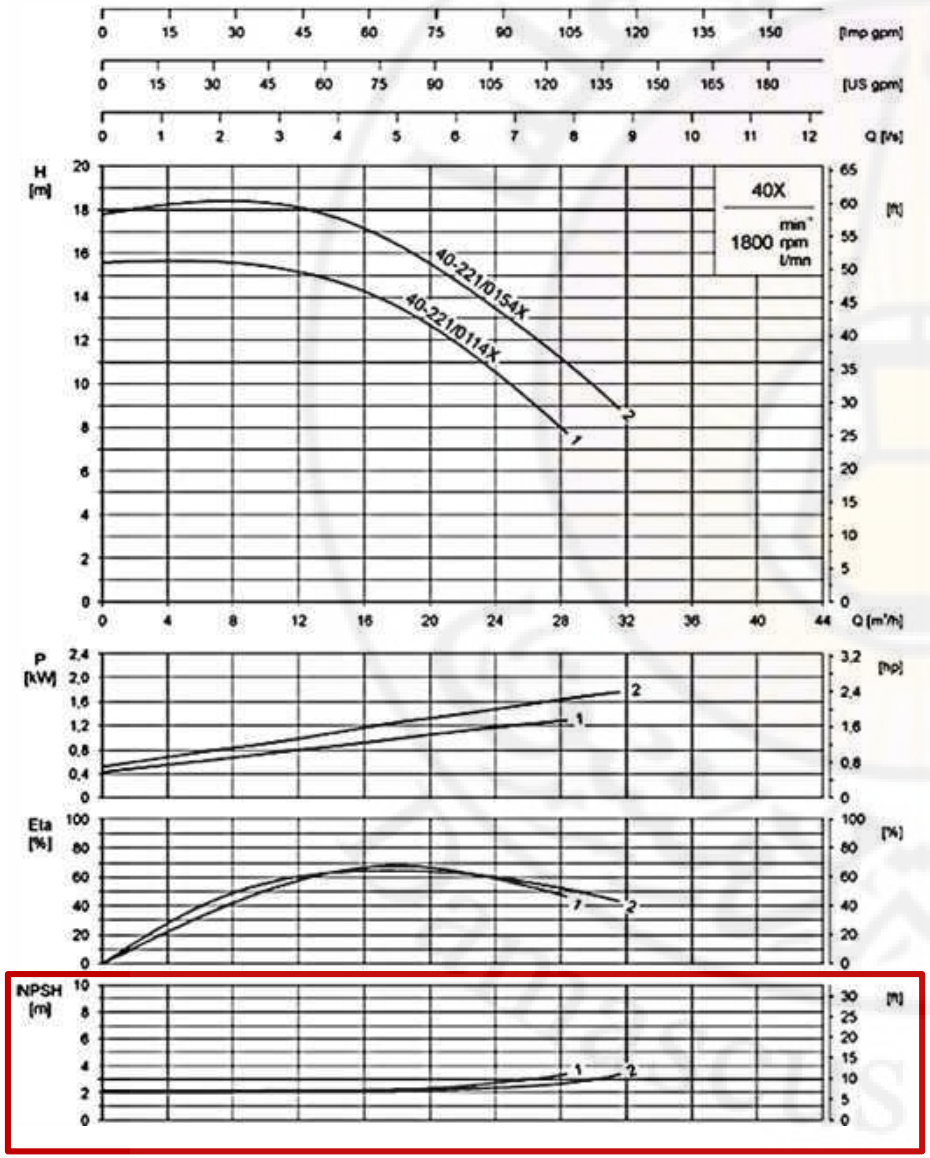
تتشكل فقاعات بخار ماء فيه وتحصل ظاهرة التكهف

يتآكل فراش المضخة تدريجياً

قد ينكسر بشكل مفاجئ


يمكن معرفة حدوث التكهف عن طريق
أصوات القرع
ارتجاج المضخة
تراجع الغزارة المضخوخة عن الغزارة التصميمية
بطء أولاً
ثم تراجع سريع

NPSH



- حتى تقوم المضخة النابذية بعملها بالشكل الأمثل
  - يجب أن لايتشكل بخار ماء على فراشها
    - حتى لاتتعرض للتكهف
  - يجب أن يسيطر على فراش المضخة في منطقة السحب ضغط يفوق ضغط بخار الماء
  - تدعى قيمة الضغط الأدنى الواجب توفره على فراش المضخة حتى لاتتعرض للتكهف NPSH
    - يعطى عادة من قبل الشركة الصانعة مع المنحنيات التصميمية للمضخة

ضاغط المضخة

- يعطى ضاغط المضخة بالعلاقة:

$$h_p = H_{dyn} + \Delta Z + H_{end}$$

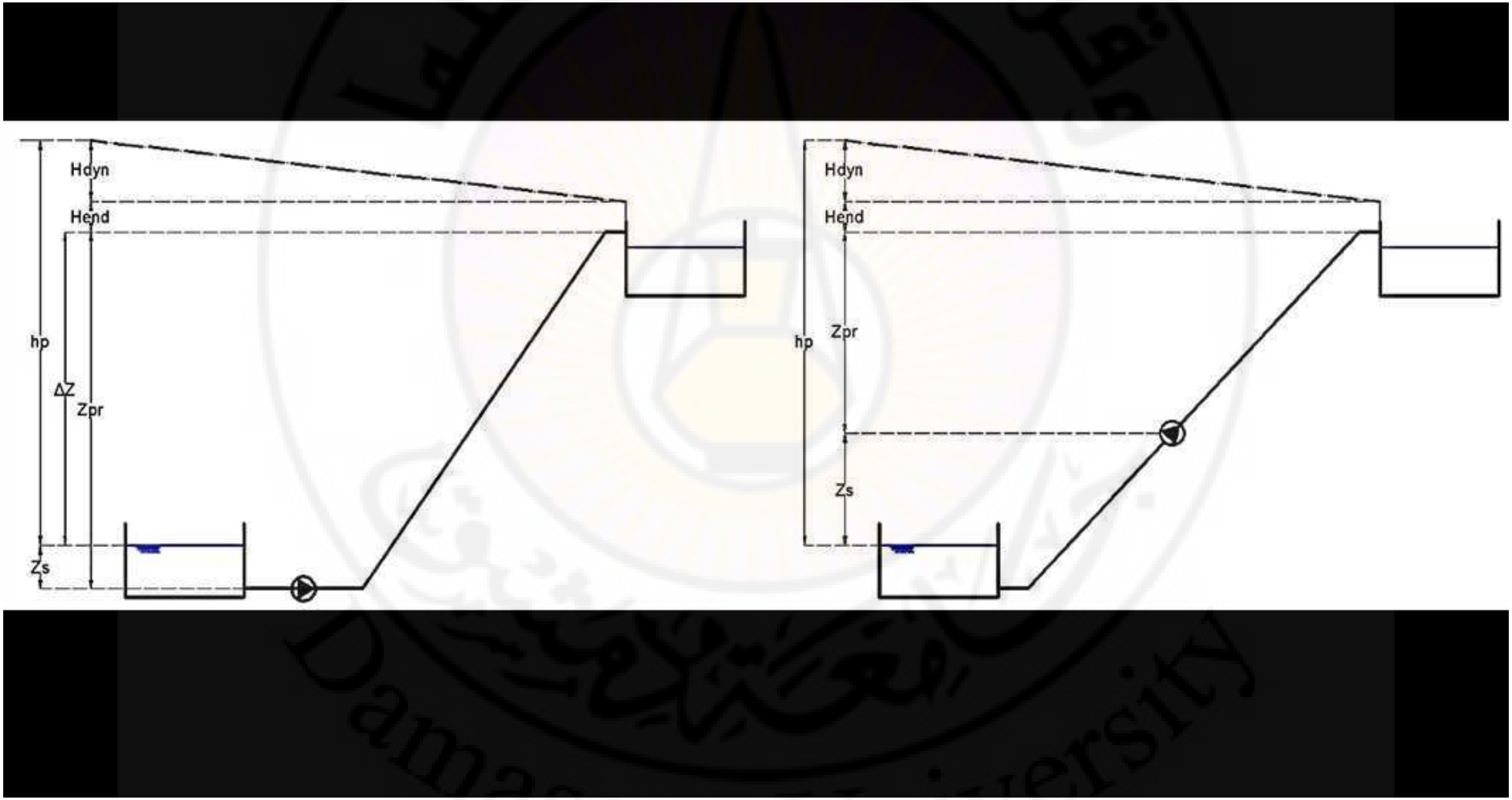
h_p: ضاغط المضخة

H_{dyn}: مجموع الفواقد الهيدروليكية

H_{end}: الضغط الواجب توفره عند مخرج أنبوب الضخ

ΔZ: فرق المنسوب بين منسوب المياه في خزان السحب ومنسوبه في خزان الضخ

$$h_p = H_{dyn} + \Delta Z + H_{end}$$



- الطاقة اللازمة لرفع المياه N(W)

$$N = \rho g Q h_p$$

حيث Q(m^3/s) غزارة الضخ

- يلزم لتدوير المضخة طاقة أكبر بسبب فواقد الطاقة ضمن المضخة

$$N_p = \frac{\rho g Q h_p}{\eta_p}$$

حيث η_p مردود المضخة، يتعلق بنموذج المضخة ومجال عملها

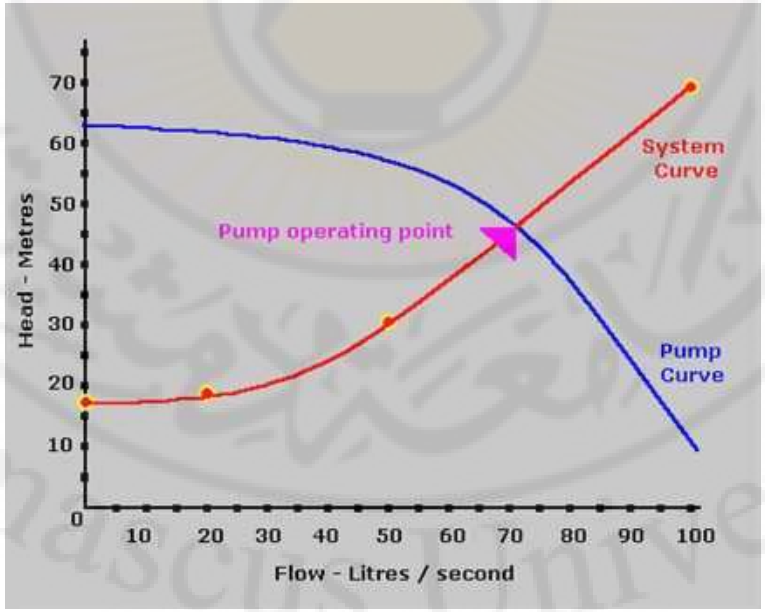
- الطاقة التي يجب أن يقدمها محرك المضخة:

$$N_m = \frac{N_p}{\eta_m}$$

– حيث η_m مردود المحرك

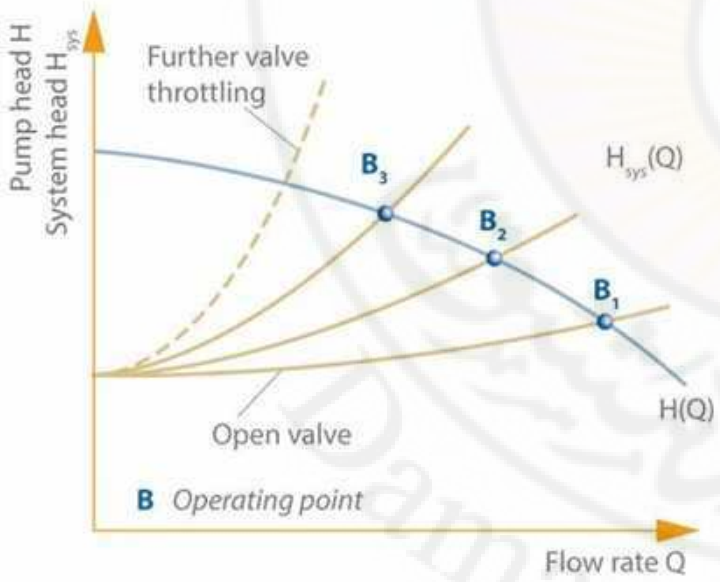
نقطة عمل مضخة مع أنبوب

- النقطة التي تشترك فيها المضخة والأنبوب بنفس الغزارة والضاغط
  - عند ضخ المياه في شبكة تغذية، يتم تحديد غزارة الضخ والضاغط من المنحني المميز لكل من المضخة وخط الضخ
  - تسمى نقطة تقاطع المنحنيين **نقطة العمل المشتركة**
    - تحدد ضاغط المضخة اللازم لضخ كمية المياه المطلوبة وتأمين الضاغط المطلوب
    - نقطة العمل المفضلة لمضخة مع أنبوب هي التي تحقق المردود الأعظمي للمضخة



التحكم بالغزارة الخارجة من مضخة نابذة

- الإغلاق الجزئي للصمام المركب بعد المضخة على أنبوب الضخ:
  - تزداد فواقد الضاغط بشكل كبير مما يؤدي إلى إزاحة نقطة عمل المضخة مع الأنبوب
    - تمر غزارة جديدة أقل
  - يؤدي ذلك إلى تناقص مردود المضخة بشكل كبير
    - تعتبر هذه الطريقة غير اقتصادية ونادراً ما تستعمل

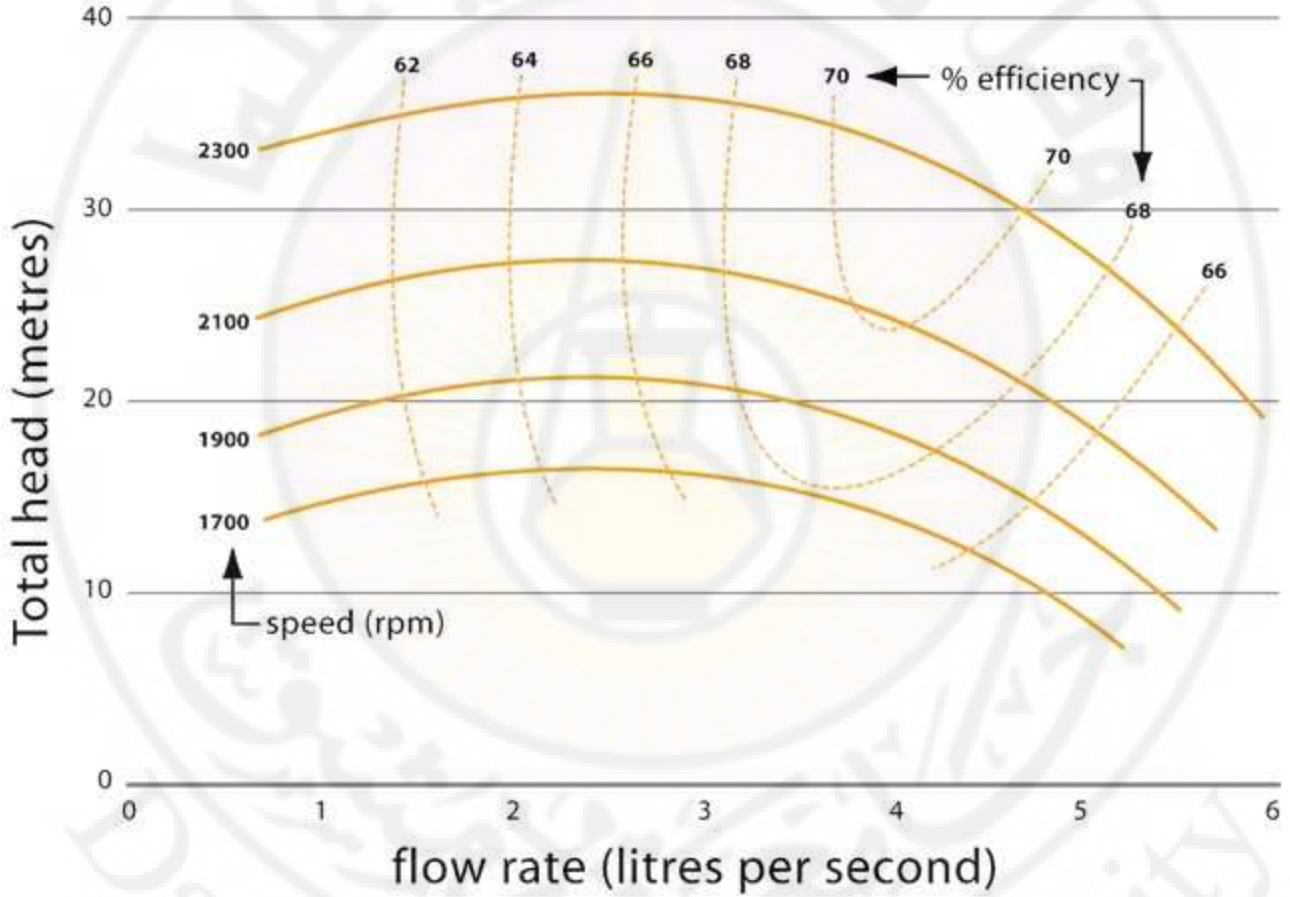


- التحكم بعدد دورات فراش المضخة: إن تغيير عدد الدورات من n إلى n’ يؤدي إلى تغيير الغزارة والضاغط والاستطاعة حسب المعادلات التالية:

$$Q' = \frac{n'}{n} \cdot Q$$

$$H' = \left(\frac{n'}{n}\right)^2 \cdot H$$

$$N' = \left(\frac{n'}{n}\right)^3 \cdot N$$


40
30
20
10
0
Total head (metres)
62
64
66
68
70
% efficiency
2300
2100
1900
1700
70
68
66
speed (rpm)
0
1
2
3
4
5
6
flow rate (litres per second)

- تؤدي هذه الطريقة إلى توسيع مجال عمل المضخة بشكل كبير مع المحافظة على مردود عمل جيد على كامل المجال
  - يعطي التحكم بعدد دورات فراش المضخة إمكانية جيدة لربط الاحتياجات المائية مع كمية المياه المضخوخة بشكل آلي

- تغيير قطر الفراش

– يؤدي تغيير قطر الفراش من d1 إلى d2 إلى تغيير ضاغط وغزارة المضخة وفقاً للمعادلات التالية:

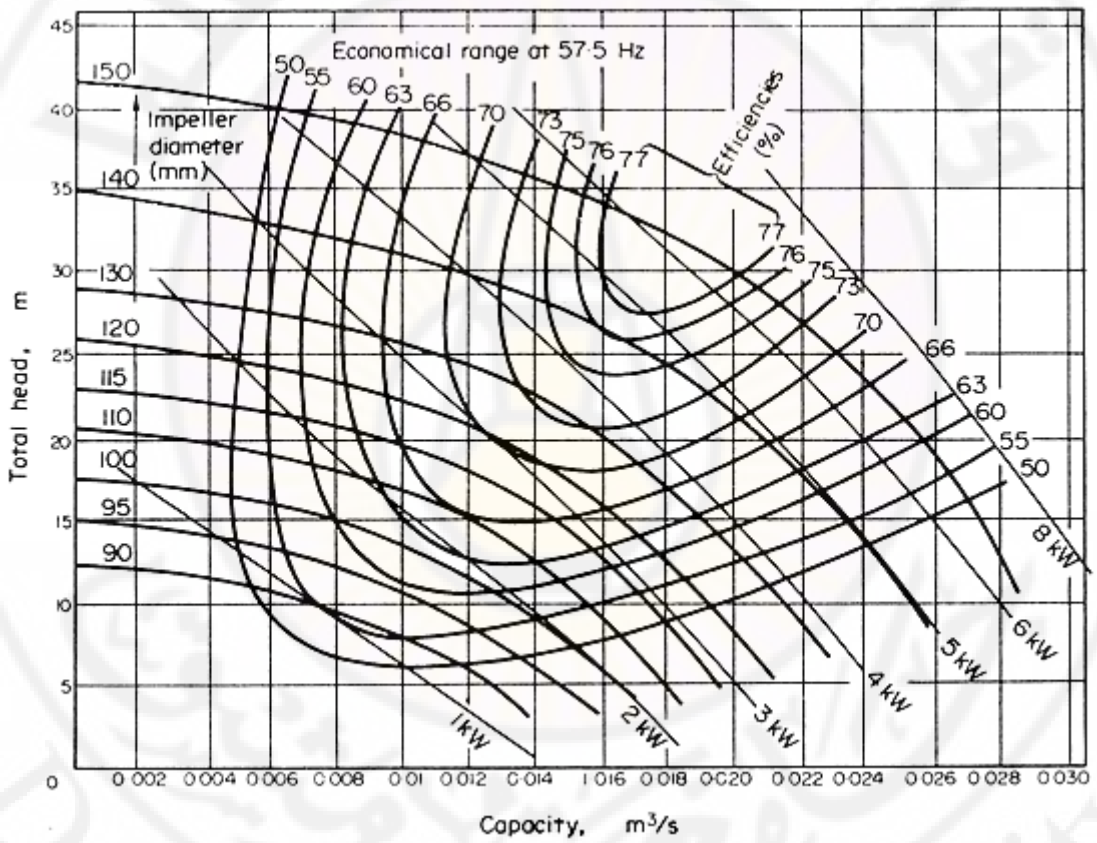
$$Q_2 = \frac{d_2}{d_1} \cdot Q_1$$

$$H_2 = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 \cdot H_1$$

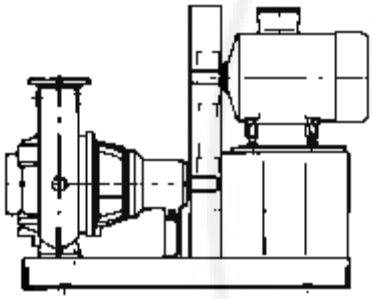
– يمكن أن يتم تغيير قطر الفراش لمرة واحدة وبالتالي فهو لايدخل ضمن نطاق التحكم بكمية المياه المضخوخة بالمعنى الحرفي للكلمة

– يمكن استخدامه عند التصميم المستقبلي لغزارة المضخة

- يمكن زيادة غزارة المضخة على مراحل (كل 10 سنوات على سبيل المثال)


Economical range at 57·5 Hz
Impeller diameter (mm)
Efficiencies (%)
Total head, m
Capacity, m³/s
150
140
130
120
115
110
100
95
90
50
55
60
63
66
70
73
75
76
77
1kW
2kW
3kW
4kW
5kW
6kW
8kW
0 002 0·004 0·006 0·008 0·01 0·012 0·014 0·016 0·018 0·020 0·022 0·024 0·026 0·028 0·030
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45

استخدام المضخات متغيرة السرعة



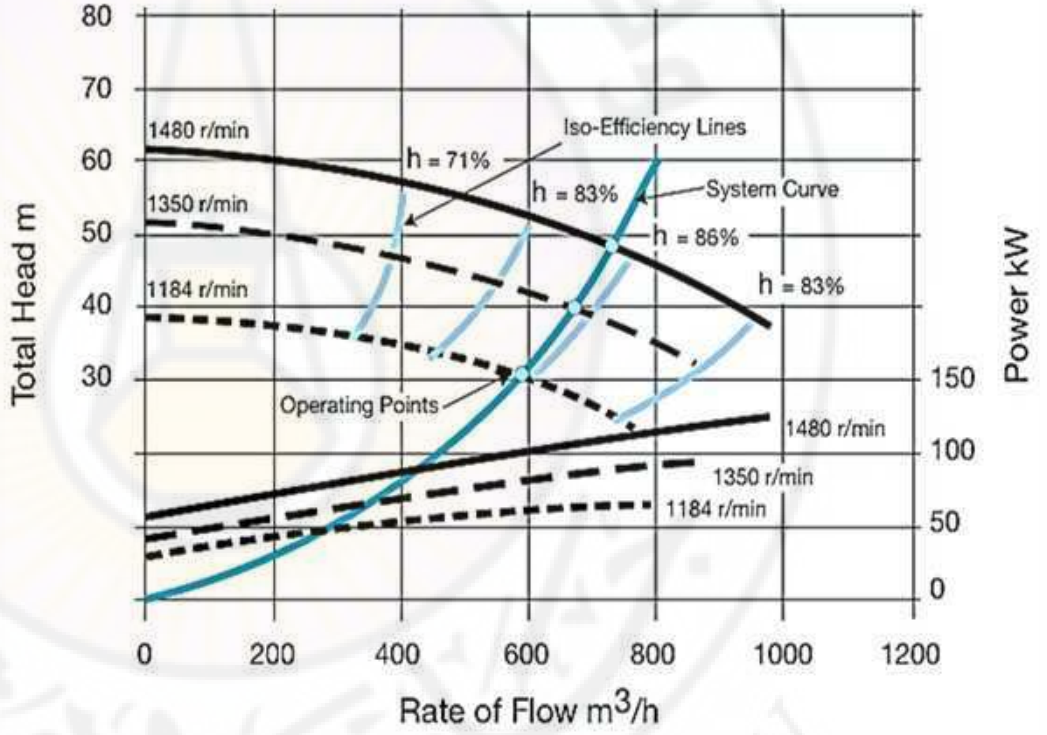
- انتشر استخدامها في السنوات الأخيرة
- سار التطوير وفقاً للمراحل التالية:

1. التحكم بالسرعة باستخدام علبة نقل سرعة (لايوجد توفير في الطاقة المصروفة)
2. التحكم بعدد دورات محركات التيار المستمر(لايوجد توفير في الطاقة المصروفة)
3. التحكم بعدد دورات محركات التيار المتناوب (مع انفرتر)

- تمثلت المشكلة الأساسية في كيفية التحكم بسرعة دوران المحرك حسب ظروف الاستهلاك
  - يمكن برمجة المضخة إذا عرف نظام تغير الاستهلاك مع الزمن
  - يمكن استخدام حساسات ضغط بحيث يمكن تغيير الغزارة وفقاً لتغيرات ضغط الجملة
    - زيادة أو نقص الاستهلاك تؤدي إلى نقص أو زيادة الضغط على الترتيب
    - يزداد أو ينقص عدد دورات المحرك لإعادة الضغط إلى وضعه الطبيعي (على الترتيب)



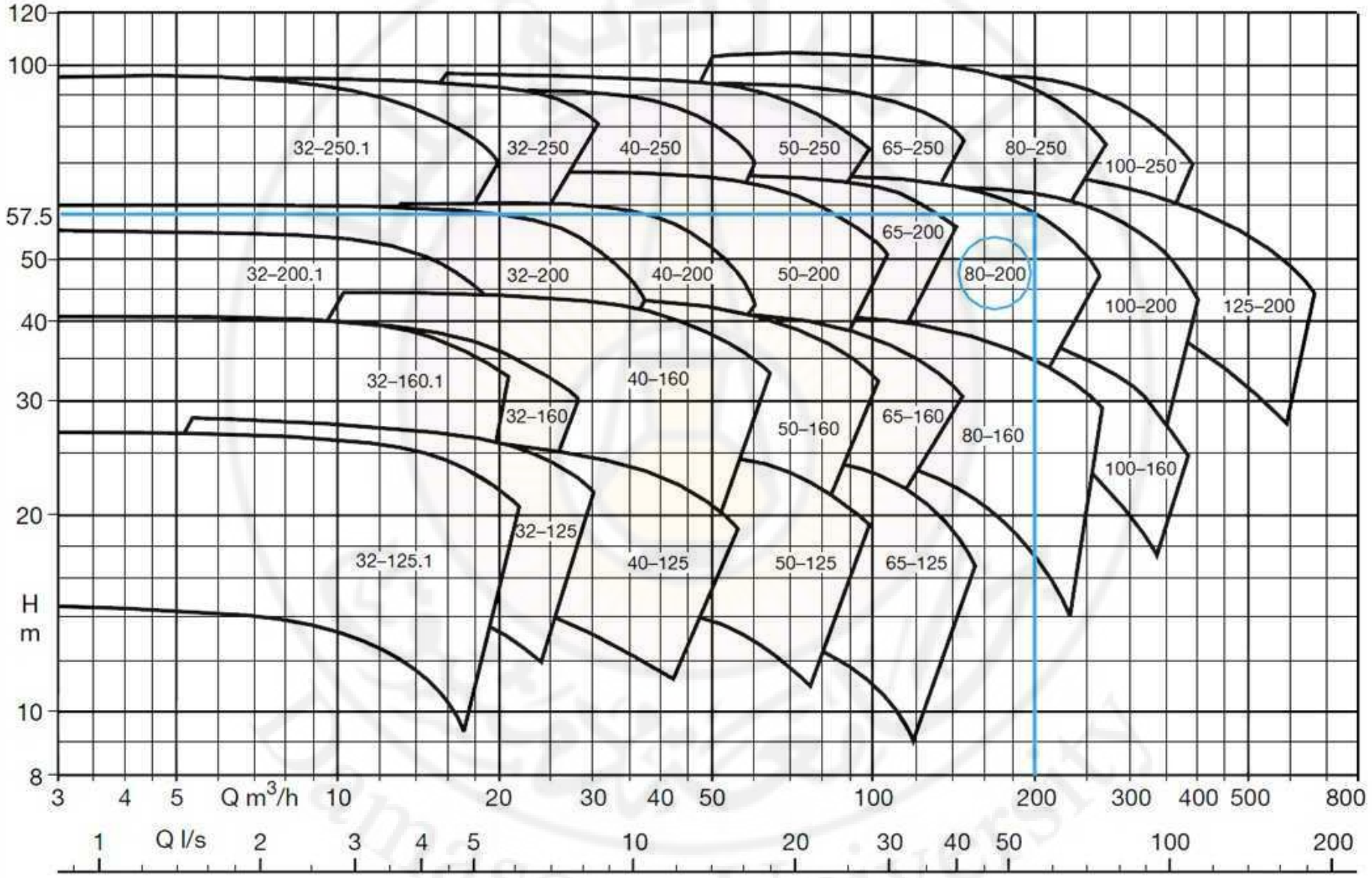


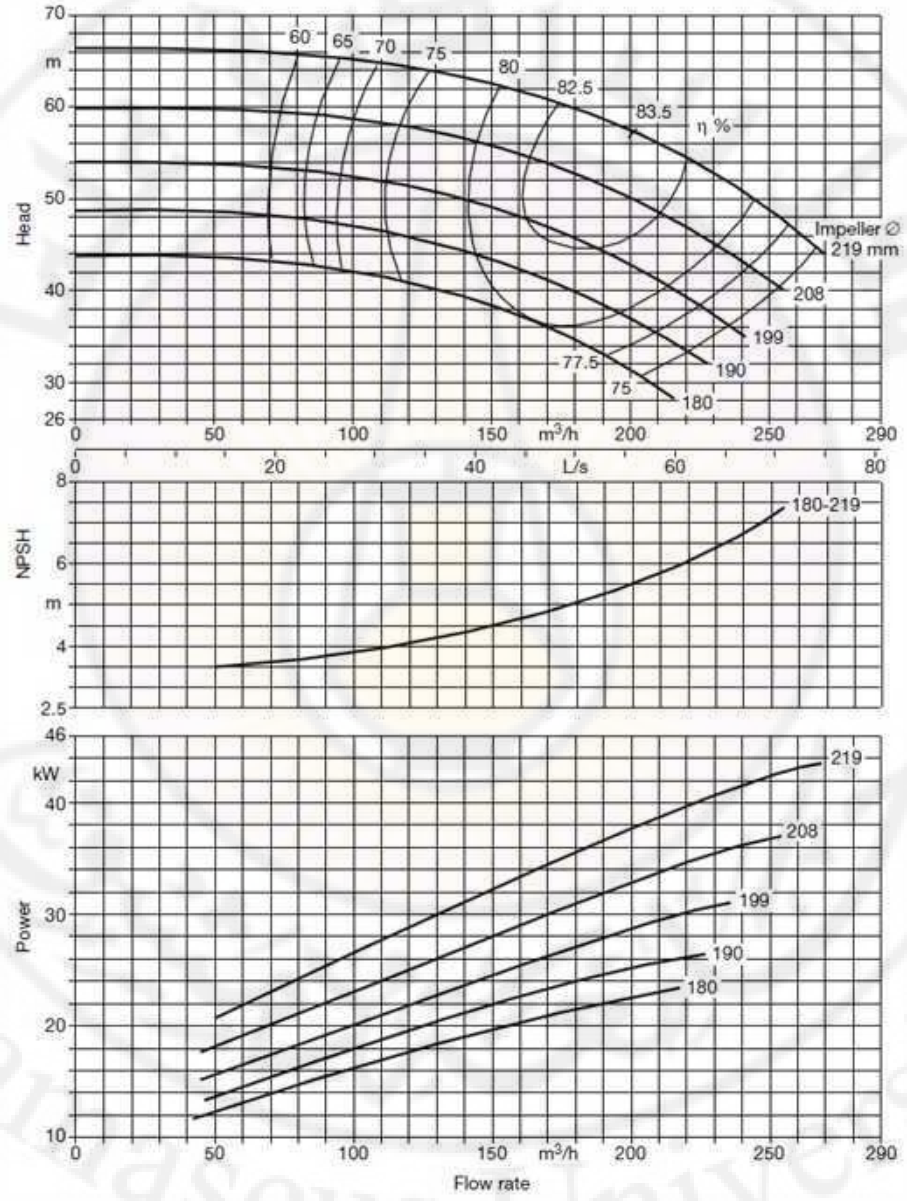


استخدام المضخات متغيرة السرعة

اختيار المضخة المناسبة

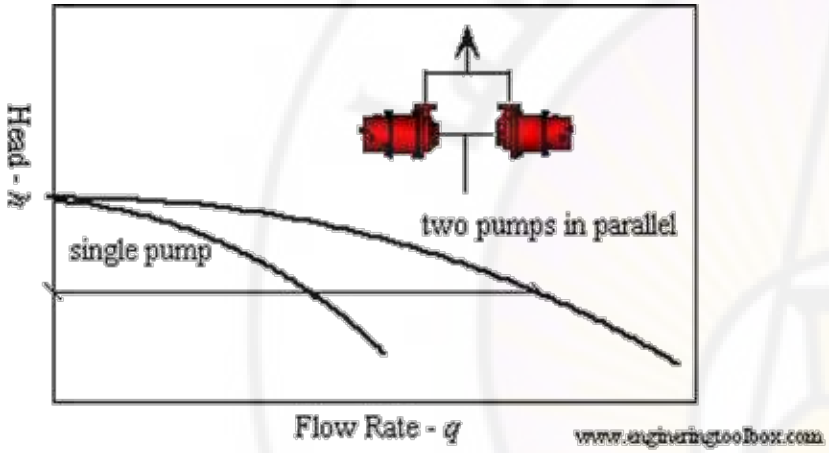
- من شروط العمل يتم تحديد الضاغط والغزارة الواجب أن تقوم المضخة بتأمينهما
- بالرجوع إلى منحنيات اختيار المضخات يمكن اختيار المضخة المناسبة بشكل أولي
  - يمكن الحصول عليها من الشركات الصانعة
- يتم الحصول على المنحنيات المميزة للمضخة المختارة
  - منها يتم الحصول على المواصفات التفصيلية للمضخة المختارة
  - تدقق نقطة عمل المضخة مع الجملة لمعرفة مردود المضخة المختارة عند نقطة العمل
  - يمكن اختيار مضخة أخرى إن كان المردود منخفضاً

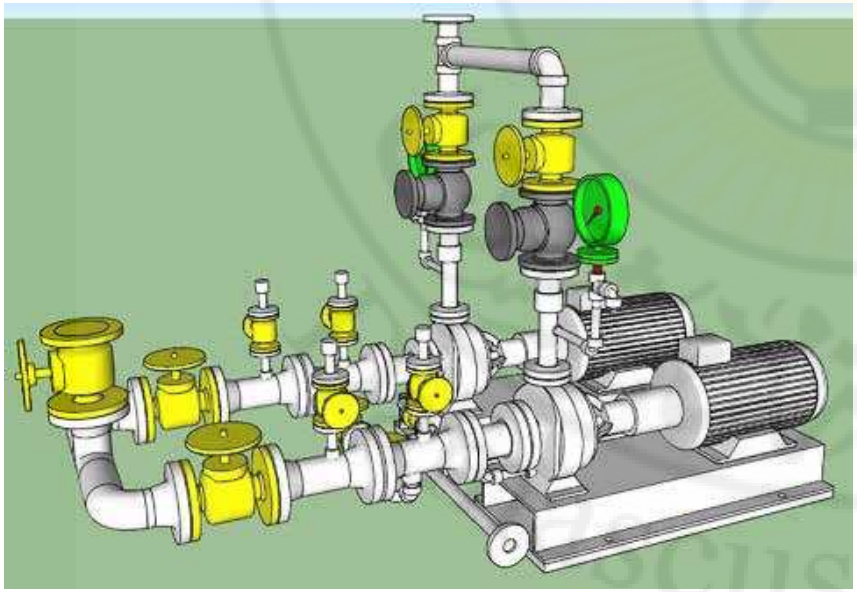

120
100
57.5
50
40
30
20
H
m
10
8
32–250.1
32–250
40–250
50–250
65–250
80–250
100–250
65–200
32–200.1
32–200
40–200
50–200
80–200
100–200
125–200
32–160.1
40–160
32–160
50–160
65–160
80–160
100–160
32–125
32–125.1
40–125
50–125
65–125
3
4
5
Q m³/h
10
20
30
40
50
100
200
300
400
500
800
1
Q l/s
2
3
4
5
10
20
30
40
50
100
200


Head
m
70
60
50
40
30
26
60
65
70
75
80
82.5
83.5
η %
Impeller ∅
219 mm
208
199
190
180
77.5
75
0
50
100
150
m³/h
200
250
290
0
20
40
L/s
60
80
NPSH
m
8
6
4
2.5
180-219
Power
kW
46
40
30
20
10
219
208
199
190
180
0
50
100
150
m³/h
200
250
290
Flow rate


العمل المشترك للمضخات
جمع المضخات على التوازي
جمع المضخات على التسلسل

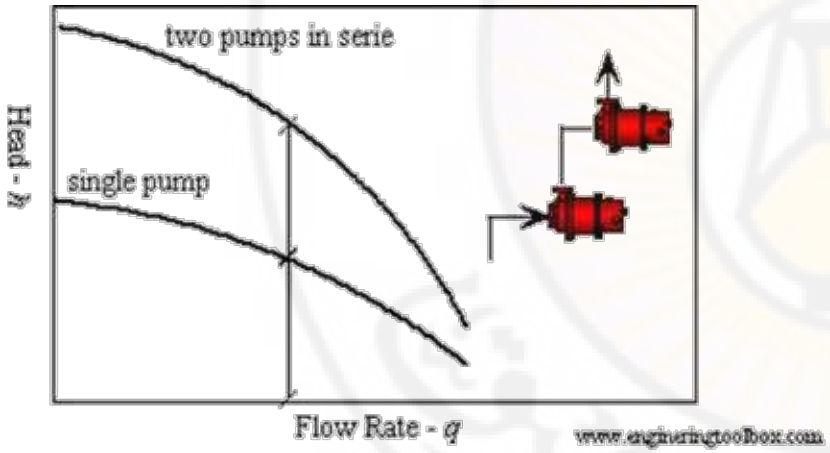
جمع المضخات على التوازي





- وصل مضختين متجاورتين أو أكثر على أنبوب الضخ نفسه
  - لكل مضخة أنبوب سحب مستقل
  - الغزارة التي تضخها المجموعة هو حاصل جمع غزارات المضخات المشكلة للمجموعة
  - يبقى الضاغط ثابتاً
- تستخدم لرفع الغزارة مع بقاء الضاغط ثابتاً

جمع المضخات على التسلسل



- جمع مضختين أو أكثر على أنبوب الضخ نفسه
  - تضخ الأولى المياه إلى الثانية التي تضخ المياه بدورها إلى الثالثة...، وتضخ الأخيرة المياه في أنبوب الضخ
  - الضاغط الناتج هو حاصل جمع الضواغط
  - تبقى الغزارة نفسها
- تستخدم لرفع الضاغط مع بقاء الغزارة ثابتة
- شرط عمل مجموعة مضخات موصولة على التسلسل
  - الغزارة التي تضخها كل مضخة أكبر من الغزارة الكلية المراد ضخها



ملحقات المضخة

- كـي تقـوم المضـخات بعملهـا بشـكل أمثلـي يجـب تزويـدها بالملحقات التالية:

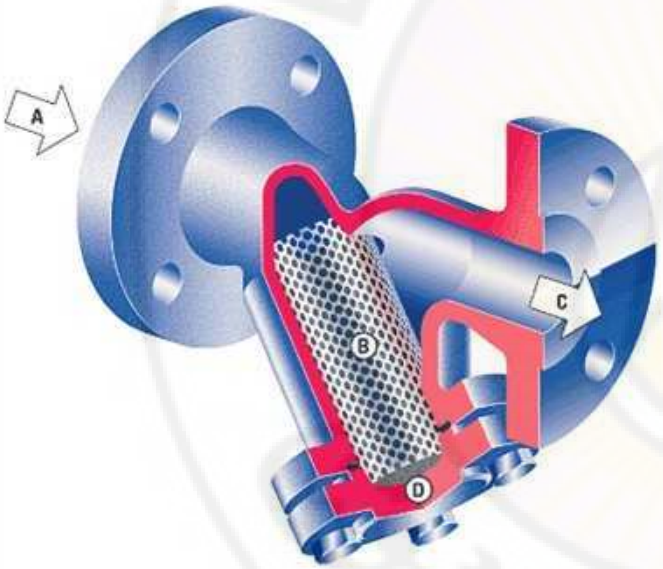


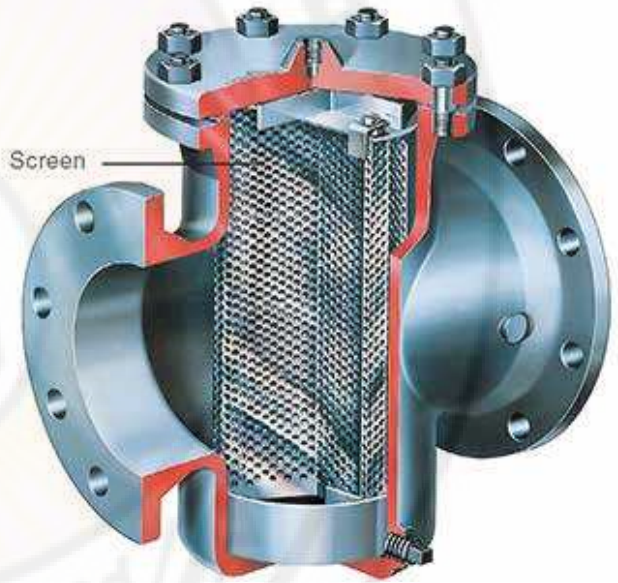
– على خط السحب (ابتداءً من المضخة)

- وصلة مرنة
  - – منع انتقال الاهتزاز إلى جدار خزان السحب
- صمام قطع
  - – لقطع المياه خلال أعمال الصيانة
  - – يفضل عدم استخدام صمام فراشة
- مصفاة
  - – لمنع دخول المواد الخشنة إلى المضخة



Metal Expansion Joint

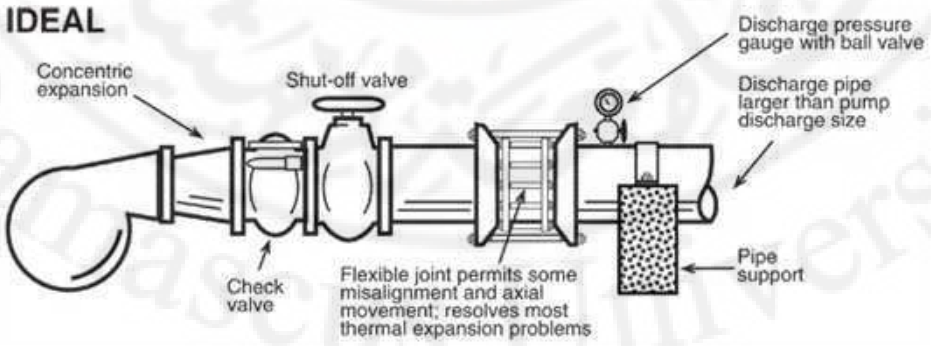




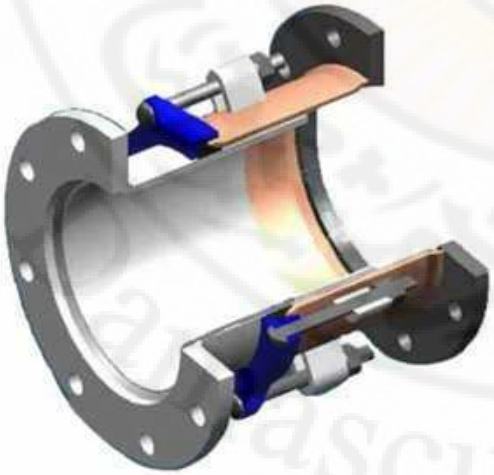
مصفاة

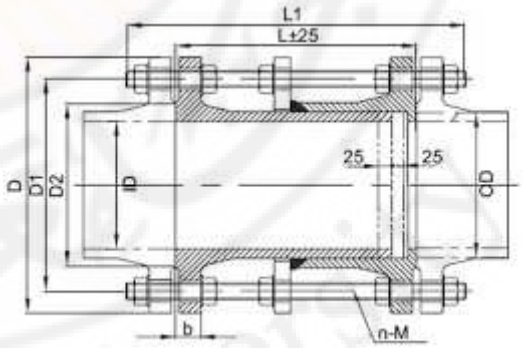
- على خط الضخ (اعتباراً من المضخة)
  - صمام عدم رجوع
    - يركب على خط الضخ بعد المضخة
    - يمنع عودة المياه إلى المضخة
      - « يسبب دوران المضخة بشكل عكسي مما قد يتلف الفراش أو المحرك
  - مقياس ضغط
  - وصلة فك وتركيب من النوع المتحمل للقوى المحورية
    - تجنب دعامات التثبيت
    - لتسهيل عمليات فك المضخة والصمامات الملحقة
  - صمام قطع
    - يستخدم لقطع المياه خلال عمليات الإصلاح والصيانة
    - يمكن أن يكون من أي نوع
  - يفضل تركيب عداد لقياس كمية المياه الخارجة من المضخة وذلك لمراقبة استطاعتها

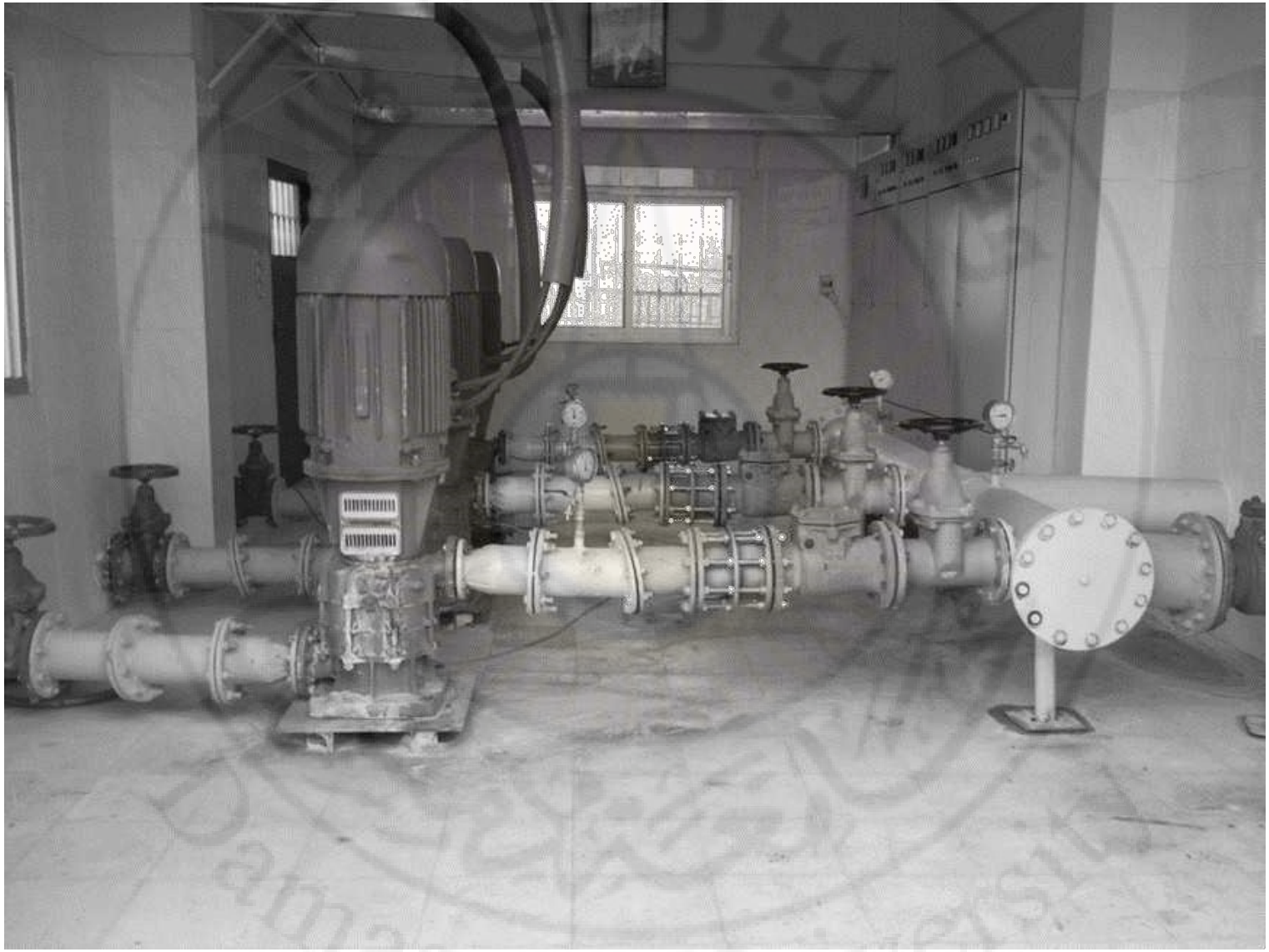





MTS
WATERFLEX
MTS
WATERFLEX
MTS
WATERFLEX




L1
L+25
25
25
D
D1
D2
d
OD
b
n-M

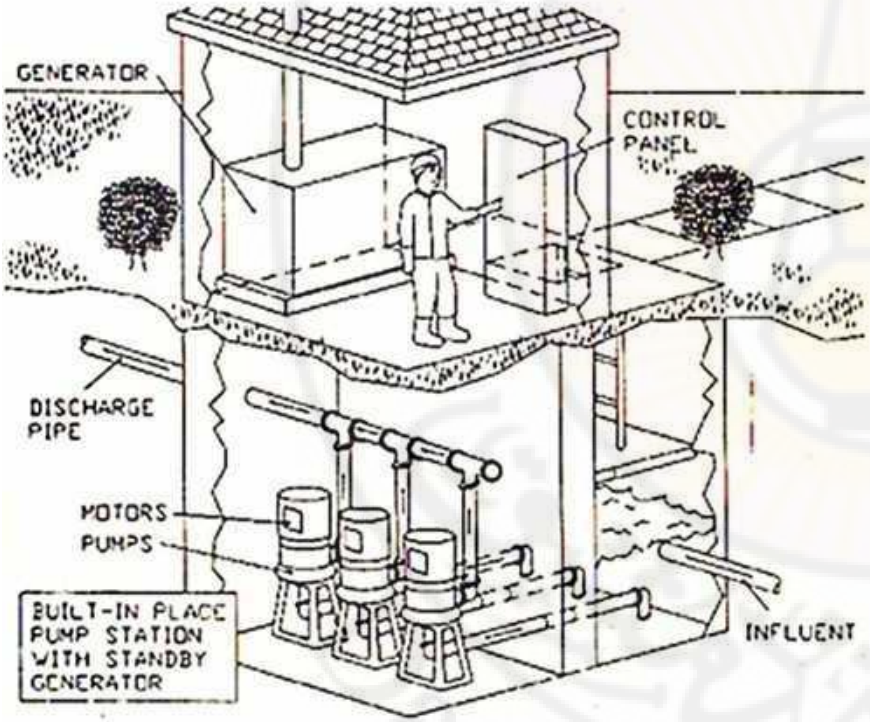


محطات الضخ

محطة الضخ

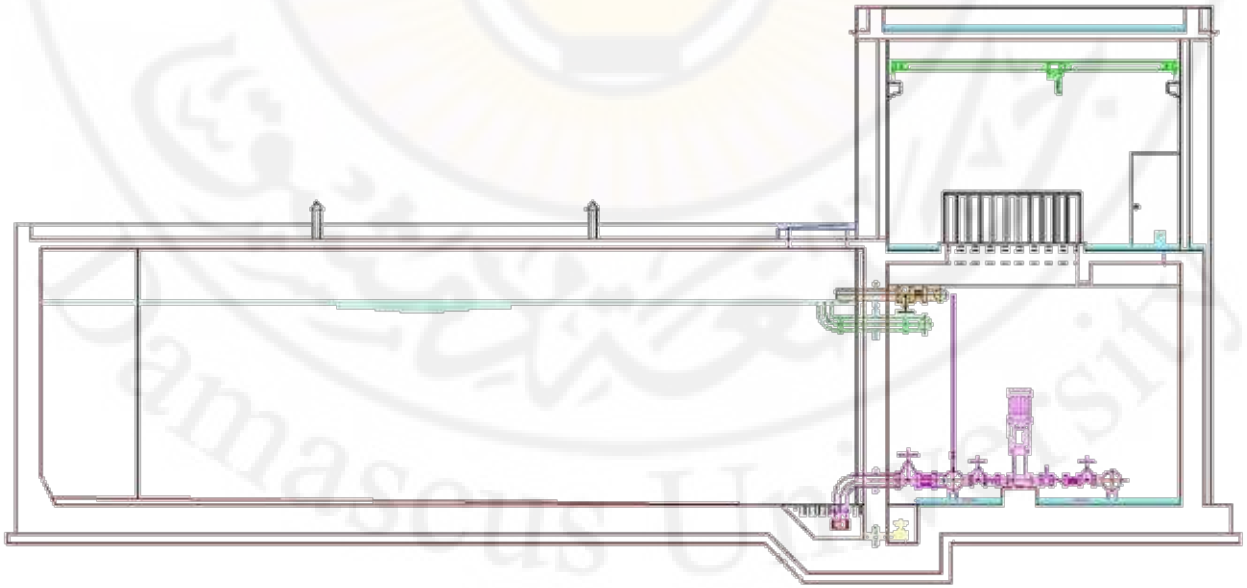
- الغرفة أو مجموعة الغرف من المبنى تحوي
  - المضخات
  - ملحقات المضخات
    - أنابيب الضخ والسحب وملحقاتها من صمامات ومقاييس ومثبتات
    - التمديدات الكهربائية التي تزود المحركات والتجهيزات المختلفة بالتيار الكهربائي اللازم لتشغيلها إضافة للإنارة والأغراض الأخرى
    - مجموعة التحكم الآلي التي تنظم عمل المضخات، وتضم تجهيزات الأمان المختلفة اللازمة لحماية المضخات
    - قد تضاف إلى محطات الضخ مجموعة توليد كهرباء احتياطية لضمان التزويد بالماء عند انقطاع التيار الكهربائي

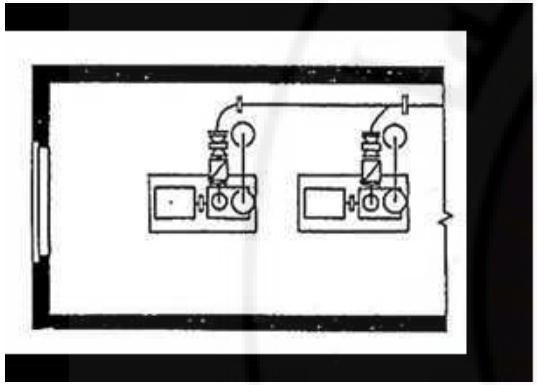
- **أقسام محطة الضخ**
  - **خزان السحب:**
    - يتوضع بين المضخة ومدخل المياه إلى المحطة
    - يستخدم لتوزيع المياه على عدة مضخات
    - يساعد على التحكم بعمل المضخات
    - يمتص الفرق بين كمية المياه الواردة والغزارة التي تضخها المضخة
    - المحافظة على عدد إقلاعات المضخة في الساعة ضمن الحدود المسموحة
  - **غرفة المضخات:**
    - تحتوي على المضخات ومحركاتها (حسب نوع المضخات المستخدمة)
  - **غرفة التحكم:**
    - تحتوي على لوحة التحكم والتمديدات الكهربائية وبقية التجهيزات الملحقة بالمحطة
    - يمكن الاستغناء عنها ووضعها في غرفة المضخات

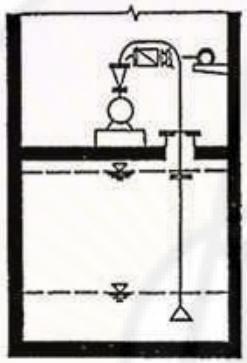



أشكال محطات الضخ
محطة مع مضخات متوضعة في الجفاف تحت منسوب الماء
محطة ضخ مع مضخة متوضعة في الجفاف فوق منسوب المياه
محطة ضخ مع مضخة متوضعة ضمن المياه
المضخات الغاطسة

- **محطة مع مضخات متوضعة في الجفاف تحت منسوب الماء**
  - من أكثر الأشكال انتشاراً
  - تتوضع المضخات، الأنابيب والصمامات معاً في غرفة المضخات
  - تبقى المضخات باستمرار ممتلئة بالمياه
  - لاتحتاج إلى تجهيزات خاصة للإقلاع



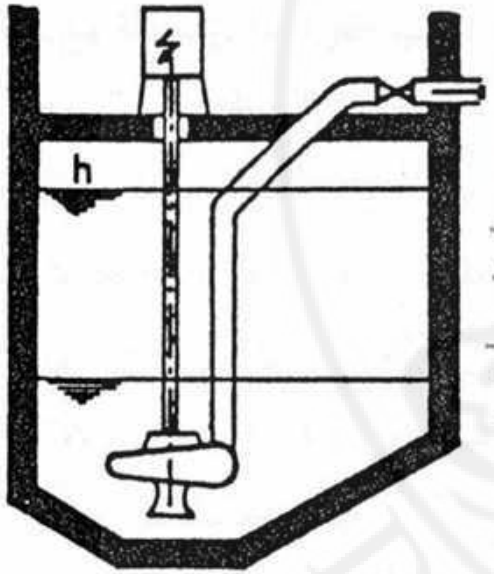


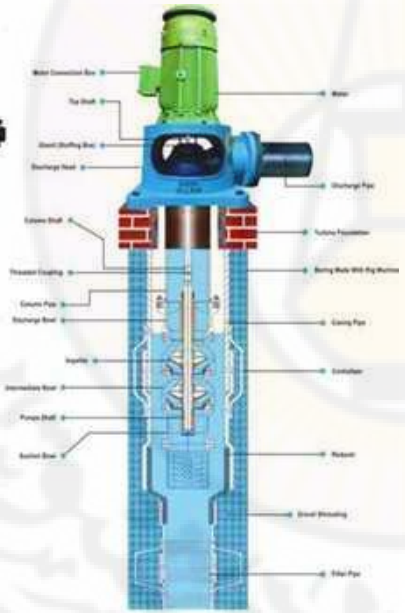




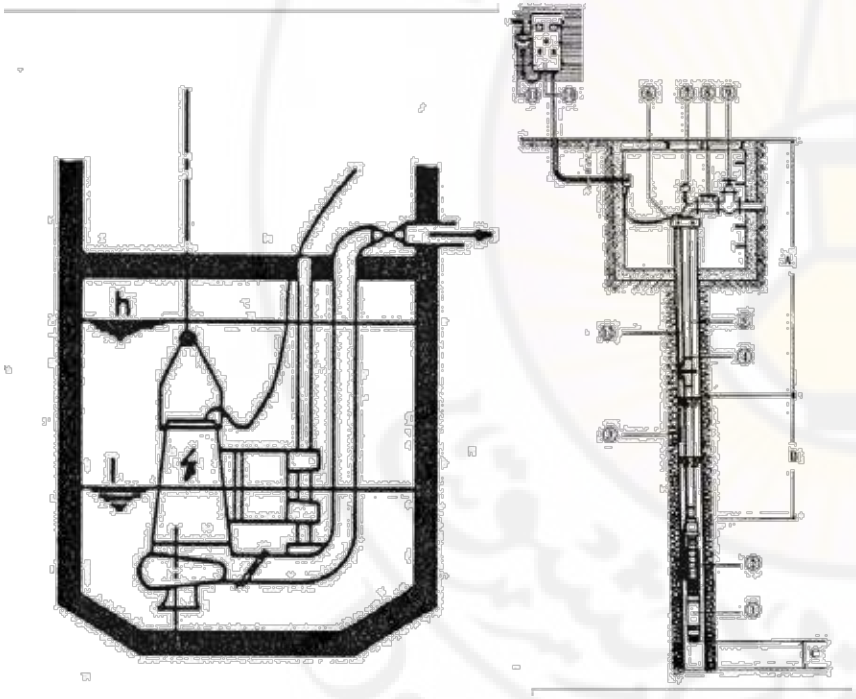
- **محطة ضخ مع مضخة متوضعة في الجفاف فوق منسوب المياه**
  - تقع المضخة مع المحرك فوق منسوب المياه
  - يتم تفريغ أنبوب السحب من الهواء باستخدام تجهيزات خاصة ملحقة
  - المزايا:
    - تتوضع غرفة المضخات فوق خزان السحب بشكل أمين من خطر الفيضان
    - صغر المساحة التي تشغلها
    - وجود أنبوب سحب طويل يزيد خطر التكهف وخطر الانسداد عند احتواء المياه على شوائب (مواد صلبة)

- **محطة ضخ مع مضخة متوضعة ضمن المياه**
  - تتوضع المضخة مباشرة في غرفة السحب
  - يتوضع المحرك فوق غرفة السحب
  - المزايا:
    - عدم وجود أنبوب سحب والتخلص من المشاكل المتعلقة به
    - سهولة مراقبة المحرك وصيانته
    - سيئة هذا الشكل وجود محور نقل حركة طويل بين المضخة والمحرك



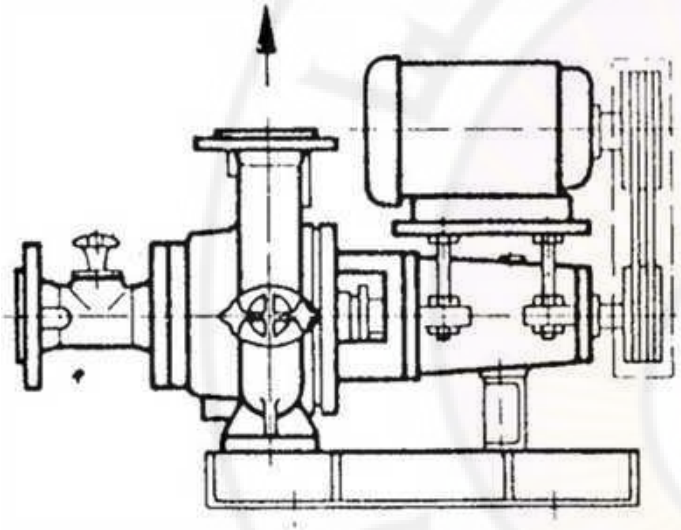


- **المضخات الغاطسة**
  - يتوضع المحرك والمضخة كوحدة واحدة
  - المزايا:
    - البساطة
    - صغر المساحة اللازمة
    - عدم إمكانية المراقبة البصرية للمضخة والمحرك
    - الحاجة إلى سحب المضخة إلى سطح الأرض من أجل أعمال الإصلاح والصيانة



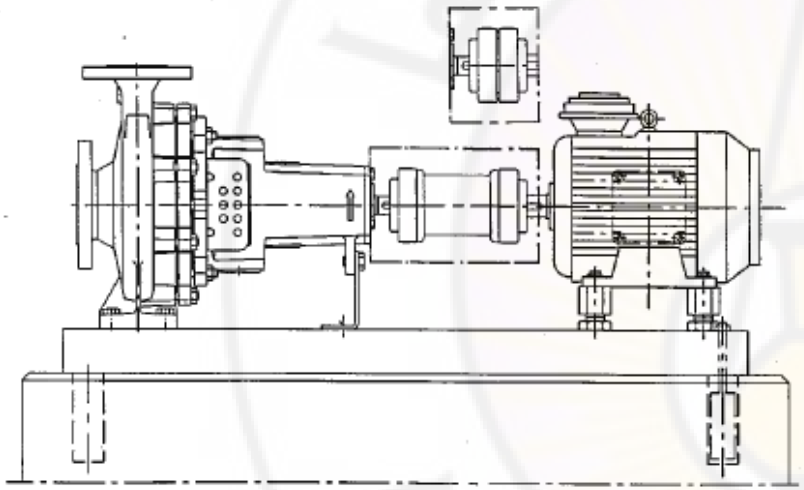

أشكال توضع المضخات
محور المضخة مستقل عن محور المحرك
للمضخة والمحرك المحور نفسه
المحرك مركب فوق المضخة في وضع أفقي
المحرك مركب بجانب المضخة في وضع أفقي
المحرك فوق المضخة في وضع عمودي
المضخة العمودية
مضخة ذات توضع أفقي
مضخة ذات توضع عمودي
المضخة الغاطسة

محور المضخة مستقل عن محور المحرك





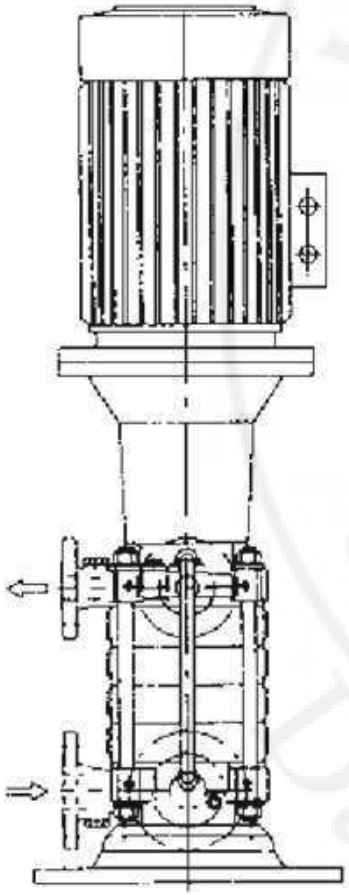
- **المحرك مركب فوق المضخة في وضع أفقي**
  - الحركة تنقل إلى المضخة بواسطة سير أو مسننات
  - المزايا:
    - تحتاج المجموعة إلى مساحة صغيرة
    - يمكن التحكم بالسرعة عن طريق تركيب عدة دواليب أو مسننات مختلفة الأقطار لنقل الحركة
    - يمكن مراقبة كل الأجزاء الدوارة
    - صعوبة الفك والتركيب
    - يجب معايرة سيور نقل الحركة باستمرار



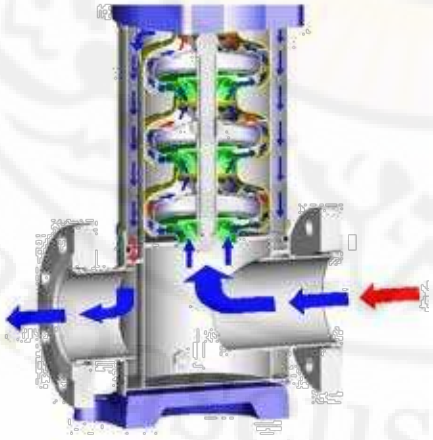
- المحرك مركب بجانب المضخة في وضع أفقي:
  - المزايا:
    - سهلة الصيانة
    - يمكن مراقبة الأجزاء المتحركة بسهولة
    - تحتاج إلى مساحة كبيرة
    - وصل محور المضخة مع محور المحرك يسبب بعض المشاكل



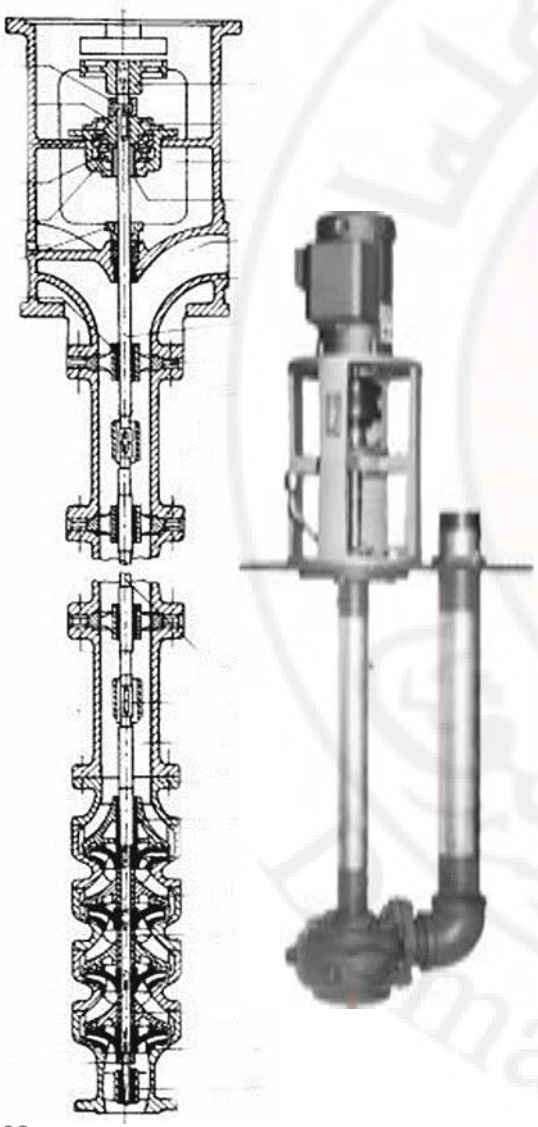






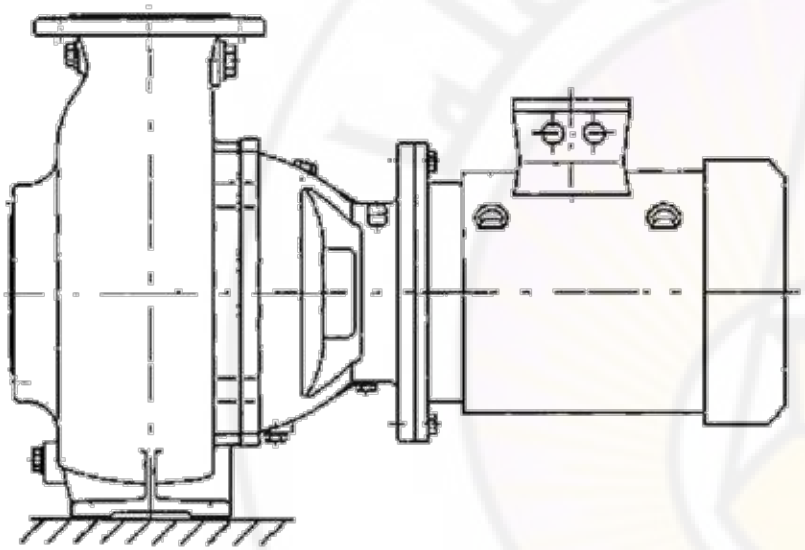


- **المحـرك فـوق المضـخة فـي وضـع عمودي**
  - المزايا:
    - تحتاج إلى مساحة صغيرة
    - سهلة الفك والتركيب
    - يمكــن مراقبــة الأجــزاء المتحركــة بسهولة
    - فك الفراش يحتاج لجهد كبير



- **المضخة العمودية:**
  - مضخة ذات توضع عمودي
  - تتألف من مضخة واحدة أو عدة مضخات موصولة على التسلسل معلقة بأنبوب الضخ
  - يتوضع المحرك فوق الأرض بينما تتوضع المضخة تحت الأرض أو تحت منسوب الماء
  - يصل بين المضخة والمحرك محور متوضع ضمن أنبوب الضخ مزود بمساند مركبة على مسافات منتظمة تمنع اهتزازه
  - يتم تبريدها بواسطة السائل المضخوخ نفسه
  - تستخدم لضخ المياه من الآبار ومياه الصرف الصحي
  - المزايا:
    - وجود المحرك فوق الأرض يسهل مراقبته وصيانته
    - ضرورة الانتباه باستمرار لمحور نقل الحركة لأن أي اختلال في وضعه يؤدي لاهتزازه وبالتالي ضرر للمجموعة ككل
    - تناقص المردود مع زيادة العمق

للمضخة والمحرك المحور نفسه





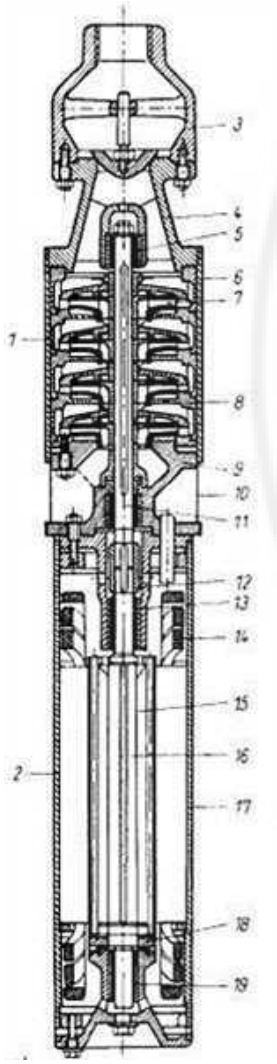
- **مضخة ذات توضع أفقي:**
  - المزايا:
    - طولها قصير
    - تحتاج لوقت قصير للإصلاح والصيانة
    - لاتحتاج إلى الكثير من أعمال الصيانة
    - لايمكن مراقبة الأجزاء الدوارة







- **مضخة ذات توضع عمودي:**
  - المزايا:
    - طولها قصير
    - تحتاج لوقت قصير للإصلاح والصيانة
    - لاتحتاج إلى الكثير من أعمال الصيانة
    - لايمكن مراقبة الأجزاء الدوارة
    - المحرك ذو محور بتصميم خاص







- **المضخة الغاطسة:**
  - يتوضع المحرك تحت المضخة في الوضع العمودي ويشترك معها بنفس المحور
  - تتوضع المجموعة كاملة تحت منسوب الماء
  - يملأ المحرك بسائل تبريد
  - السائل المضخوخ يقوم بتبريد المضخة
  - المزايا:
    - تورد كقطعة واحدة مع المحرك
    - تحتاج إلى مساحة صغيرة
    - يوجد منها شكل مخصص لضخ مياه الصرف الحاوية على شوائب
    - لايمكن مراقبة الأجزاء الدوارة
    - لايمكن إطلاقاً تشغيلها في الجفاف
    - يجب إخراجها إلى سطح الأرض من أجل أعمال الإصلاح والصيانة

عدد المضخات ضمن محطة الضخ

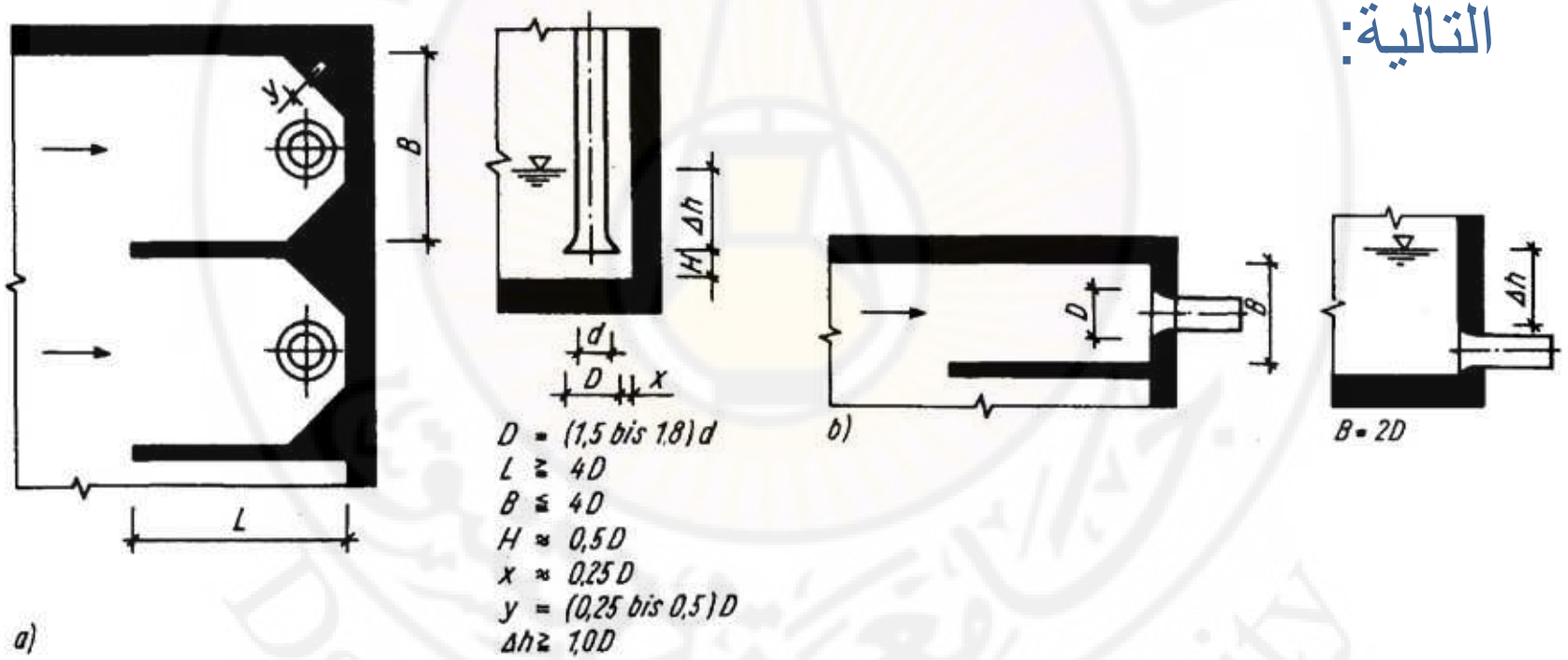
- تحوي محطة الضخ على مضخة عاملة أو أكثر تبعاً للعوامل التالية:
  - الغزارة المراد ضخها
  - تغيرات الغزارة المراد ضخها مع الزمن
    - تعمل مضخة واحدة عند الغزارة الدنيا
    - تقلع مضخات أخرى موصولة معها على التوازي بشكل متتالٍ مع زيادة الغزارة
  - عدد الخزانات المراد تغذيتها
    - تخصص مضخة عاملة (أو أكثر) لكل خزان
  - زيادة عدد المضخات العاملة يؤدي إلى زيادة موثوقية النظام
  - تزداد الكلفة كلما ازداد عدد المضخات العاملة
    - من المفضل اقتصادياً استخدام عدد أقل من المضخات العاملة

– من أجل زيادة موثوقية الجملة تركيب مضخات احتياطية بما يتناسب مع

- عدد المضخات
- عدد نماذج المضخات العاملة ضمن المحطة
- يفضل تشغيل هذه المضخات بالتناوب مع المضخات العاملة
  - حتى لاتتعرض للصدأ إن بقيت خارج الخدمة لفترة طويلة

تصميم مدخل المياه إلى المضخة

- يجب عند تصميم فتحة سحب المضخة الالتزام بالأبعاد التالية:



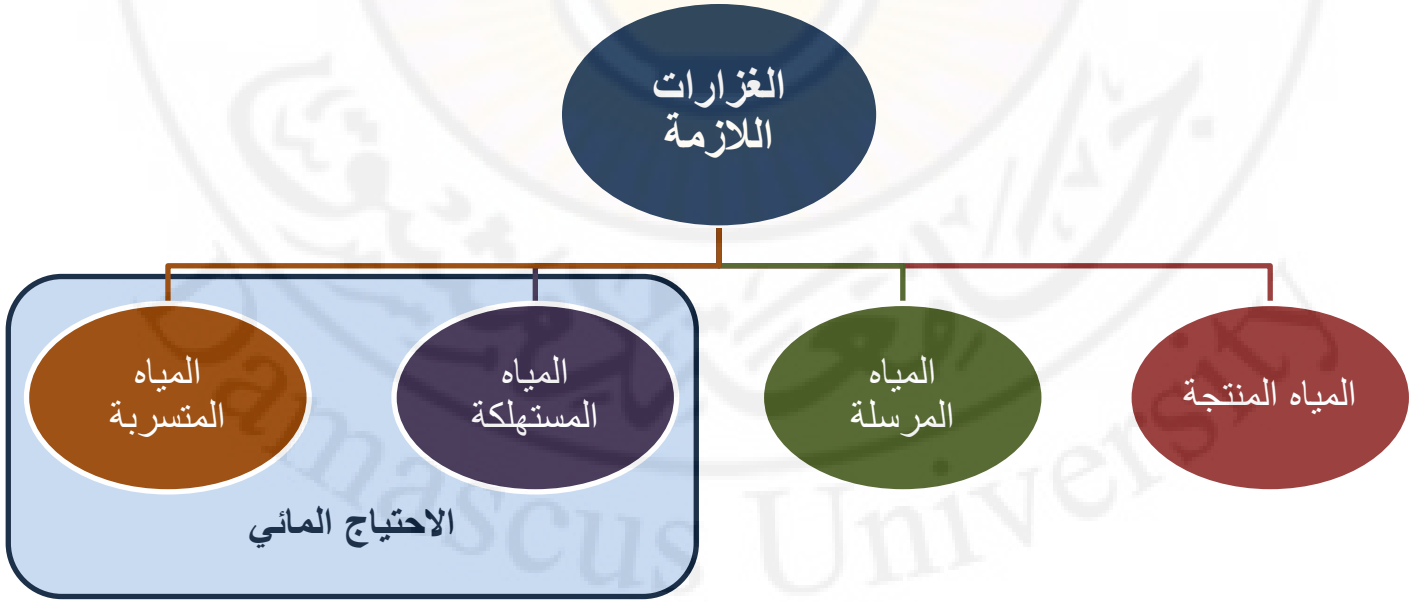
الاحتياج المائي

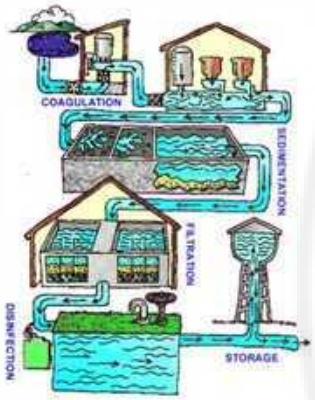
Water Demand



الاحتياج المائي

- لابد عند تصميم مشروع المياه من تحديد دقيق لكمية المياه التي يجب أن يقوم المشروع بتأمينها والتي تسمى الاحتياج المائي Q
- يقدر الاحتياج المائي بالحجم لواحدة الزمن m^3/h أو l/sec





المياه المنتجة

Q_{wp}



المياه المرسلة

Q_{wd}



المياه المستهلكة

Q_{wc}



المياه المتسربة

Q_{wl}



- **المياه المنتجة Q_{wp}:** كمية المياه التي تم إنتاجها في محطة التنقية وضخت إلى خزانات التوزيع
  - على العموم غزارتها ثابتة وتتعلق باستطاعة محطة التنقية
  - يتم تجميع المياه النقية في خزان ومن ثم يتم إرسالها إلى نظام التغذية بالمياه
- **المياه المرسلة بالشبكة Q_{wd}:** كمية المياه التي تم إرسالها مباشرة إلى شبكة التوزيع
  - ابتداءً من خزان المياه النظيفة في محطة التنقية أوخزان المياه في بداية الشبكة
  - تساوي تقريباً كمية المياه المنتجة

- **المياه المستهلكة Q_{wc}:** كمية المياه التي تم استخدامها فعلاً من قبل المستهلكين وسجلت على عداداتهم
  - الغزارات في شبكة التوزيع متغيرة مع الزمن بسبب عدد من العوامل
    - احتياجات المستهلكين، المناخ، استطاعة المصدر المائي، ...
- **المياه المتسربة Q_{wl}:** هي كمية المياه التي فقدت فيزيائياً من الشبكة
  - غزارتها ثابتة مع الزمن تقريباً
  - تتعلق كميتها بالشروط المحيطة والمسيطرة بشبكة التوزيع

- **الاحتياج المائي Q_d:** كمية المياه المسجلة على العداد المركب عند بداية شبكة التوزيع
  - نظرياً يكافئ الاحتياج المائي كمية المياه المستهلكة
  - عملياً يساوي المياه المستهلكة مضافاً إليها المياه المتسربة

$$Q_d = Q_{wc} + Q_{wl}$$

  - يساوي كمية المياه المرسلة إلى الشبكة
  - يحسب m^3/s أو l/s
- **الاحتياج المائي الوسطي $Q_{d,av}$ (m^3/d):**
  - الاحتياج اليومي الوسطي محسوباً من القراءة السنوية للعداد الرئيس المركب على الشبكة

$$Q_{d,av} = \frac{Q_d}{365}$$

- **الاحتياج المائي النوعي (q_d (l/p/d:**

– الاحتياج المائي للفرد (بما فيه الفواقد من الشبكة)، ويحسب بقسمة الاحتياج اليومي الوسطي على عدد السكان

$$q_d = \frac{Q_{d,av}}{N}$$

- **الاستهلاك النوعي (q(l/p/d:**

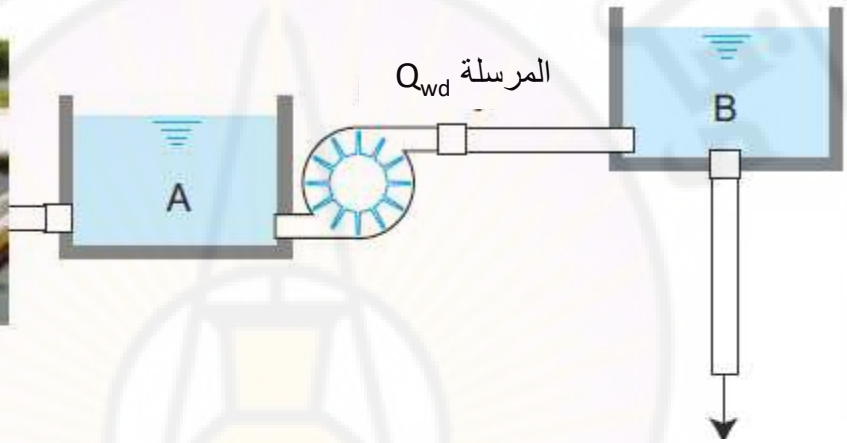
– متوسط الاستهلاك اليومي الصافي للفرد محسوباً بناء على مجموع الاستهلاك السنوي للسكان Q_{total} المأخوذ من قراءات عداداتهم

$$q = \frac{Q_{total}}{365 \cdot N}$$

N: عدد السكان

المياه المنتجة Q_{wp}





المرسلة Q_{wd}

الاحتياج المائي Q_d

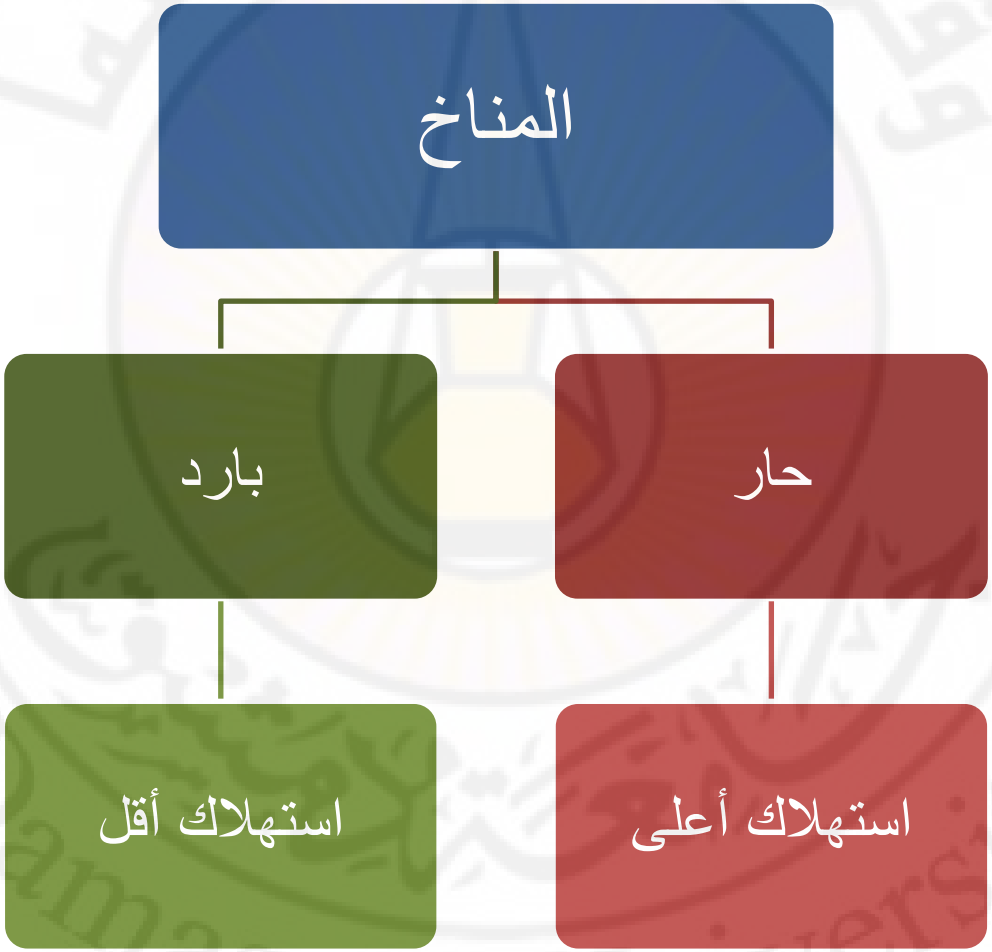


الاحتياج المائي

$$Q_d = Q_{wc} + Q_{wl}$$

العوامل المؤثرة على الاحتياجات المائية




المناخ
حار
بارد
استهلاك أعلى
استهلاك أقل

تأثير وجود ووفرة المياه

شبكة مركزية

ندرة المياه وانقطاعها المتكرر

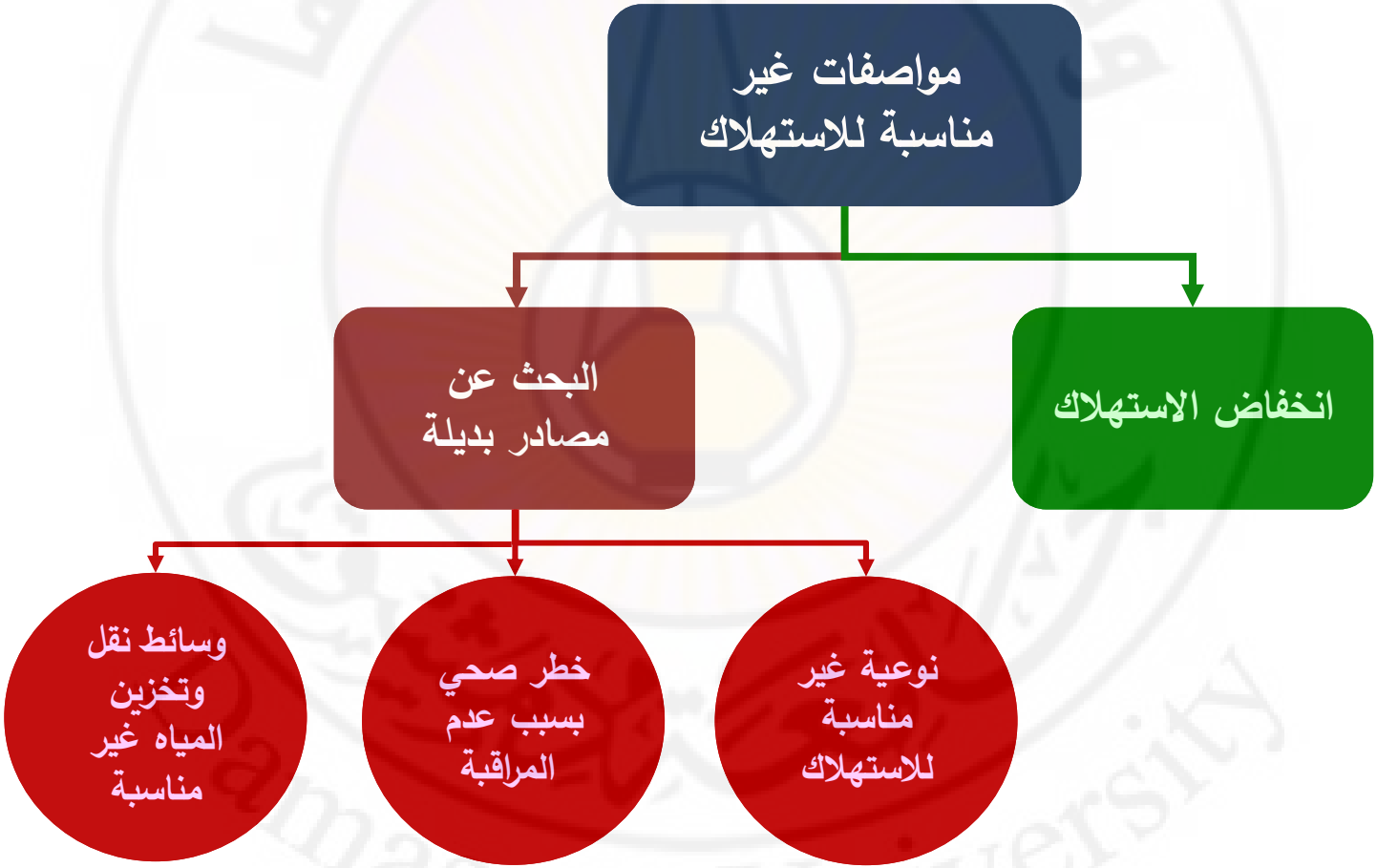
زيادة الاستهلاك

انخفاض الاستهلاك

البحث عن مصادر بديلة

خطر صحي بسبب عدم المراقبة

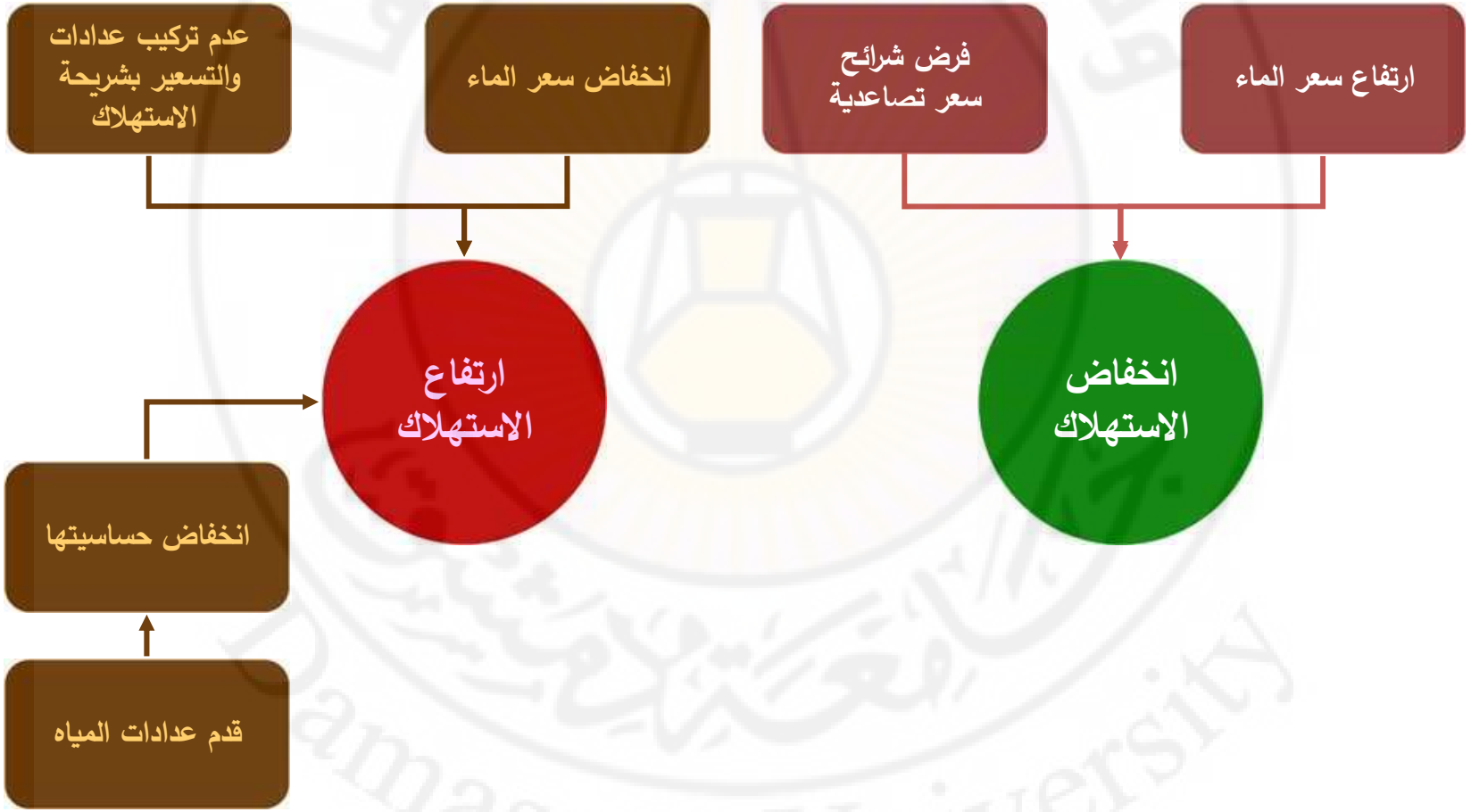
تأثير مواصفات المياه



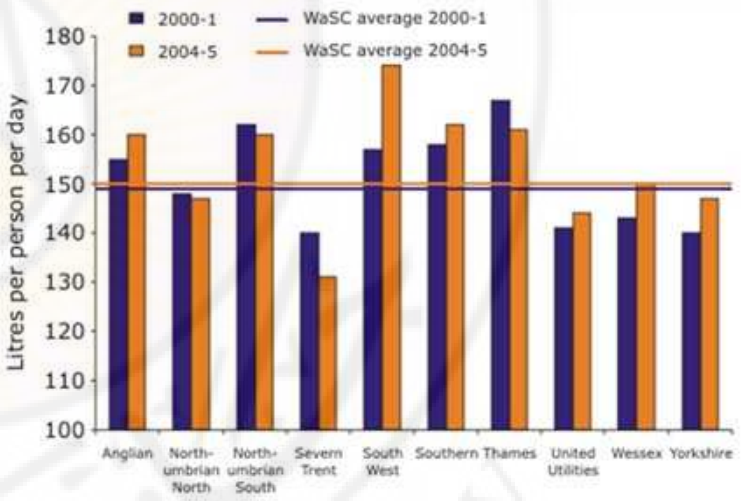
تأثير حجم التجمع السكاني



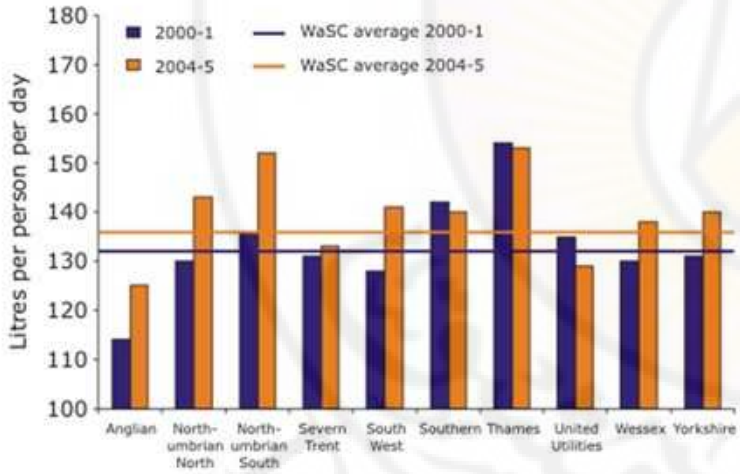
تأثير سعر المياه ووجود العدادات المنزلية



استهلاك المياه دون وجود عدادات

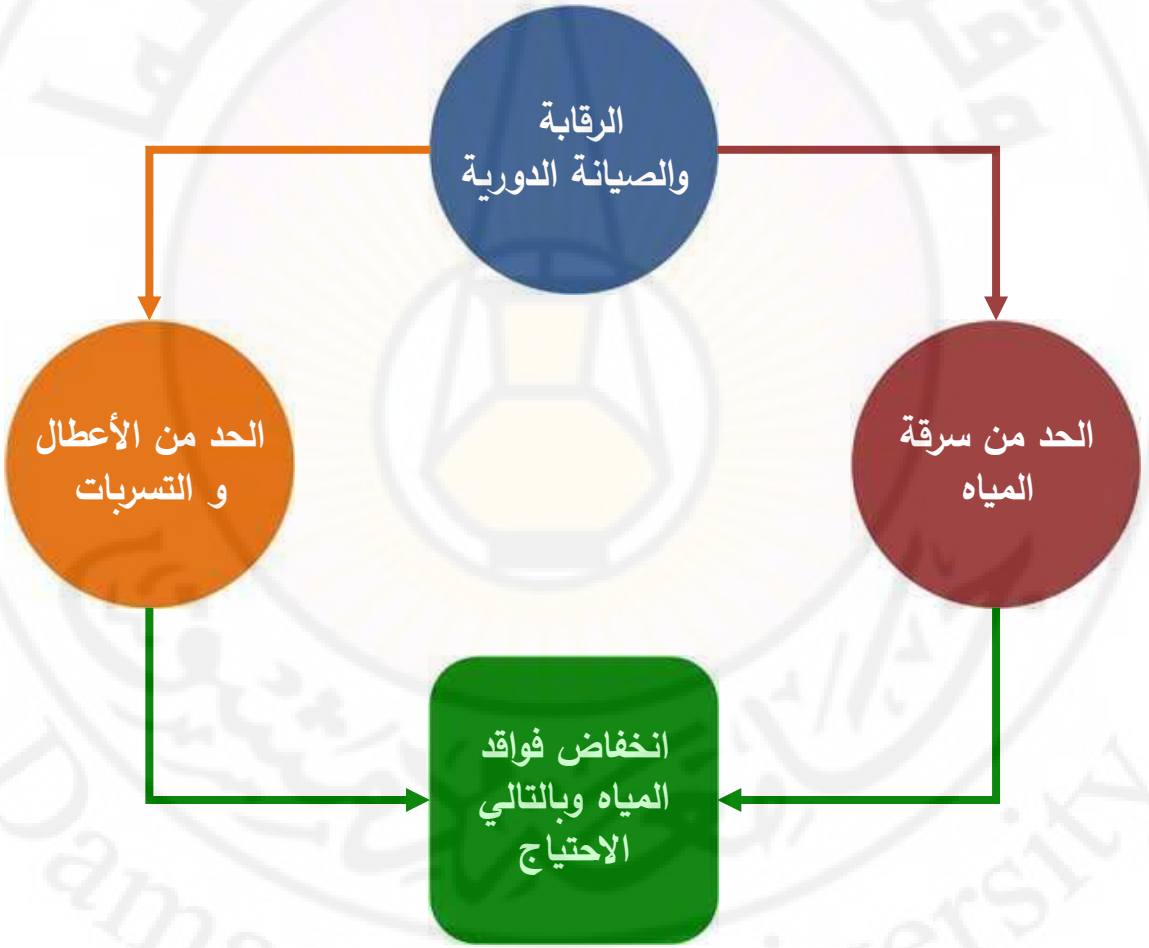


استهلاك المياه مع وجود عدادات



القياسات تمت في إنكلترا في نفس المناطق وخلال
نفس الفترة الزمنية لأجزاء مع وأجزاء دون عدادات

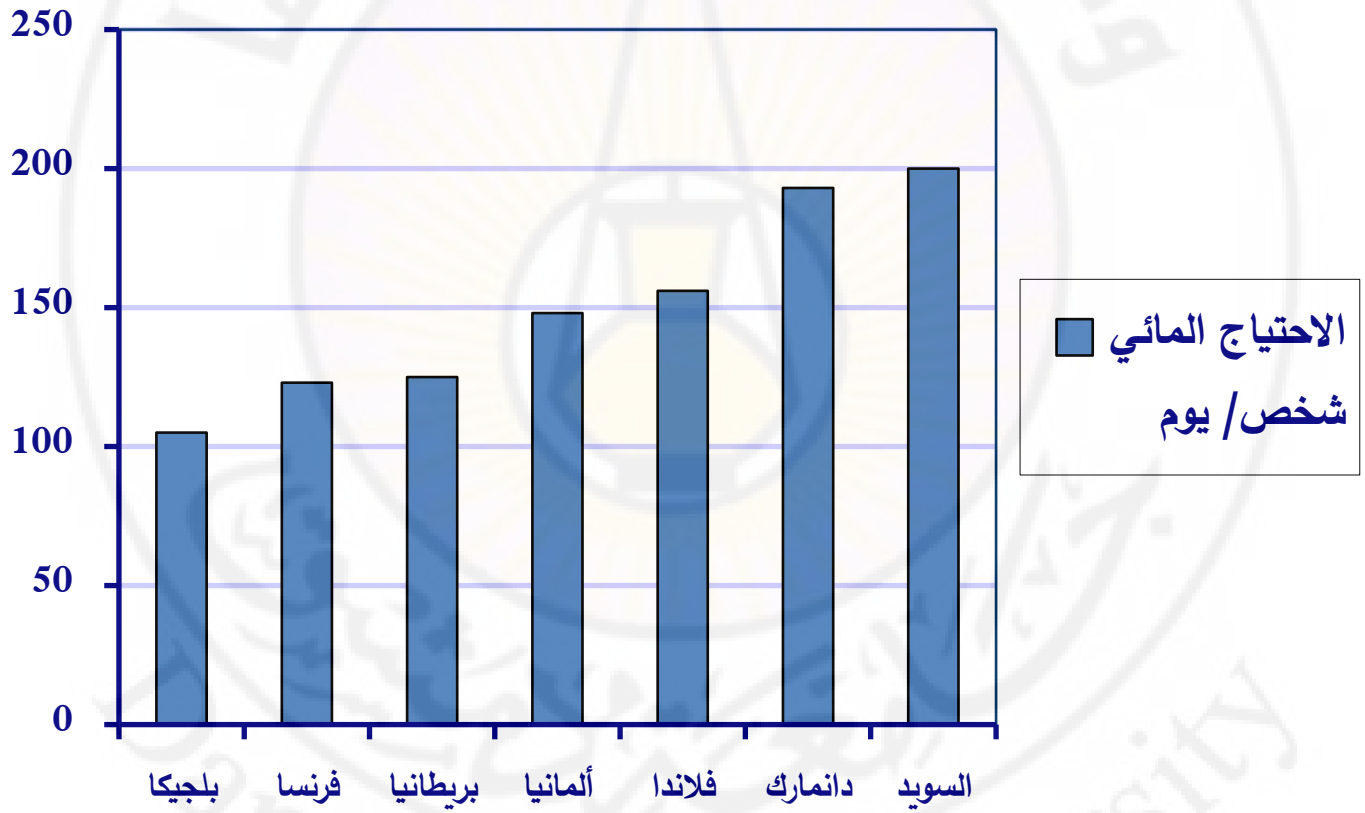
تأثير عمليات الرقابة والصيانة الدورية



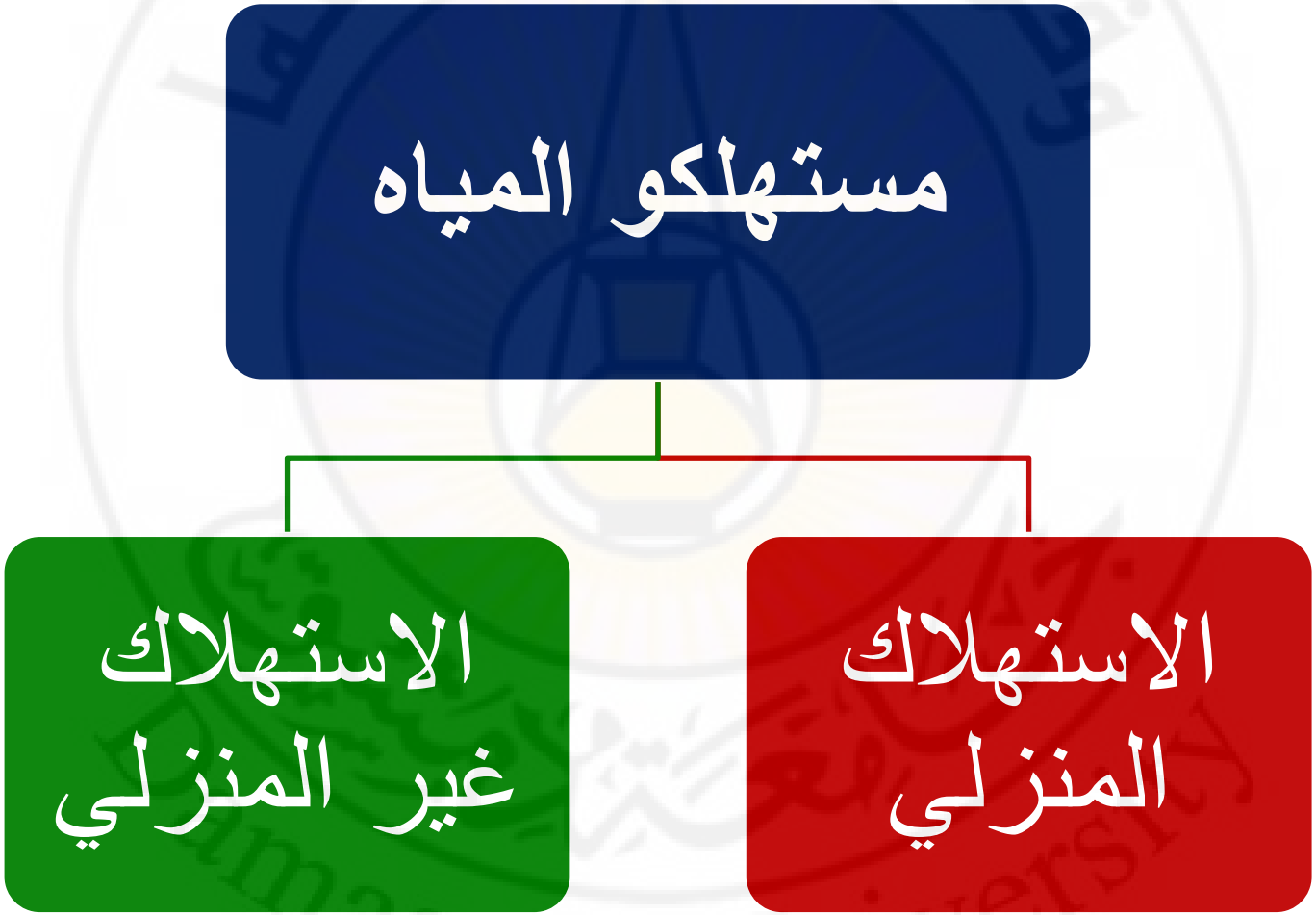
أثر الضاغط المتوفر في الشبكة



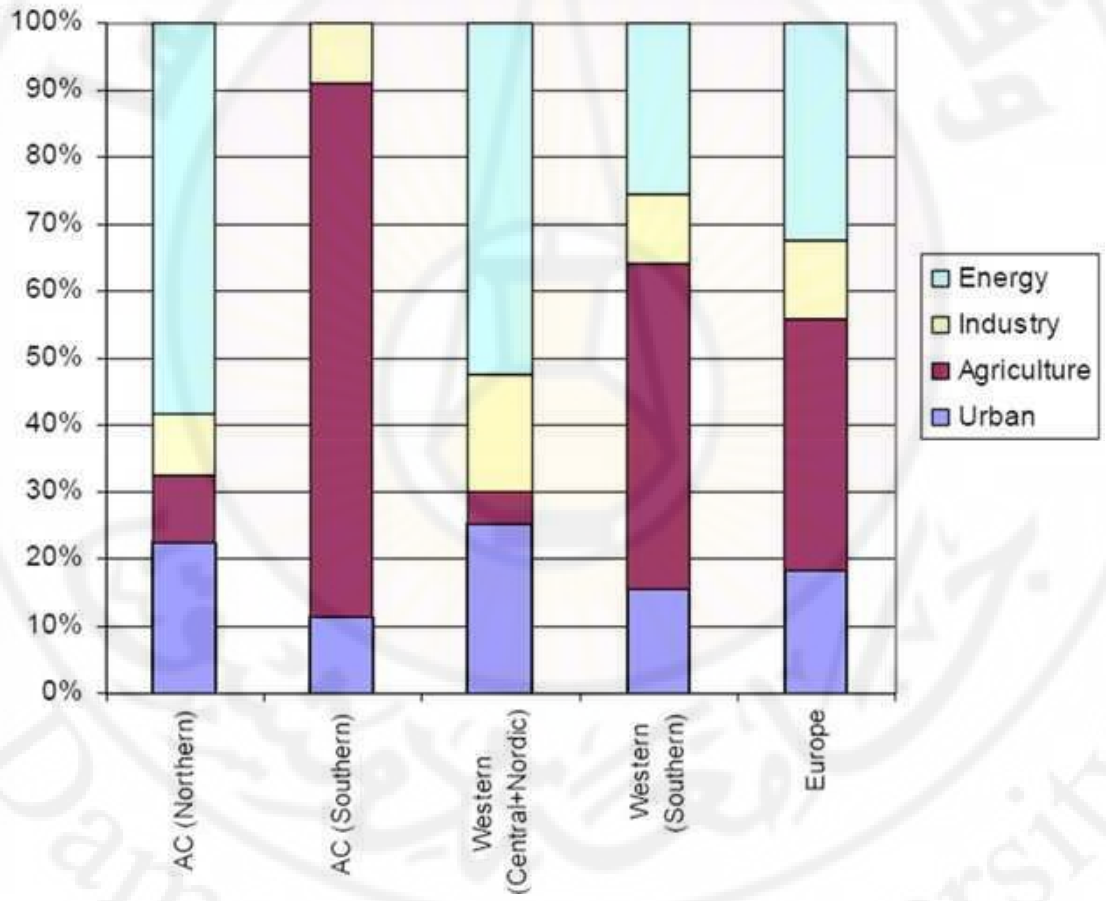
الاحتياجات المائية لدول مختلفة



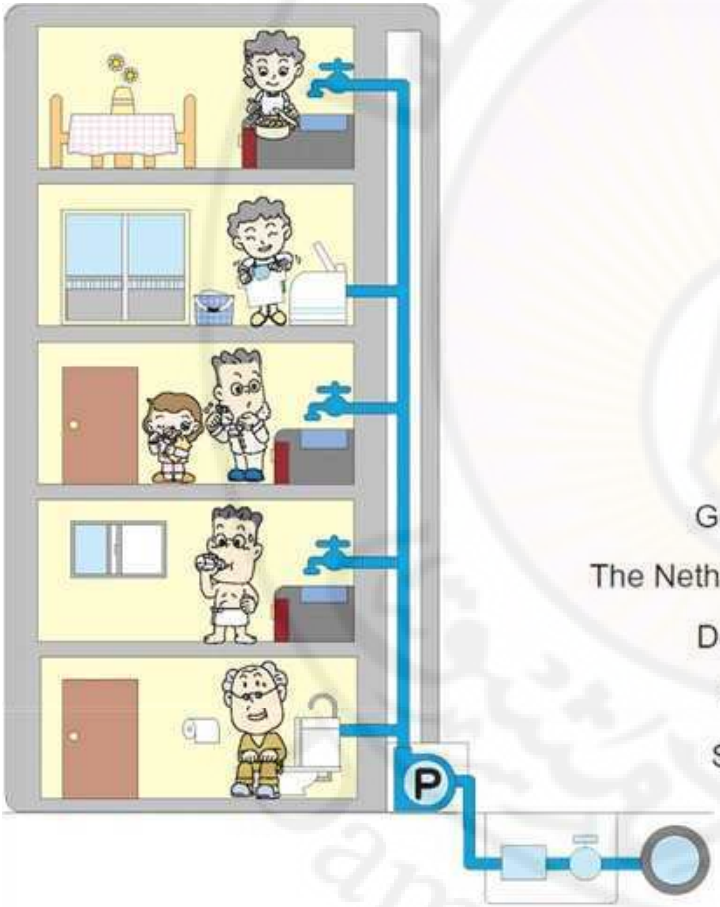
مستهلكو المياه



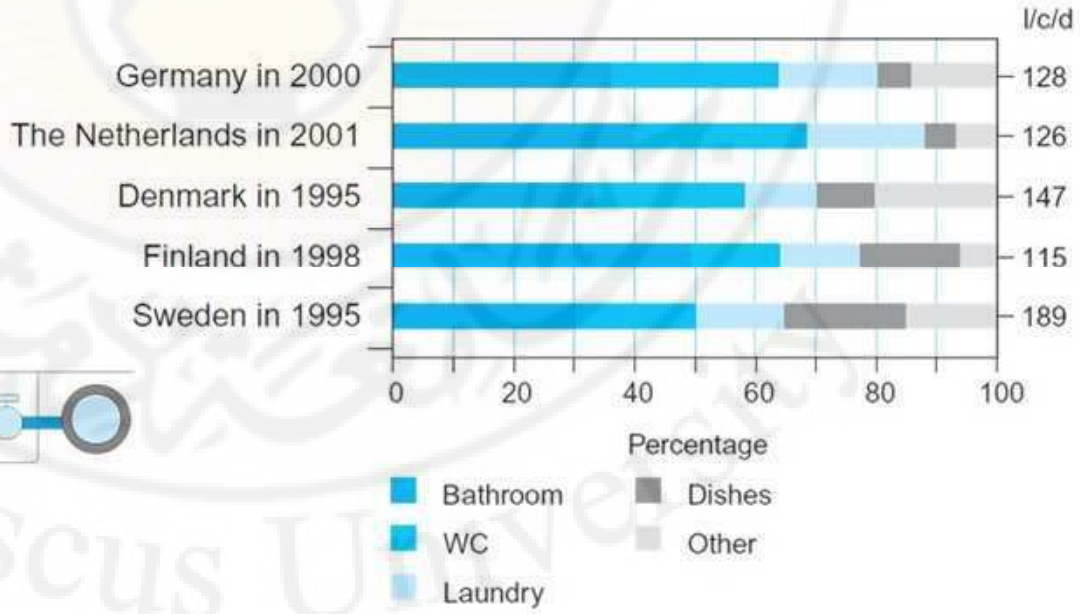
نسبة استهلاك المياه من قبل المستهلكين المختلفين في مناطق مختلفة



الاستهلاك المنزلي للمياه



- **الاستهلاك المنزلي:**
  - كمية المياه المستهلكة للأغراض البشرية الأساسية: الشرب، الطبخ، التنظيف، النظافة الشخصية، الغسيل، ...

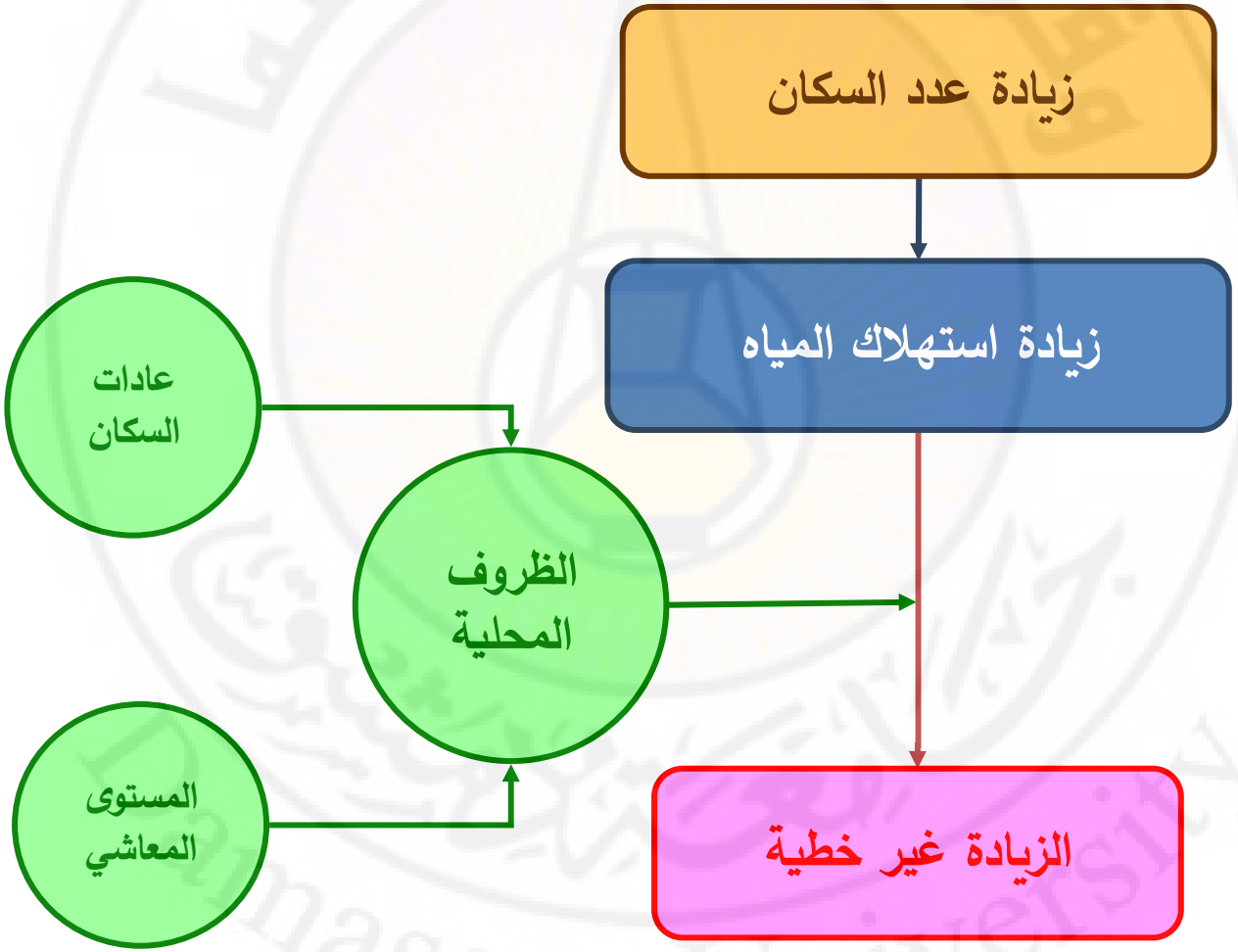



استحمام،
غسيل مرحاض
شرب، طبخ، غسيل أطباق،
تنظيف
غسيل سيارة
غسيل
سقاية حديقة،
مسبح

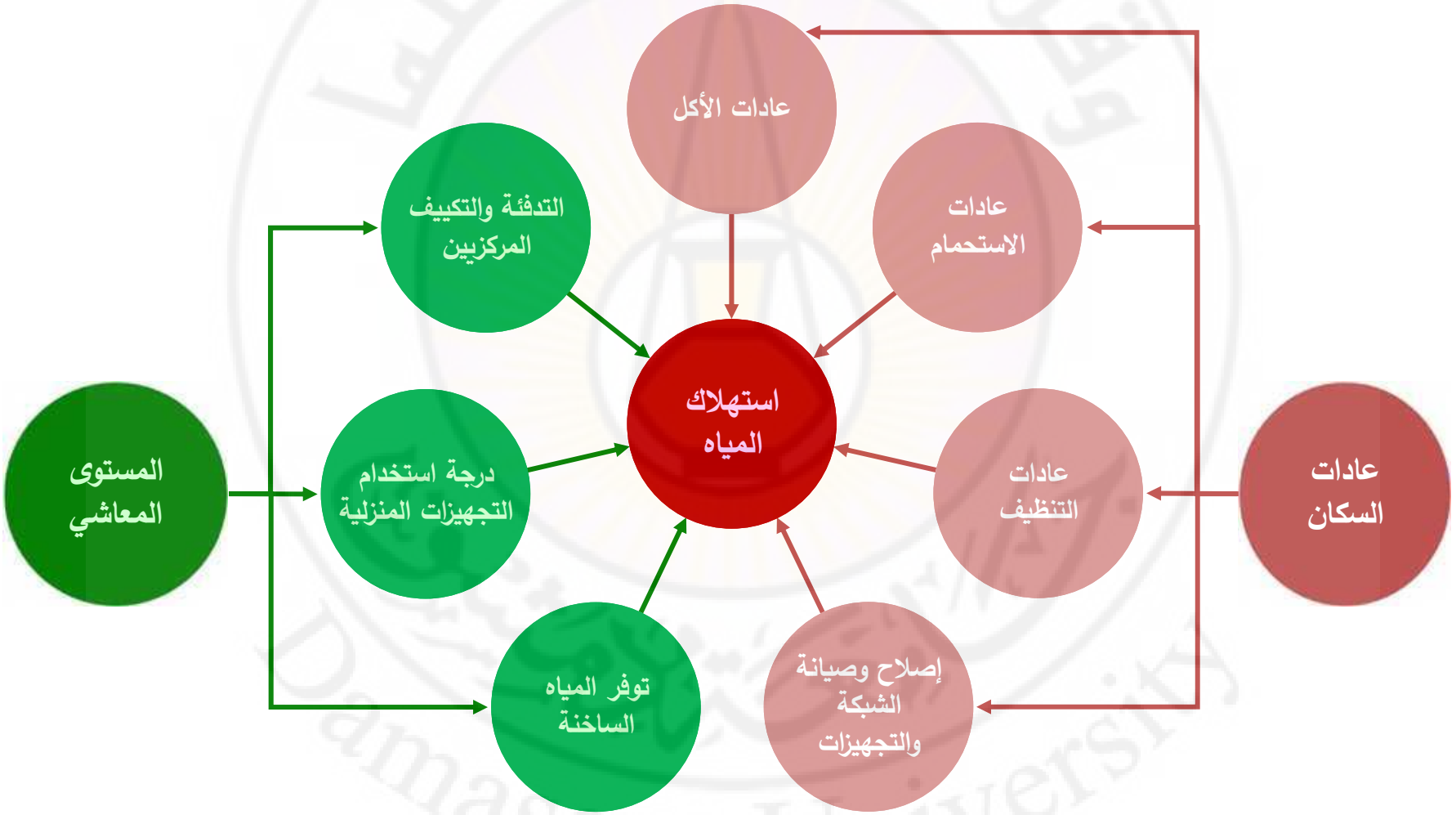
العوامل المؤثرة على الاستهلاك المنزلي للمياه

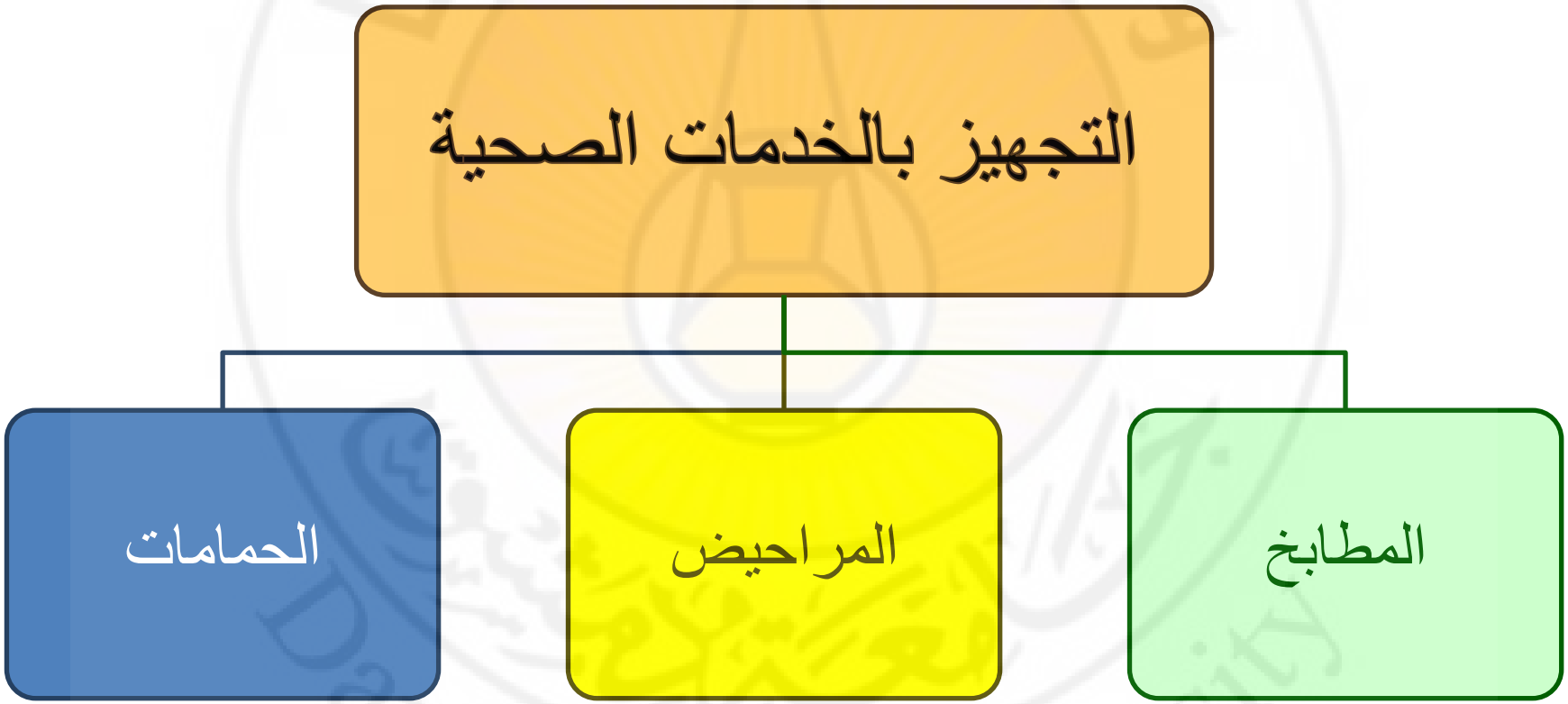


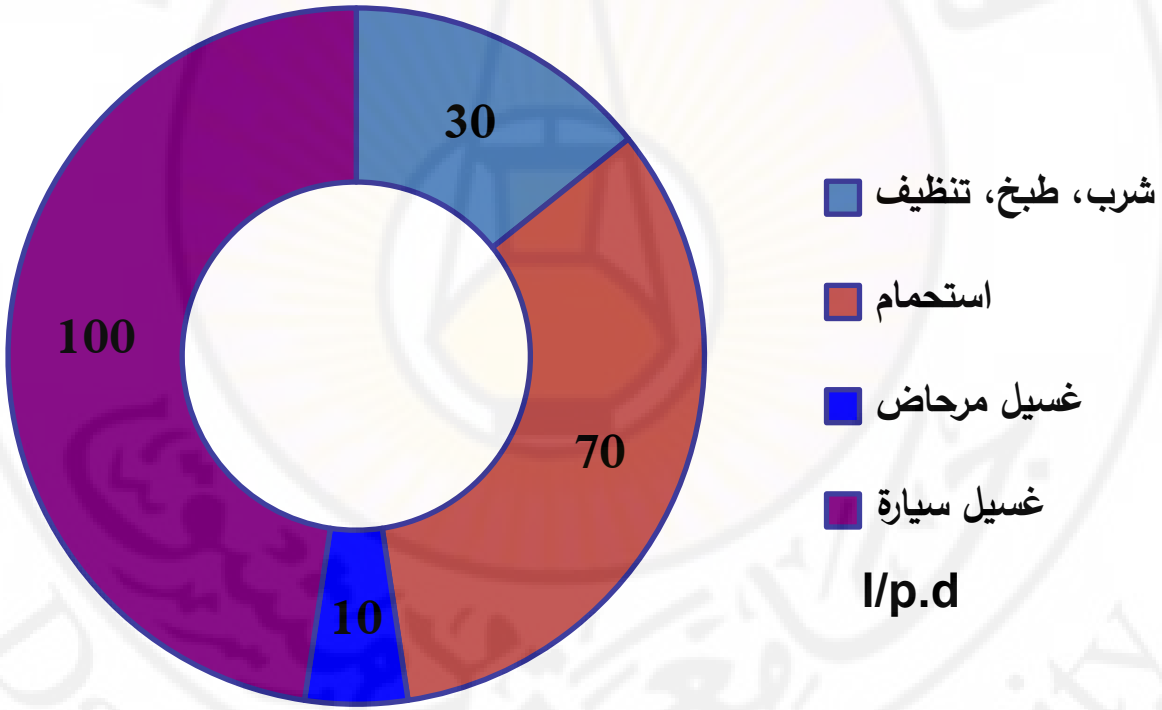
تأثير عدد السكان



تأثير عادات السكان والمستوى المعاشي




التجهيز بالخدمات الصحية
المطابخ
المراحيض
الحمامات

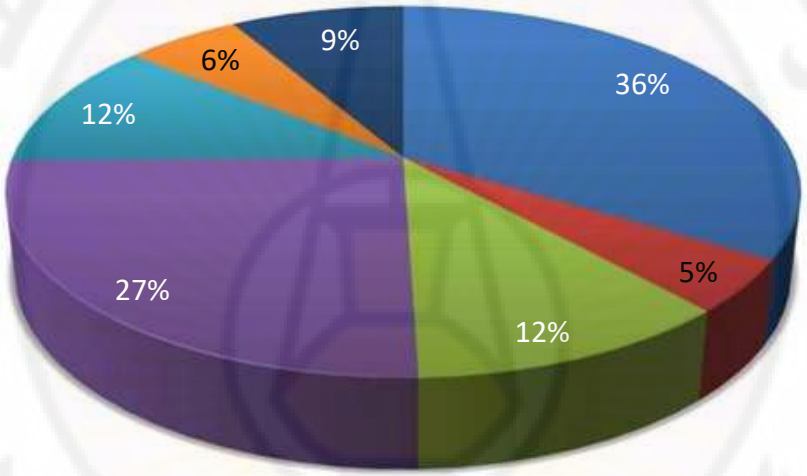


استهلاك مياه الشرب في ألمانيا

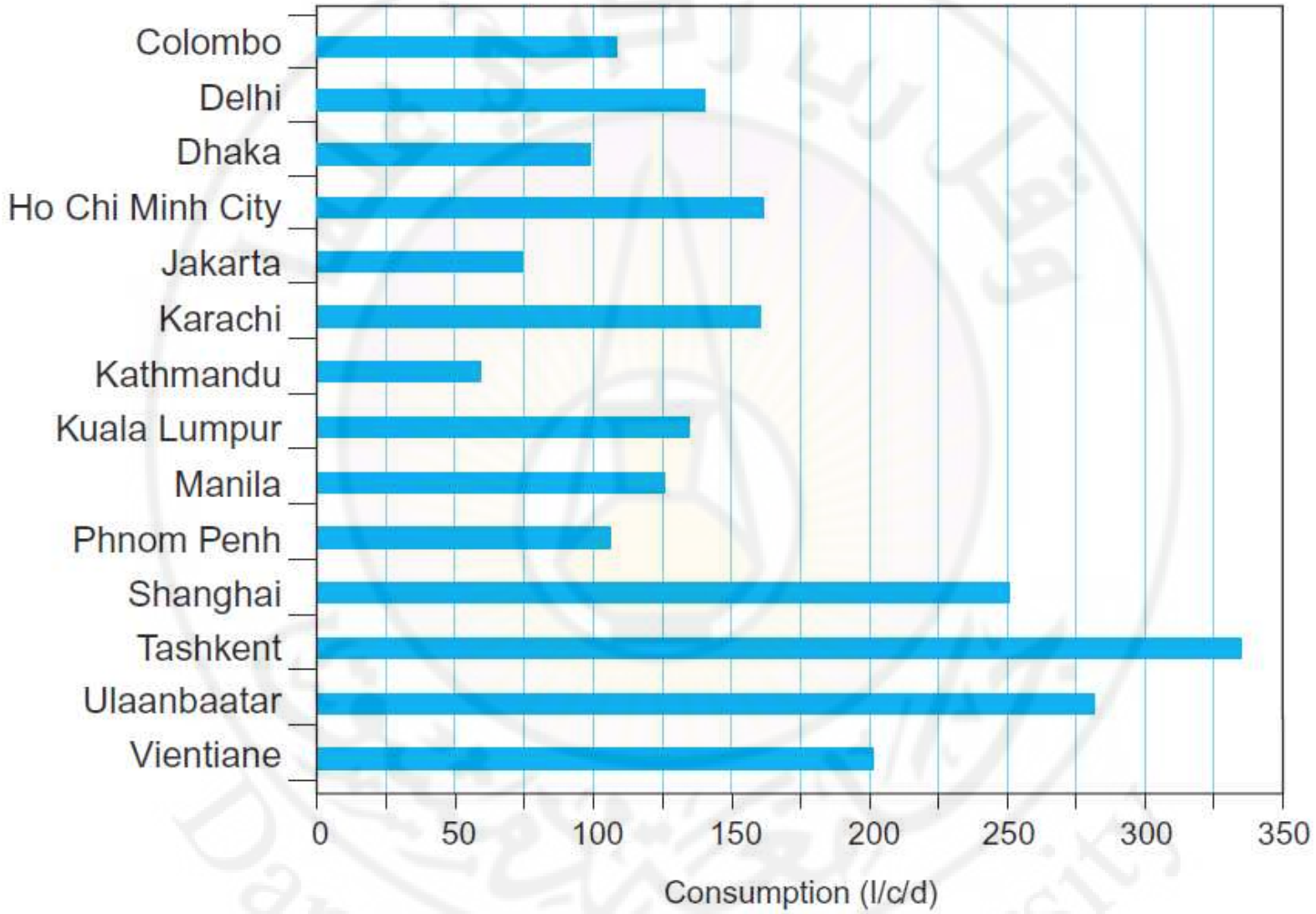
Estimated Water Use For Fixtures And Appliances	
Fixture/Appliance	**Range of Liters Used**
INDOORS	
Toilet flush	6 to 30 liters per flush
Fraction of leaking toilets	up to 30 percent
Showering	5.7 to 18.9 liters per minute
Bathtub	115 to 190 liters per full tub
Washing machine	170 to 190 liters per cycle
Dishwasher	40 to 55 liters per cycle
Bathroom faucet	7.6 to 11.3 liters per minute
OUTDOORS	
Car washing	approx. 400 liters per car
Lawn watering	10 to 35 liters per minute

استهلاك مياه الشرب في الولايات المتحدة

Source: American Water Works Association



نسبة المياه المستهلكة للاستخدامات المنزلية المختلفة



الاحتياج النوعي في عدد من المدن في آسيا

حجم التجمع السكاني	الاحتياج النوعي l/p/d
القرى الصغيرة	60
القرى حتى 5000 نسمة	70
البلديات حتى 20000 نسمة	80
البلديات حتى 50000 نسمة	100
المدن الصغيرة حتى 100000 نسمة	125
المدن الأكبر من 100000 نسمة	150

الاحتياج النوعي في سوريا حسب عدد السكان



كل من فئات الاستهلاك المذكورة له متطلباته الخاصة

التجارة والخدمات العامة



- الاستهلاك اليومي الكلي في المنشأة مقسوماً على عدد واحدات الاستهلاك (موظف، زبون، تلميذ، مريض، الخ...)

l/unit/d

التجارة والخدمات العامة

المنشأة	كمية المياه المستهلكة	الواحدة	المنشأة	كمية المياه المستهلكة	الواحدة
مدارس	2	ل/تلميذ.يوم	مسرح أو سينما	5	ل/مقعد.يوم
حضانة	15	ل/طفل.يوم	ملعب	40	ل/رياضي.يوم
مستوصف	10	ل/مريض.يوم	مسبح مغلق	180	ل/زائر.يوم
مشفى	400-300	ل/سرير.يوم	المحلات التجارية	100-150	ل/بائع/يوم
سكن طلاب	50	ل/سرير.يوم	سقاية مروج	6	ل/م^2/يوم
أبنية إدارية	30	ل/موظف.يوم			
المناطق التجارية	12	ل/م^2 طابقي			

User	Range of Flow (l/person or unit/day)	Range of Flow (gal/person or unit/day)
Fairground (based on daily attendance)	2–6	1–2
Institution		
Average type	400–600	106–159
Hospital	700–1200	185–317
Office	40–60	11–16
Picnic park, with flush toilets	20–40	5–11
Restaurant (including toilet)		
Average	25–40	7–11
Kitchen wastes only	10–20	3–5
Short order	10–20	3–5
Short order, paper service	4–8	1–2
Bar and cocktail lounge	8–12	2–3
Average type, per seat	120–180	32–48
Average type, 24 h, per seat	160–220	42–58
Tavern, per seat	60–100	16–26
Service area, per counter seat (toll road)	1000–1600	264–423
Service area, per table seat (toll road)	600–800	159–211
School		
Day, with cafeteria or lunchroom	40–60	11–16
Day, with cafeteria and showers	60–80	16–21
Boarding	200–400	53–106
Self-service laundry, per machine	1000–3000	264–793
Store		
First 7.5 m (25 ft) of frontage	1600–2000	423–528
Each additional 7.5 m of frontage	1400–1600	370–423
Swimming pool and beach, toilet and shower	40–60	11–16
Theater		
Indoor, per seat, two showings per day	10–20	3–5
Outdoor, including food stand, per car (3 1/3 persons)	10–20	3–5

Table extracted from Ysuni, 2000 based on Metcalf and Eddy, 1979

السياحة

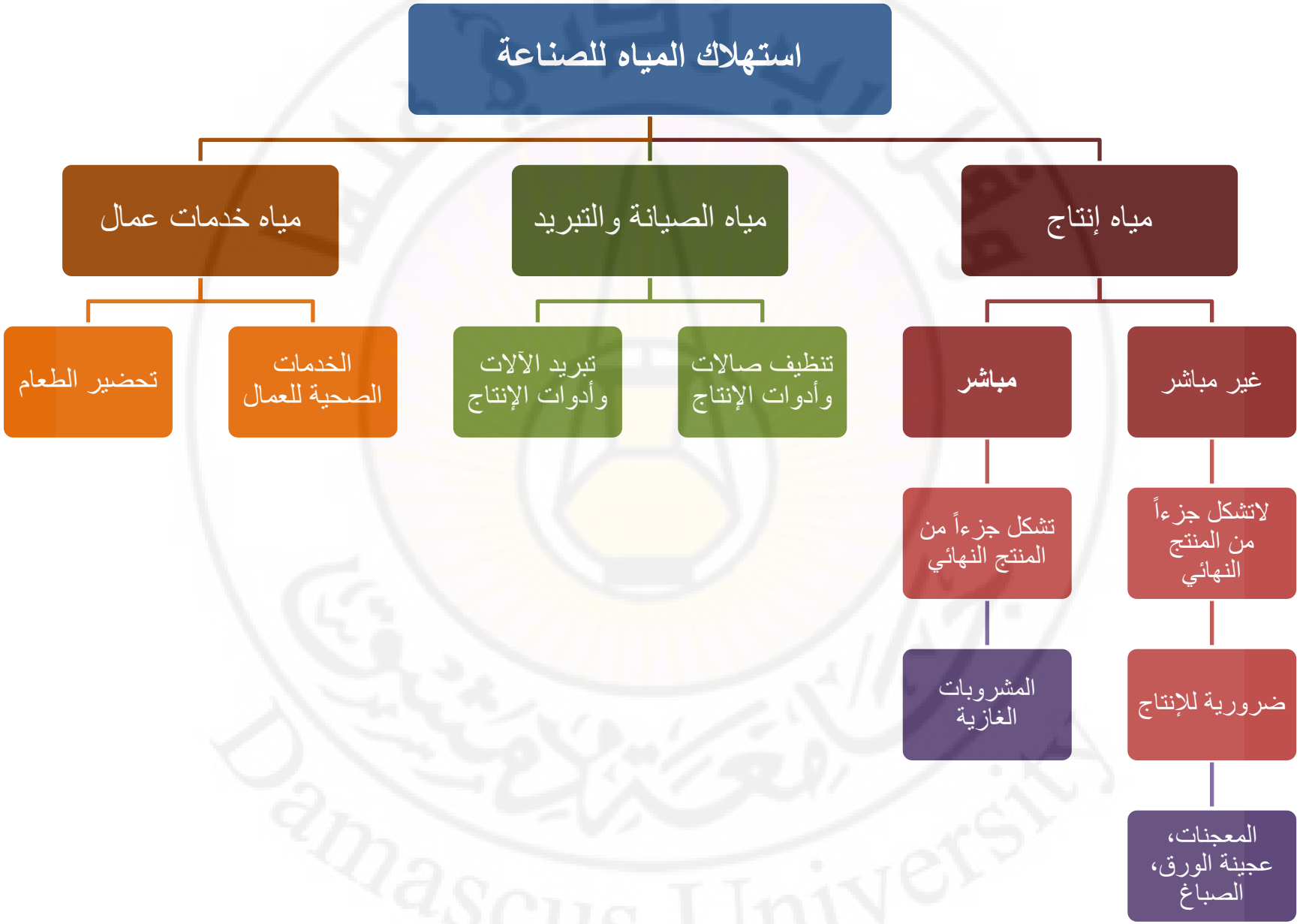
- المياه المستهلكة في المنشآت السياحية والترفيهية
- تختلف كمية المياه المستهلكة خلال يوم (مقاسة ليتر للشخص أو ليتر لواحدة الاستهلاك) بشكل كبير حسب نوع المنشأة ومستوى الخدمة المقدمة (تصنيف المنشأة)

المنشأة	الواحدة	الاستهلاك (ل/واحدة/يوم)
مخيم سياحي	نزيل	70
فندق شعبي	سرير	115
دار ضيافة	سرير	130
فندق نجمتين	سرير	170
فندق 3 نجوم أو أكثر	سرير	270

User	Range of Flow (l/person or unit/day)	Range of Flow (gal/person or unit/day)
Airport, per passenger	10–20	3–5
Assembly hall, per seat	6–10	2–3
Bowling alley, per alley	60–100	16–26
Camp		
Pioneer type	80–120	21–32
Children's, central toilet and bath	160–200	42–53
Day, no meals	40–70	11–18
Luxury, private bath	300–400	79–106
Labor	140–200	37–53
Trailer with private toilet and bath, per unit (2 1/2 persons)	500–600	132–159
Country clubs		
Resident type	300–600	79–159
Transient type serving meals	60–100	16–26
Dwelling unit, residential		
Apartment house on individual well	300–400	79–106
Apartment house on public water supply, unmetered	300–500	79–132
Boardinghouse	150–220	40–58
Hotel	200–400	53–106
Lodging house and tourist home	120–200	32–53
Motel	400–600	106–159
Private dwelling on individual well or metered supply	200–600	53–159
Private dwelling on public water supply, unmetered	400–800	106–211
Factory, sanitary wastes, per shift	40–100	11–26

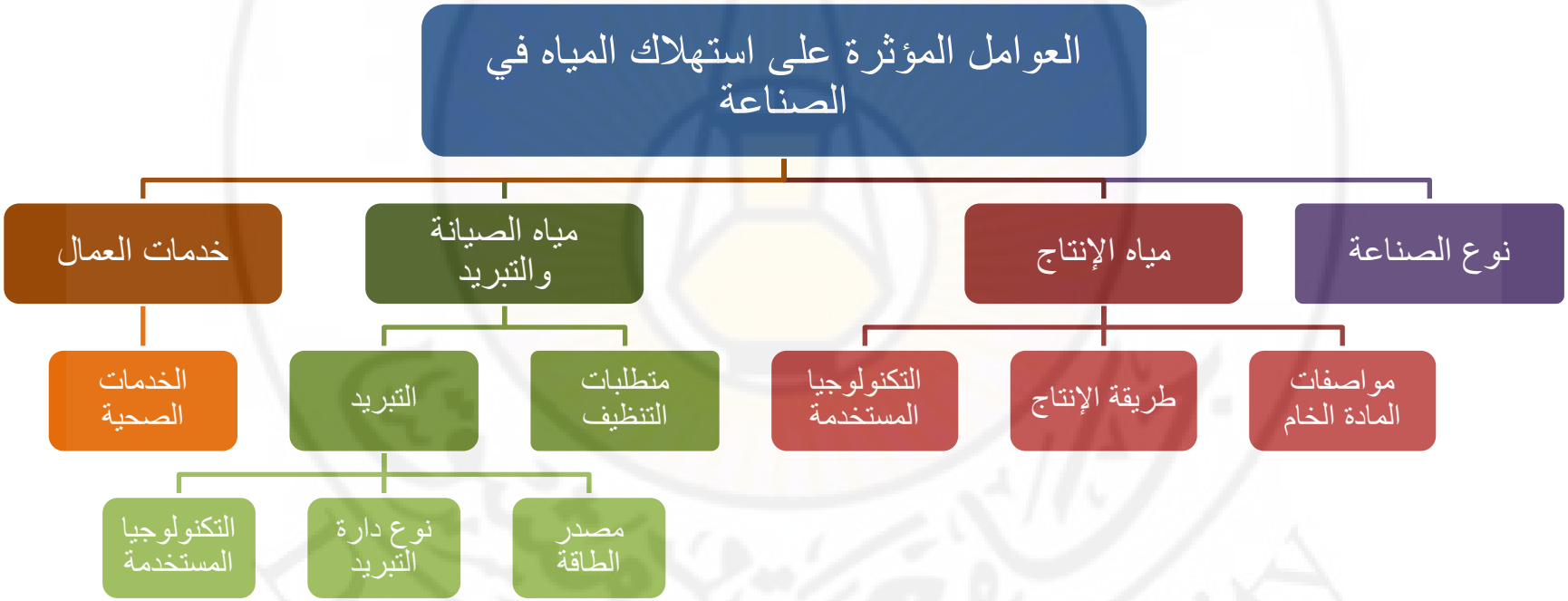
Table extracted from Ysuni, 2000 based on Metcalf and Eddy, 1979

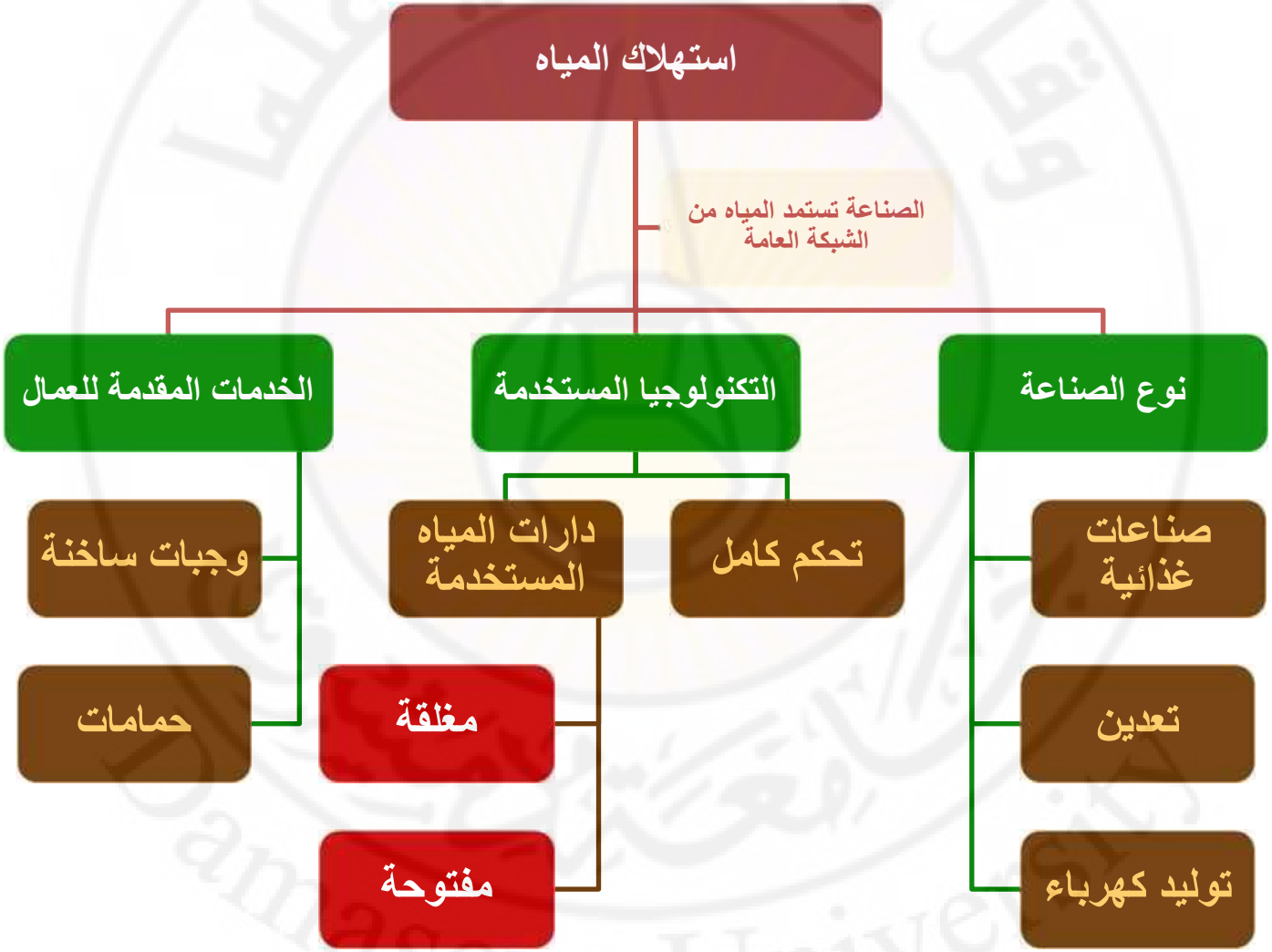
استهلاك الصناعة للمياه

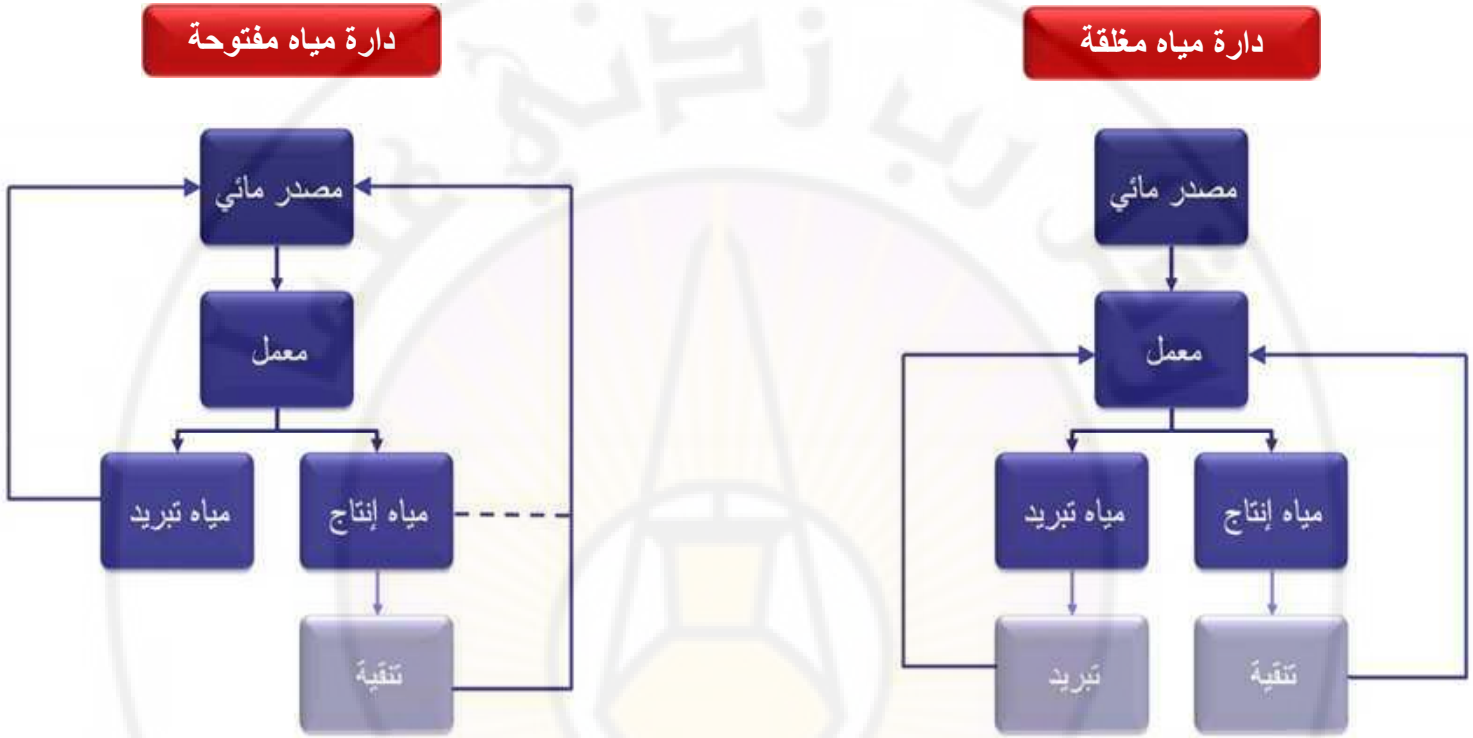


Damascus University

العوامل المؤثرة على استهلاك المياه في الصناعة




استهلاك المياه
الصناعة تستمد المياه من الشبكة العامة
نوع الصناعة
التكنولوجيا المستخدمة
الخدمات المقدمة للعمال
صناعات غذائية
تعدين
توليد كهرباء
تحكم كامل
دارات المياه المستخدمة
مغلقة
مفتوحة
وجبات ساخنة
حمامات

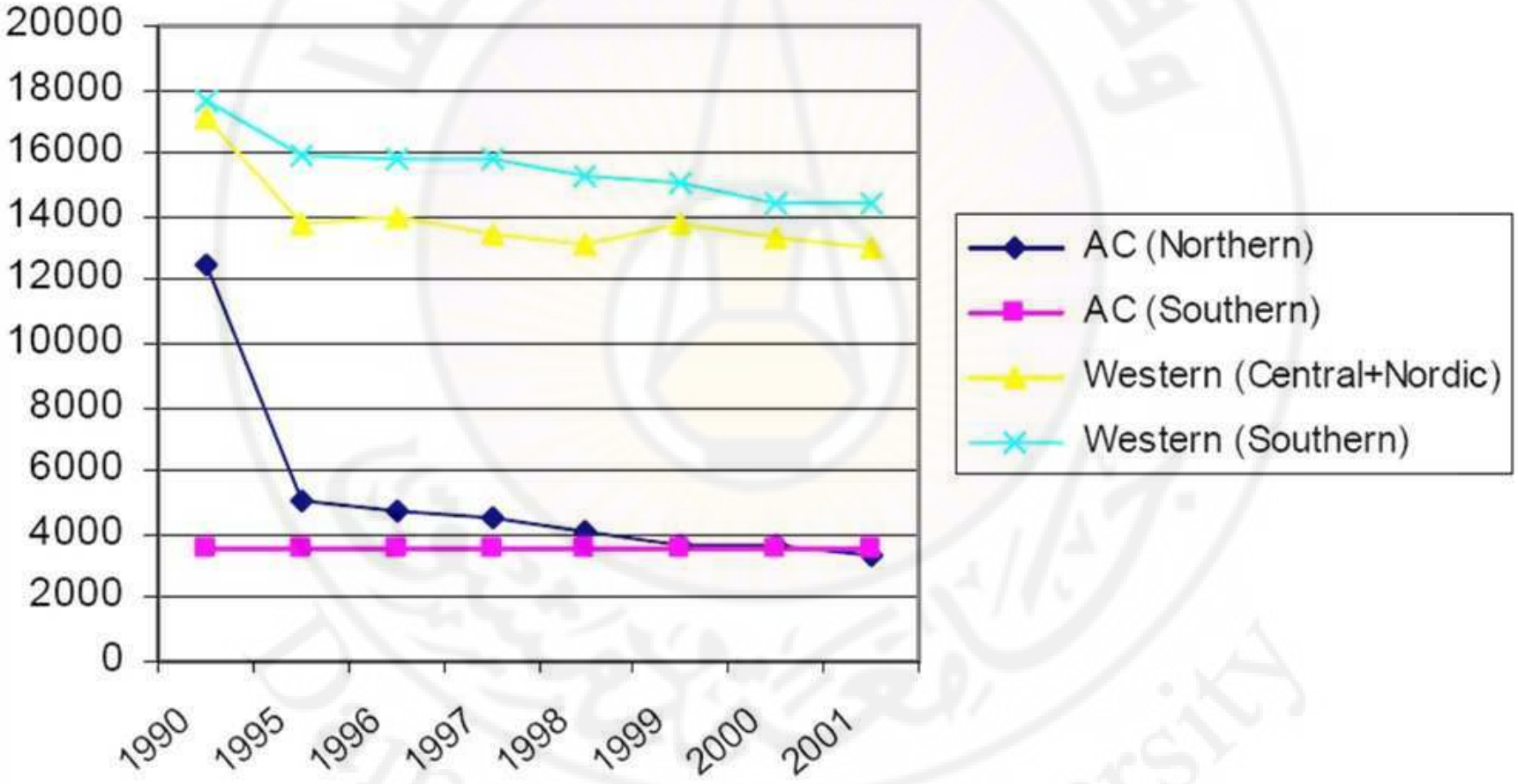


تقدر بكمية المياه المستخدمة في المعمل مقسوماً على عدد العمال أو على كمية الإنتاج

liters /employee /day

liters /unit of product

توجهات استهلاك المياه في الصناعة



نوع الصناعة	وحدة الإنتاج	الاحتياج المائي م3/وحدة إنتاج
عنفات بخارية لتوليد الكهرباء		
دارات مفتوحة للمياه	1000 kw.h	150-250
دارات مغلقة للمياه	1000 kw.h	8-9
محركات ديزل لتوليد الكهرباء	1 kw.h	15-25
إسمنت	t	0.5
زجاج	t	12-24
ورق، دارات مياه مفتوحة	t	400-3000
ورق، دارات مياه مغلقة	t	60-100
كونسروة	t	2-18
مسالخ	t	30
معامل السكر	t	15-30
تعود الاختلافات إلى التكنولوجيا المستخدمة		

Industrial water consumption

Industry	Litres per unit product
Carbonated soft drinks[1]	1.5–5 per litre
Fruit juices[1]	3–15 per litre
Beer[1]	4–22 per litre
Wine	1–4 per litre
Fresh meat (red)	1.5–9 per kg
Canned vegetables/fruits	2–27 per kg
Bricks	15–30 per kg
Cement	4 per kg
Polyethylene	2.5–10 per kg
Paper[2]	4–35 per kg
Textiles	100–300 per kg
Cars	2500–8000 per car

Notes

[1] Largely dependant on the packaging and cleaning of bottles.

[2] Recycled paper.

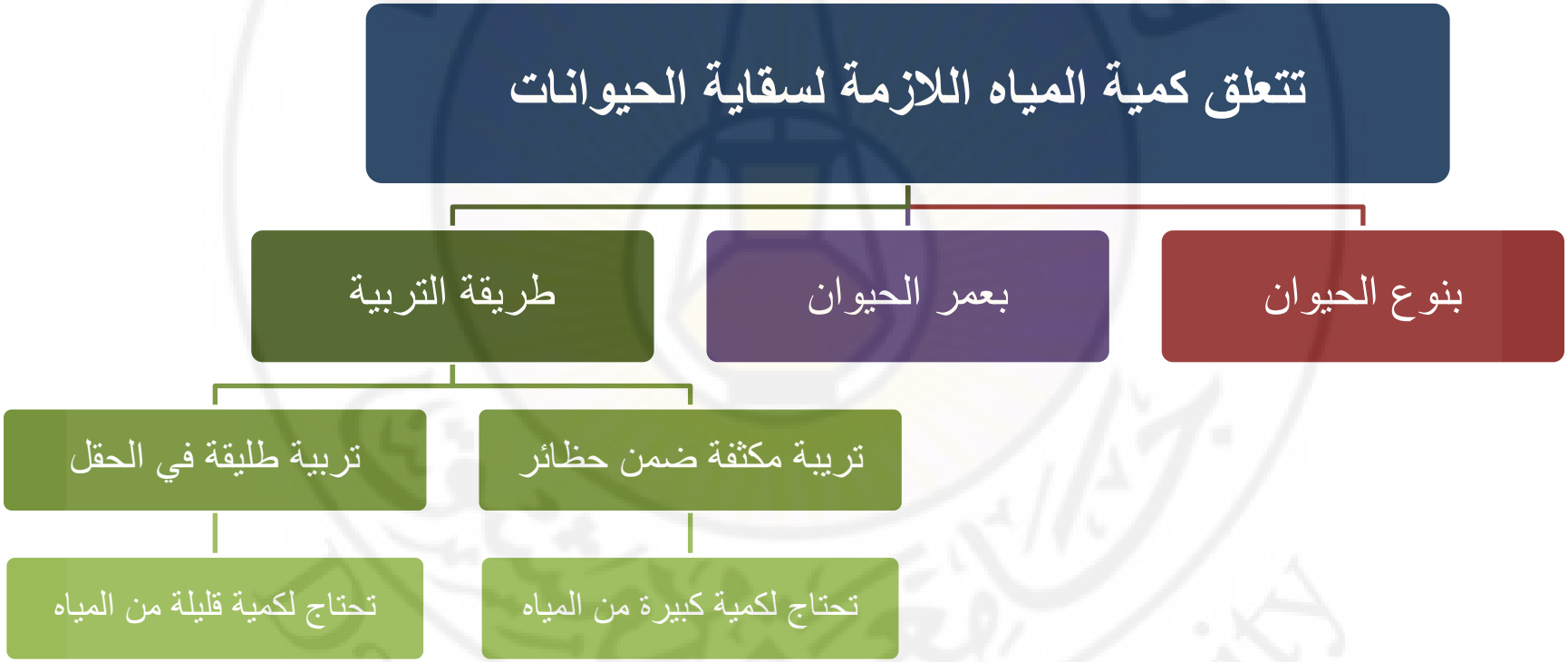
المياه المستخدمة في الزراعة

تحسب في المناطق الريفية حيث يمكن أن تؤخذ المياه اللازمة للزراعة من الشبكة المركزية

تستخدم المياه أساساً في

- سقاية المزروعات
- سقاية الحيوانات


تتعلق كمية المياه اللازمة للزراعة
الظروف المناخية
نوع التربة
طريقة الري
مرحلة نمو النبات
نوع النبات


تتعلق كمية المياه اللازمة لسقاية الحيوانات
بنوع الحيوان
بعمر الحيوان
طريقة التربية
تربية مكثفة ضمن حظائر
تربية طليقة في الحقل
تحتاج لكمية كبيرة من المياه
تحتاج لكمية قليلة من المياه

Seasonal Crop Water Needs

Crop	Season [days per year]	Consumption [mm/season]
Banana	300-365	1,200-2,200
Bean	75-110	300- 500
Cabbage	120-140	350- 500
Citrus	240-365	900-1,200
Corn	80-180	500- 800
Potato	105-145	500- 700
Rice	90-150	450- 700
Sunflower	125-130	600-1,000
Tomato	135-180	400- 800
Wheat	120-150	450- 650

Animal Water Consumption

Animal	Consumption [l/animal/d]
Cow	25-150
Ox, horse, etc.	15- 40
Pig	10- 30
Sheep, goat	5- 6
Turkey (per 100)	65- 70
Chicken (per 100)	25- 30
Camel	2- 3

استخدامات أخرى

كل استهلاكات المياه للفئات الأخرى التي لم ترد في التصنيف السابق

- إطفاء الحريق
- الاستخدامات العامة
  - غسيل الشوارع، سقاية الحدائق والمسطحات الخضراء، النوافير
- صيانة شبكات المياه وشبكات الصرف الصحي
  - تنظيف، إزالة الرواسب
- استهلاكات نوعية أخرى
  - الثكنات العسكرية، بيوت العبادة

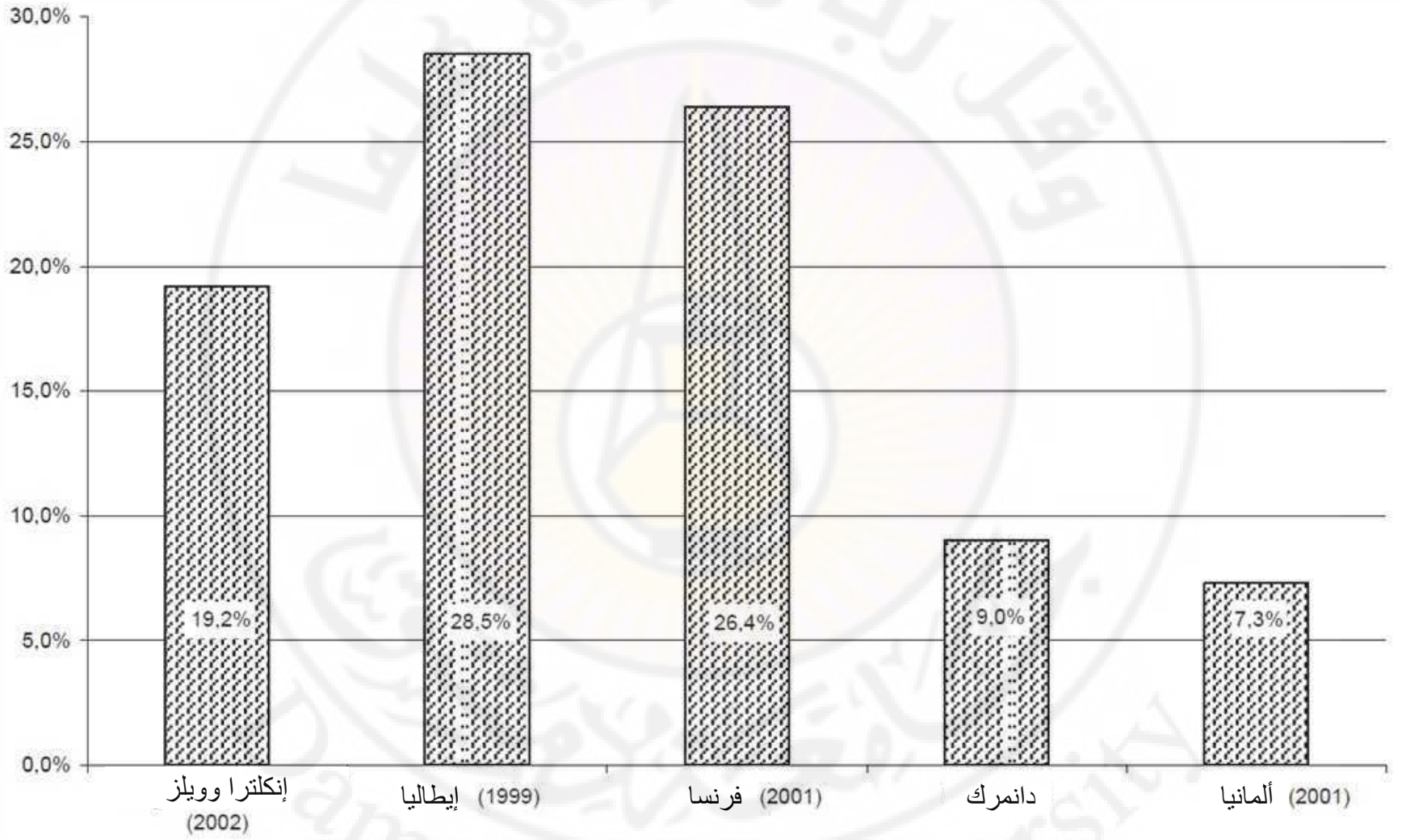


- كمية المياه في معظم الاستهلاكات السابقة (الاستخدامات الأخرى) غير قابلة للقياس بسبب طبيعة الاستهلاك ويتم تقديرها باستخدام طرائق إحصائية أو معادلات تجريبية
  - على سبيل المثال لاتقاس كميات المياه اللازمة لإطفاء الحريق
    - القياس صعب لأنه لايمكن التنبؤ بشكل مسبق أين سينشب الحريق وما هو حجمه وماهي كمية المياه اللازمة لإطفائه
  - هذه الاستهلاكات لاتساهم بشكل كبير في الاحتياج الكلي
    - في غالب الأحوال لاتقاس هذه الاستهلاكات ولايتم حسابها وتصنف مع المياه غير المحسوبة (UfW)

المياه غير المحسوبة
(فاقد المياه من الشبكة)

- **المياه غير المحسوبة: Unaccounted-For Water (UfW)**
  - مركب لايمكن تجنبه من الاحتياج المائي
  - هو جزء المياه الذي يرسل إلى الشبكة دون تحصيل ثمنه
  - في معظم الدول النامية يشكل واحداً من أهم الاستهلاكات المائية من الشبكة
    - يمكن أن تصل إلى 50% من كمية المياه الكلية المرسلة في الشبكة





فاقد المياه في عدد من الدول الأوروبية

$$UfW\% = \frac{Q_{wd} - Q_{wc}}{Q_{wd}} \cdot 100\%$$

حيث:

Q_{wd}: كمية المياه المرسلة في الشبكة والمسجلة على العداد الرئيس بعد خزان المياه

Q_{wc}: مجموع كمية المياه المسجلة على العدادات المنزلية والتي يمكن تحصيل سعرها



– تتغير أسباب وجود مياه غير محسوبة في شبكة مياه من حالة لأخرى، ويمكن التمييز بين:

- **الفواقد الفيزيائية:** هي المياه المتسربة من الشبكة بسبب سوء التنفيذ والصيانة
  – كمية المياه هذه تضيع دون أن يستفيد منها المستهلكون ولا تحصِّل المؤسسة سعرها
- **الفواقد غير الفيزيائية:** هي المياه التي وصلت إلى الحنفيات وتم استهلاكها، لكن العدادات لم تسجلها ولم تقبض المؤسسة سعرها لأحد الأسباب التالية (على سبيل المثال):
  1. أخطاء في قراءة العدادات
  2. سرقة المياه من الشبكة
  3. غسيل الشوارع
  4. غسيل أنابيب الشبكة خلال أعمال الصيانة



الفواقد الفيزيائية

تسرب المياه من أجزاء مختلفة من الشبكة

- وصلات الأنابيب
- جدران الخزانات
- الصمامات
- صدأ وتآكل الأنابيب
- عمر العداد المجدي لايزيد على 5 سنوات

أخطاء العدادات

يمكن اعتبارها 8-15%

- مسألة 2.1

– ترسل مؤسسة مياه كمية مياه سنوية قدرها 80,000,000 m^3/a لمدينة عدد سكانها 1.2 مليون نسمة.

– المطلوب:

1. تحديد الاحتياج النوعي (بما فيه المياه الراشحة والاستهلاكات غير المنزلية) للتجمع السكاني l/c/d
2. تحديد الاستهلاك النوعي للسكان l/c/d

– تقدر كمية المياه الراشحة من الشبكة بحدود 15% من المياه المرسلة

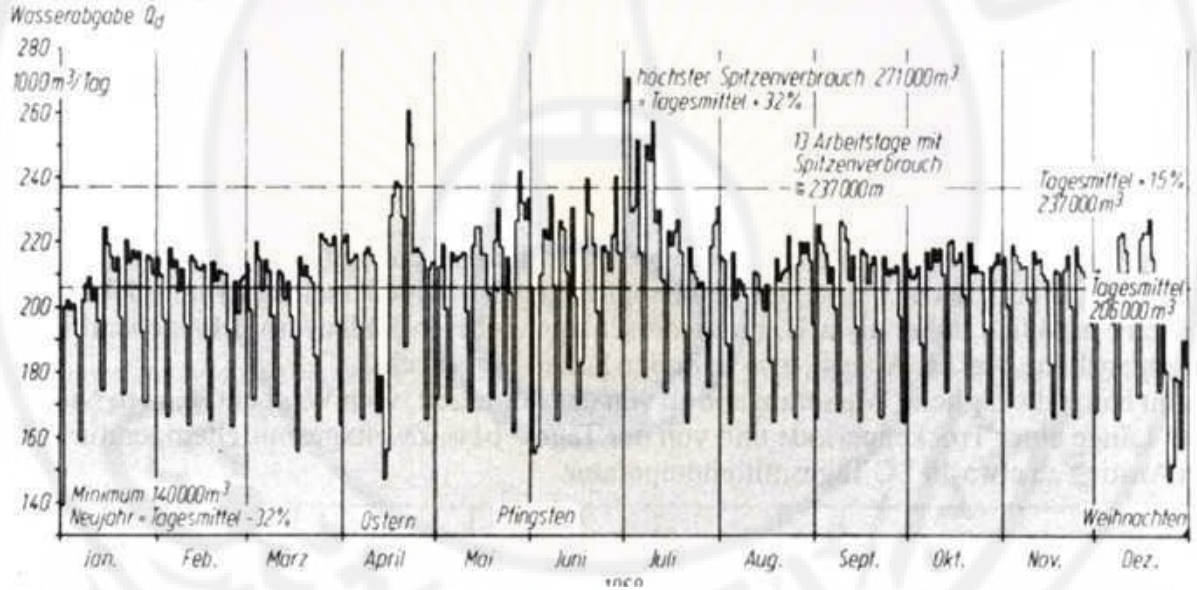
– تقدر كمية الاستهلاكات غير المنزلية بحدود 20,000,000 m^3/a

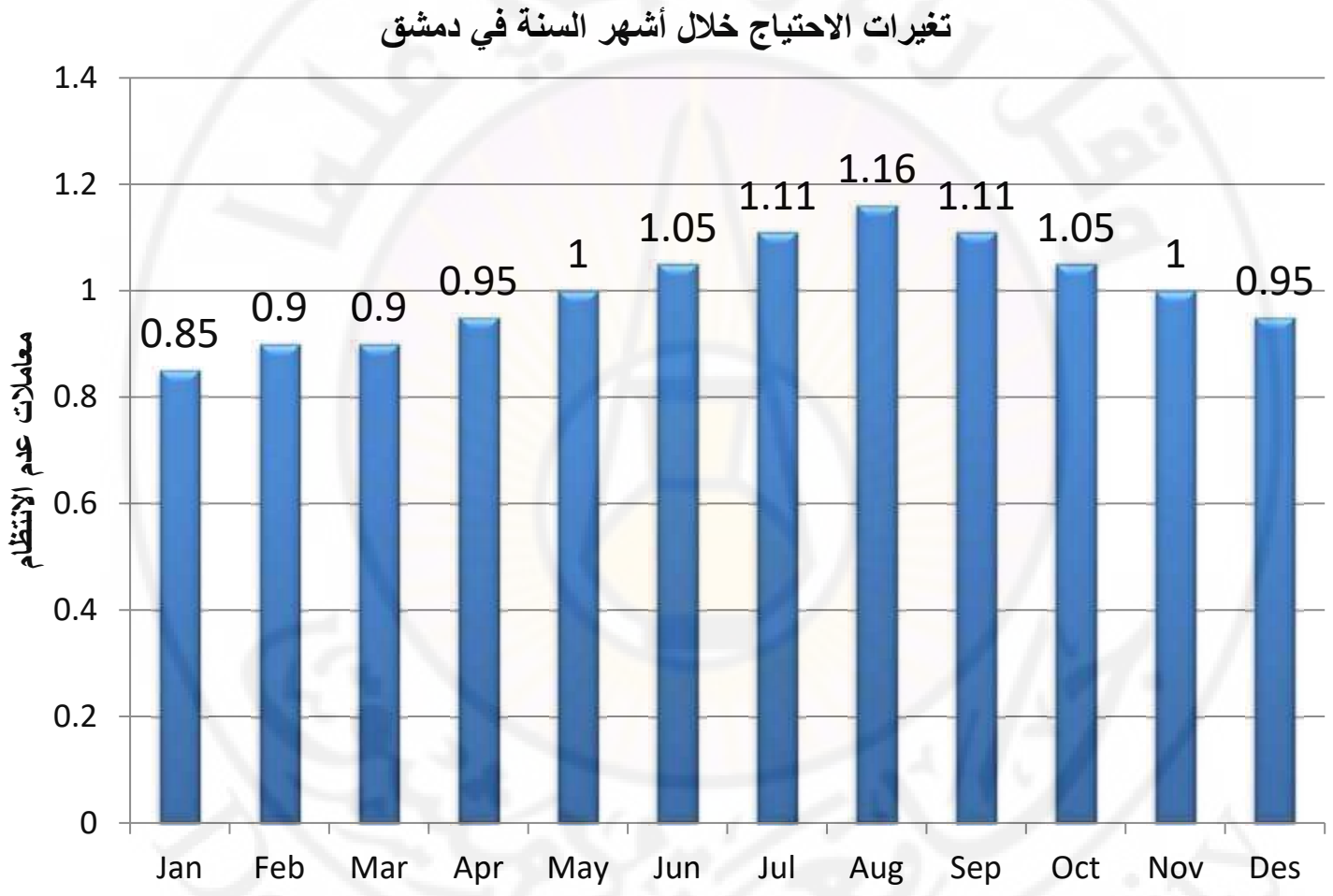
تغيرات الاحتياجات المائية

الاحتياج المائي غير ثابت مع الزمن

- تغيرات فصلية
  - الاحتياج خلال أشهر الصيف أعلى منه خلال الأشهر الباردة
- تغيرات خلال أيام الأسبوع
  - نهاية الأسبوع والعطل
    - عادات المجتمع
    - عمل المرأة
  - تزود الصناعات بالمياه من الشبكة العامة
- تغيرات خلال ساعات اليوم

التغيرات الفصلية

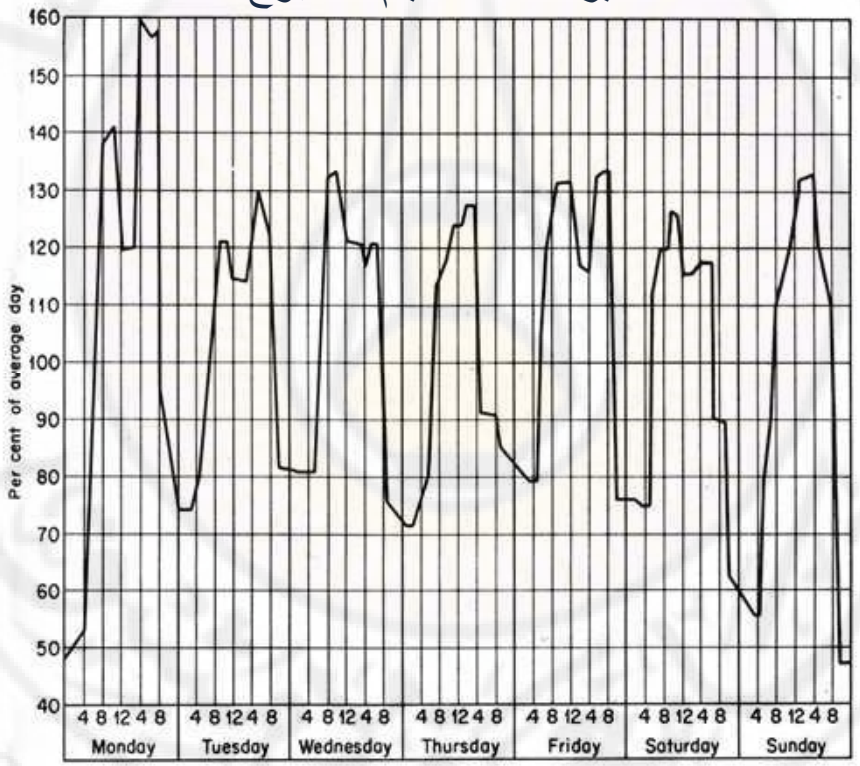




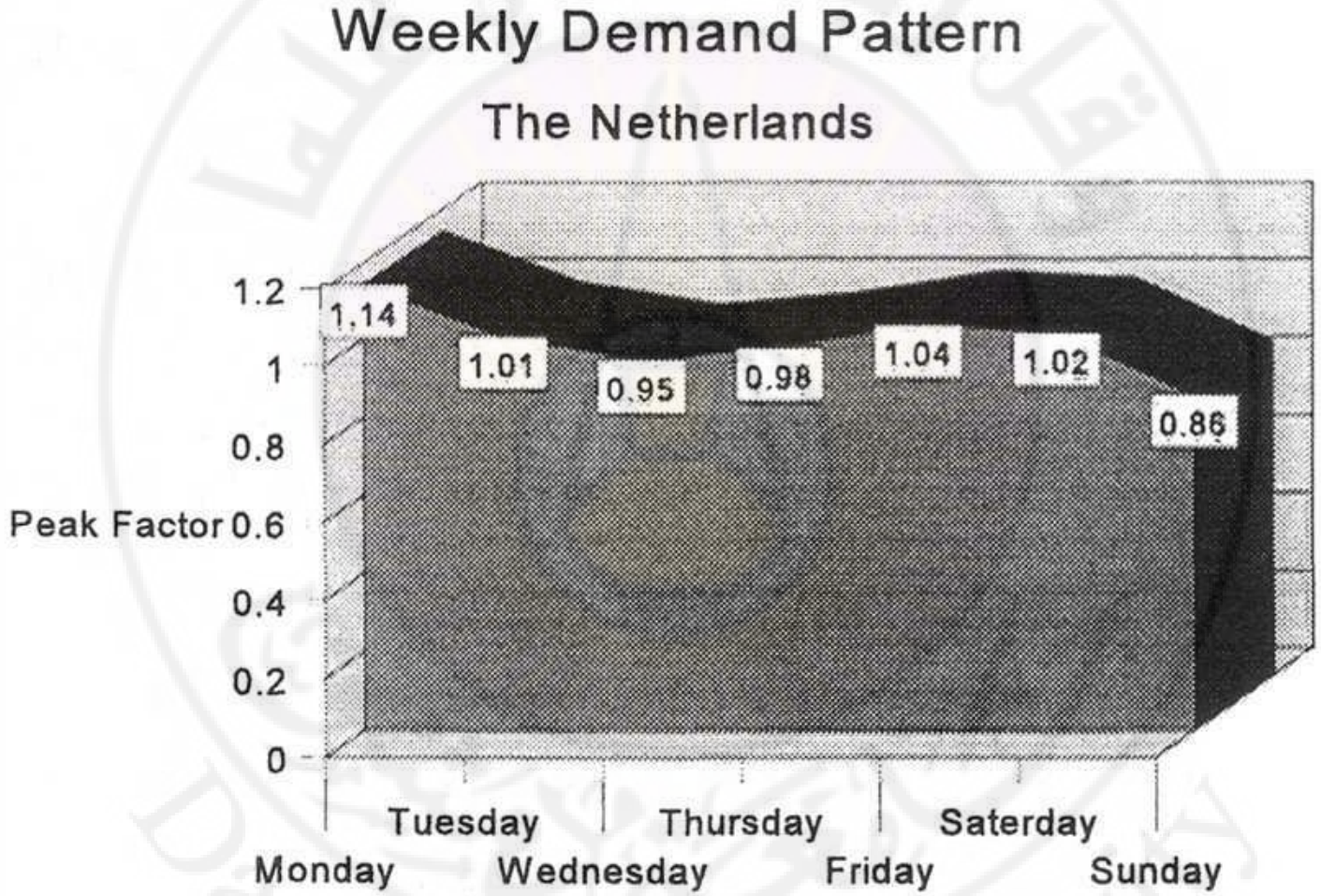
$$P_{f,m} = \frac{Q_m}{Q_{m,av}}$$

- التغيرات خلال أيام الأسبوع
  - تتعلق بالاحتياج الوسطي خلال
    - أيام الدوام و عطلة نهاية الأسبوع
    - الأعياد الوطنية والدينية
    - النشاطات الرياضية
- احتياج المياه في أوروبا الغربية خلال نهاية الأسبوع أقل من الاحتياج خلال أيام الدوام
  - يخرج السكان إلى المنتزهات وبالتالي يزيد الاحتياج في المنتزهات
- احتياج المياه في الدول الاسلامية يزيد خلال عطلة نهاية الأسبوع
  - التنظيف والصلاة

التغيرات خلال أيام الأسبوع



Demand curve for a typical week for a city of about 100,000 population.



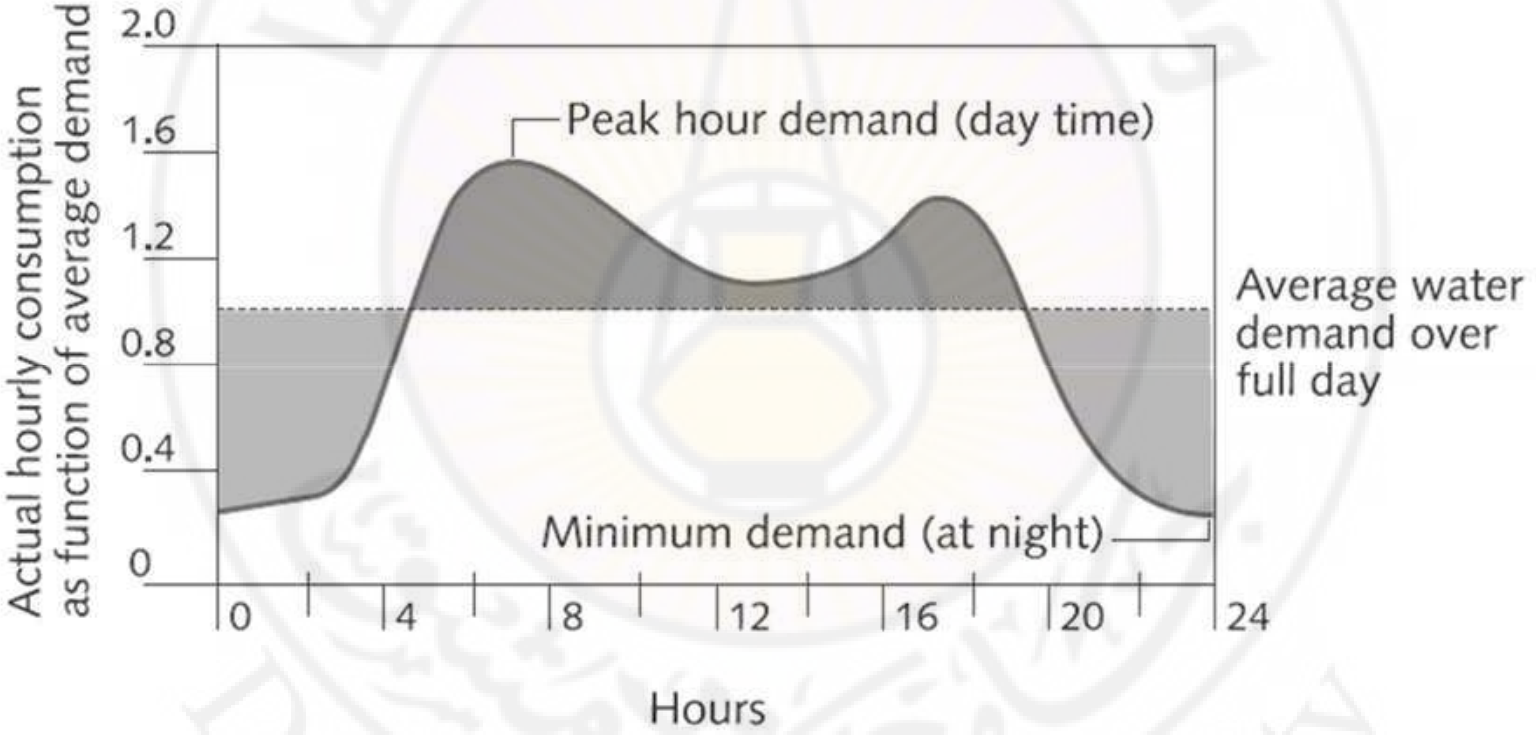
$$P_{f,d} = \frac{Q_d}{Q_{d,av}}$$

تغير الاحتياج خلال ساعات اليوم





تغيرات الاحتياج المائي حسب ساعات اليوم

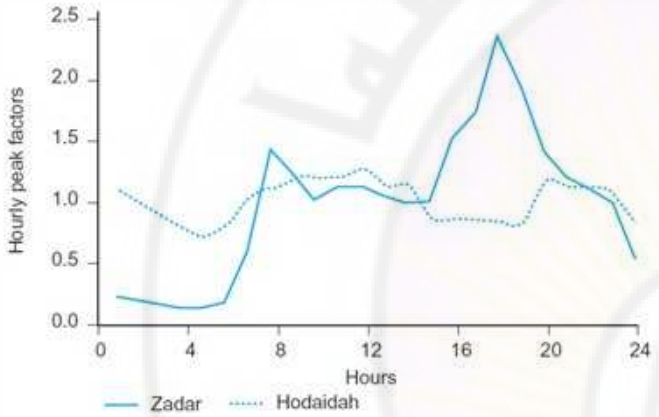


$$P_{f,h} = \frac{Q_h}{Q_{h,av}}$$

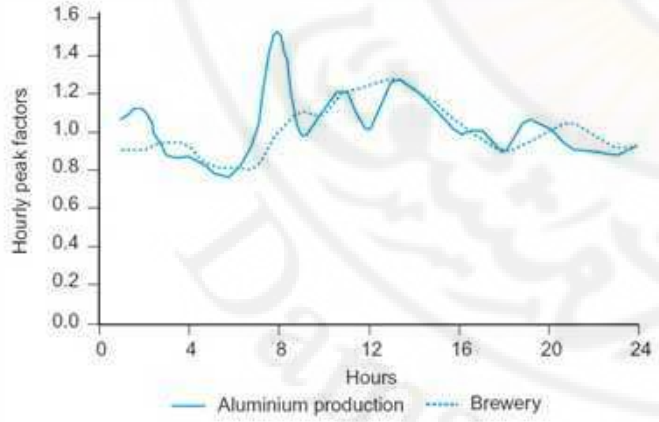
- الشكل التالي يظهر تغيرات الاحتياج المائي للقطاعات المختلفة لتجمع سكاني
  - استهلاك السكان للمياه هو الذي يسبب التغيرات الكبرى خلال ساعات اليوم
  - الصناعة والخدمات العامة لاتتعرض لتغيرات استهلاك كبيرة
  - بقية القطاعات بما فيها التسرب من الشبكة تبقى تقريباً ثابتة خلال ساعات اليوم



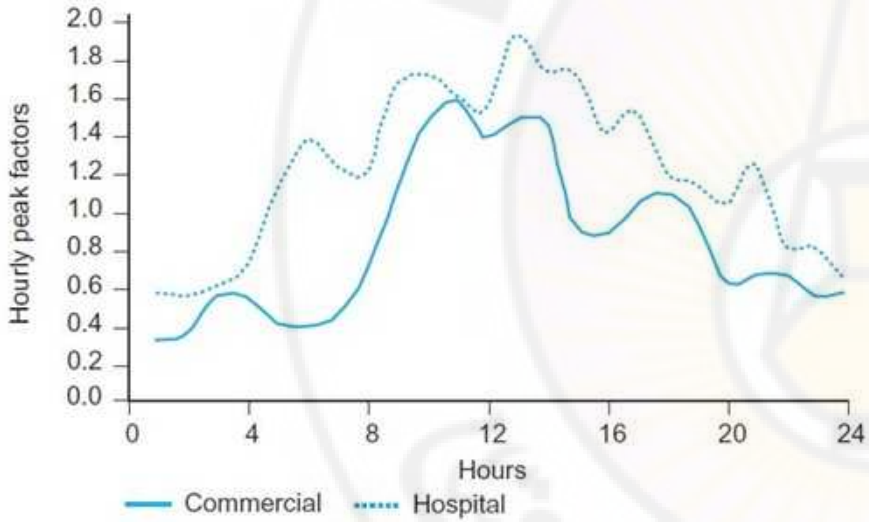
- يظهـــر الشـــكلان المجـــاوران التغيـــرات اليوميـــة للاحتـــاج لقطاعات مختلفة
  - يظهـر الشـكل العلـوي التغيـرات الكبيرة لاحتياج السكان للمياه
  - يظهر الشكل السفلي أن التغيرات الساعية لاحتياج الصناعة للمياه موزعة بشكل أكثر انتظاماً



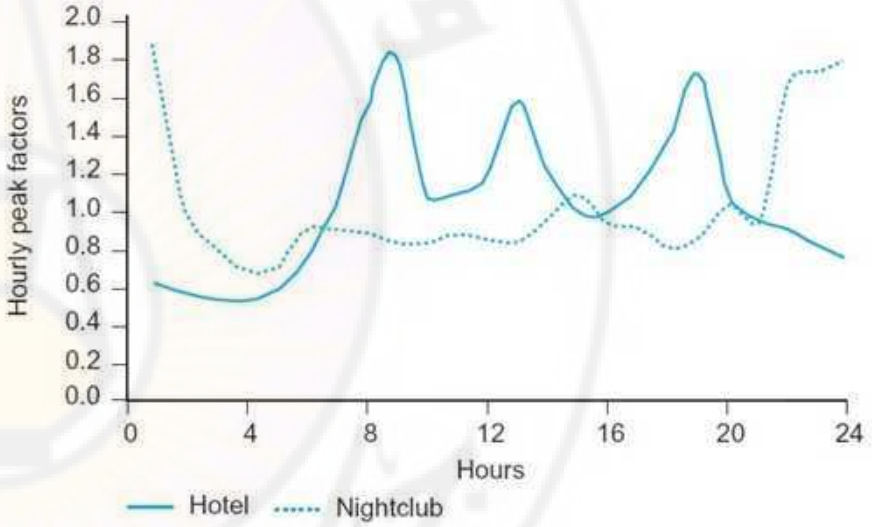
تغيرات الاحتياج البشري للمياه



تغيرات احتاج المياه في الصناعة

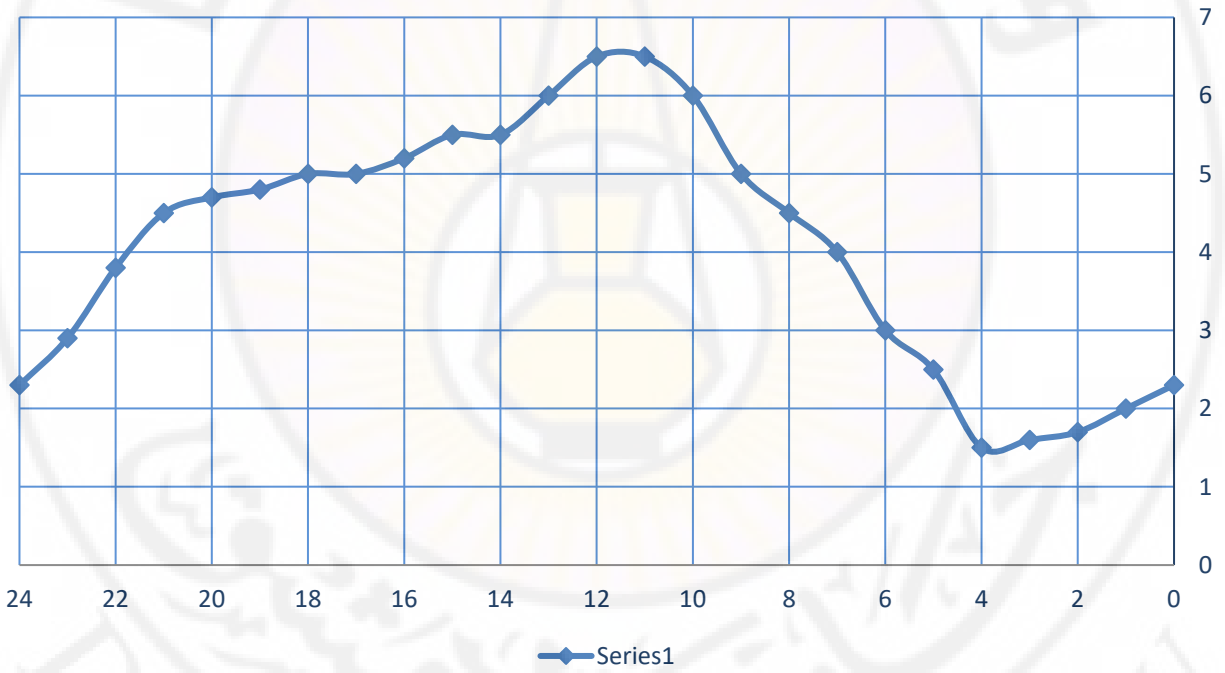


تغيرات الاحتياج في الأبنية التجارية والخدمات العامة



تغيرات الاحتياج في المنشآت السياحية

التغير الساعي لاحتياج المياه في دمشق % من الاحتياج اليومي الوسطي



$$Q_h\% = \frac{Q_h}{Q_{d,av}} \cdot 100\%$$

تحديد الاحتياج المائي

التصميم على الاحتياج الوسطي

نظام النقل والتوزيع لايلبي الاحتياجات في ساعات الذروة

لابد من مراعاة التوزع الزمني للاستهلاك

$$Q = V \cdot A \rightarrow \boldsymbol{d}$$

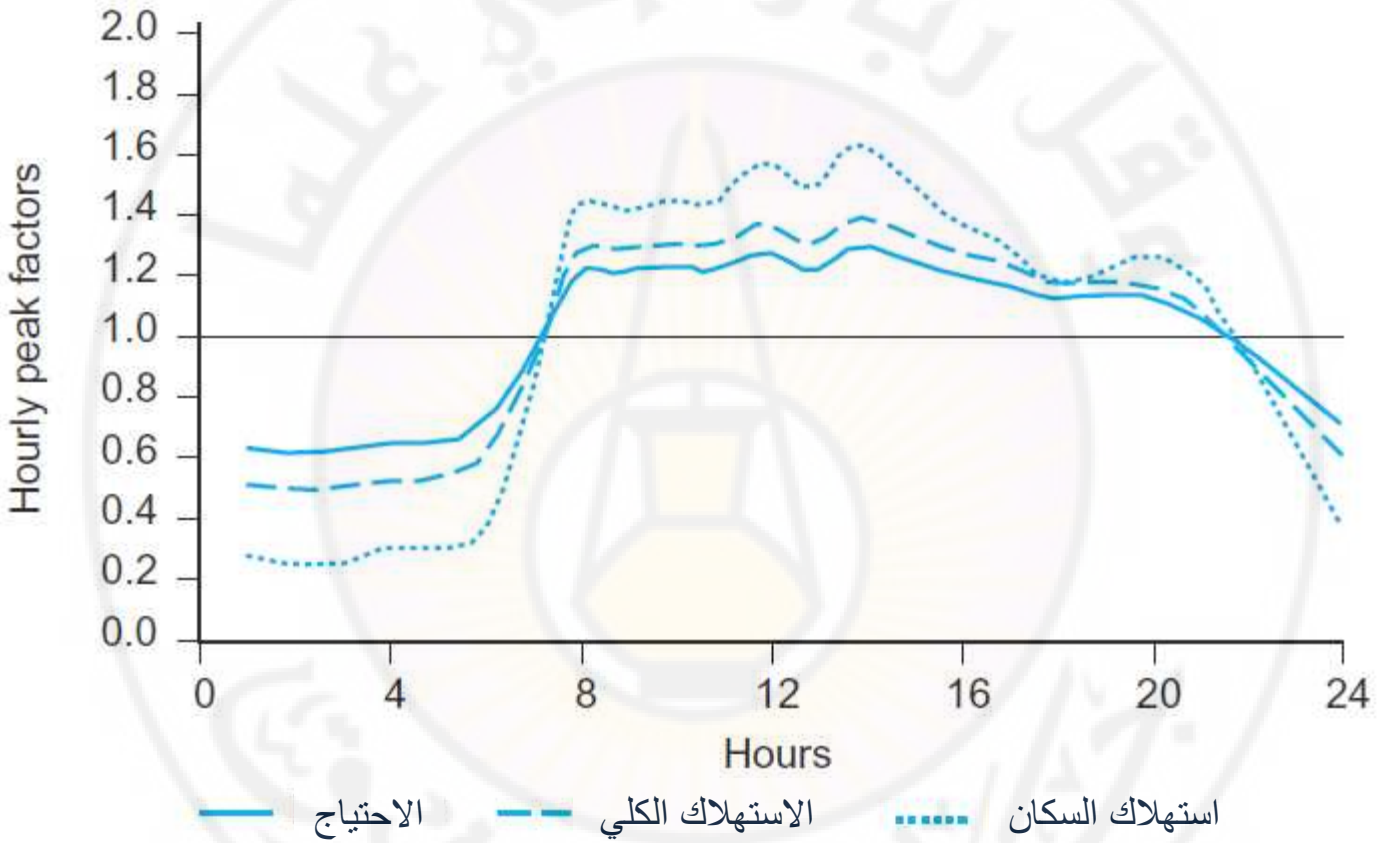
$$Q \uparrow = V \uparrow \cdot \boldsymbol{A} \downarrow \Rightarrow h_f \uparrow = \lambda \frac{l}{\boldsymbol{d}} \frac{V^2 \uparrow}{2g}$$

- يعبر عن تغيرات الاحتياج المائي بالعلاقة مع الزمن باستخدام معاملات عدم الانتظام

– معامل عدم الانتظام Pf:

- نسبة الاحتياج المسجل في لحظة معينة Q_t إلى متوسط الاحتياج خلال زمن المراقبة Q_{av}
  - (سنة، شهر، أسبوع، يوم، ساعة)

$$Pf = \frac{Q_t}{Q_{av}}$$



معاملات عدم الانتظام لقطاعات الاستخدام المختلفة

حساب الاحتياج المائي

- يتم مراعاة تغيرات الاستهلاك باستخدام معامل عدم الانتظام العام $P_{f,o}$
  - يحسب الاحتياج في زمن معين Q_t من العلاقة:

$$Q_t = \frac{Pf_o \cdot Q_{d,av}}{f_c}$$

$$Pf_o = Pf_h \cdot Pf_d \cdot Pf_m = Pf_h \cdot Pf_s$$

$$Pf_s = Pf_d \cdot Pf_m$$

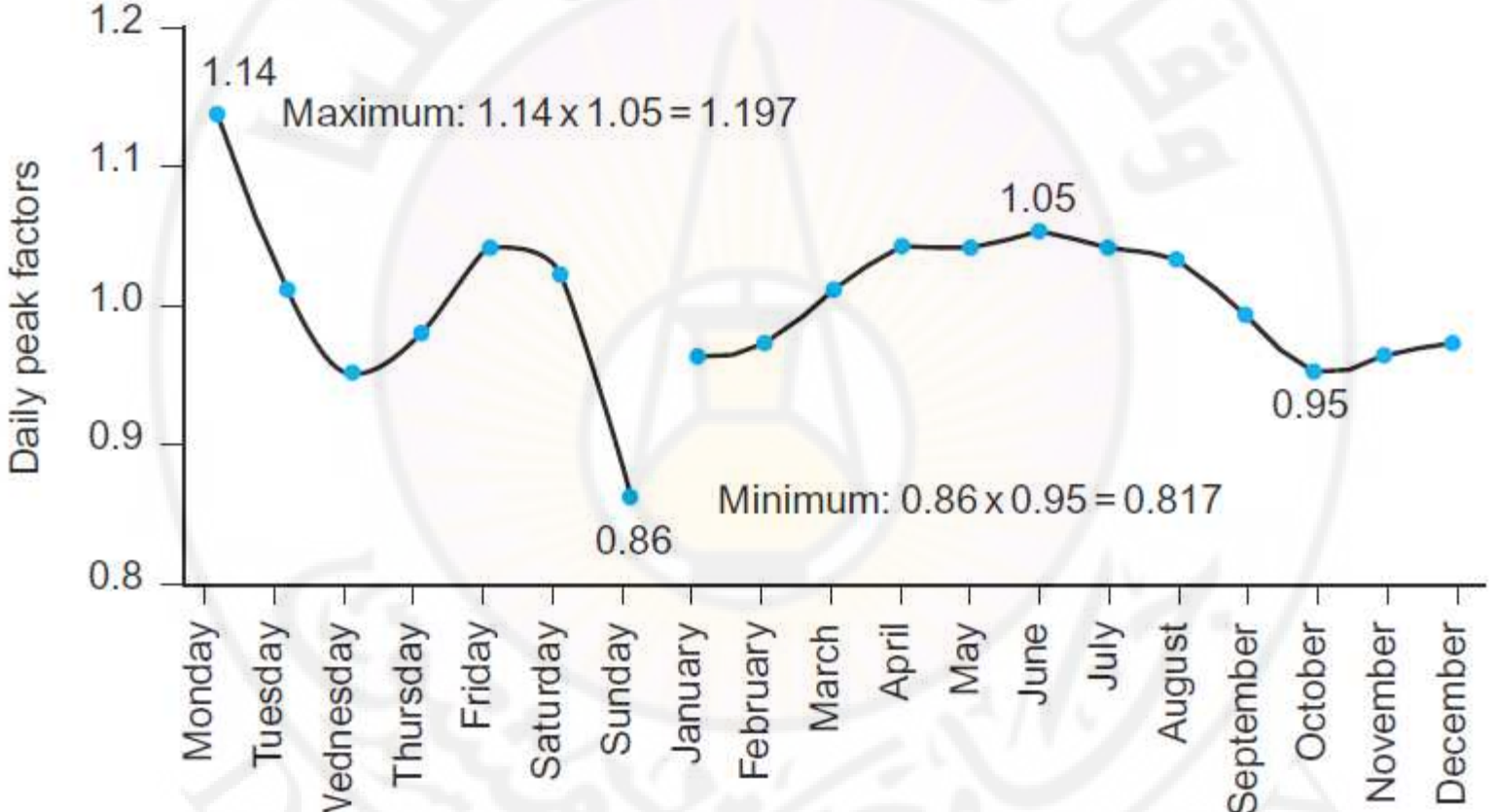
f_c: معامل تحويل واحدات

Pf_h: معامل عدم الانتظام الساعي

Pf_d: معامل عدم الانتظام اليومي

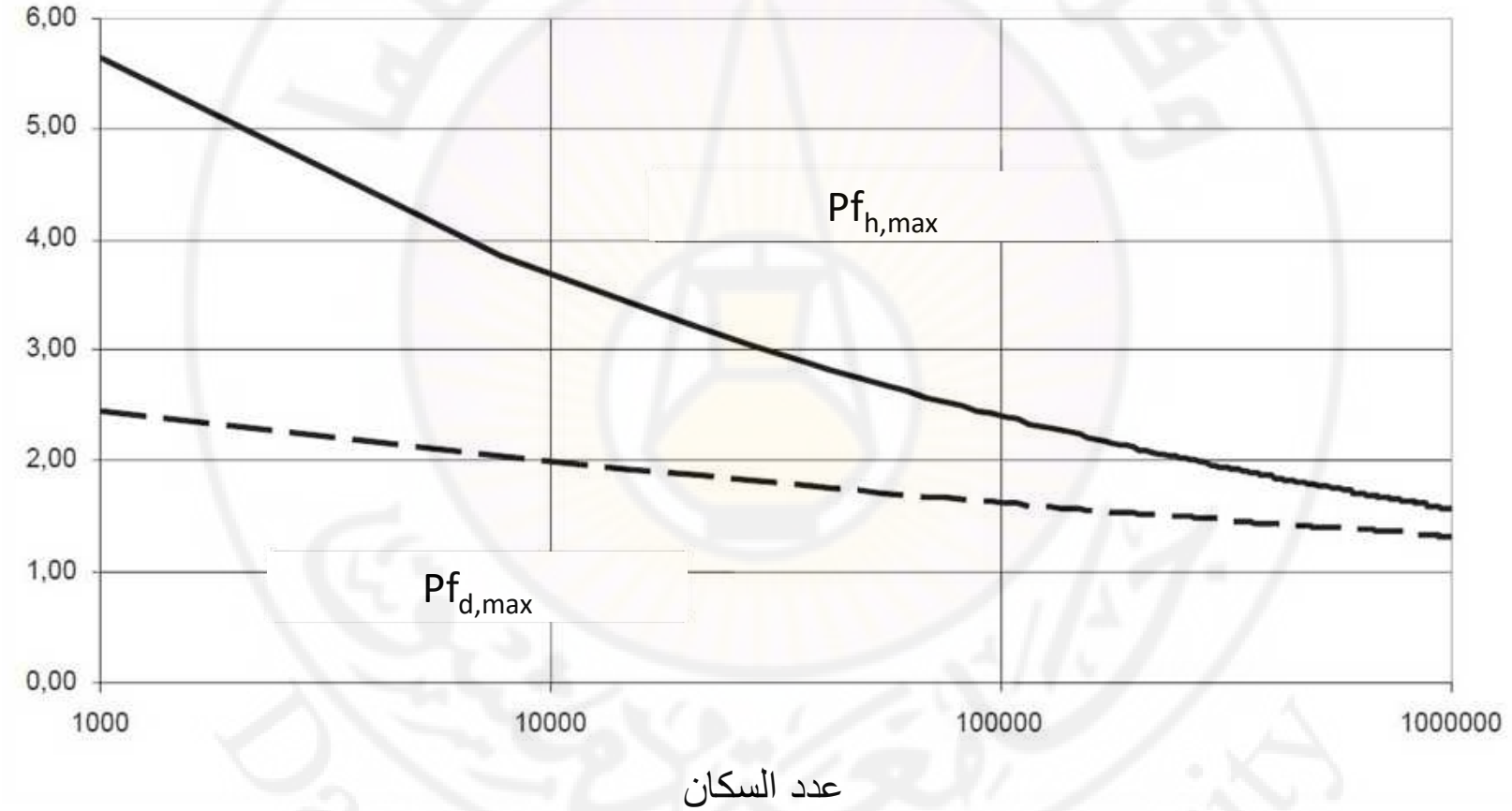
Pf_m: معامل عدم الانتظام الشهري

Pf_s: معامل عدم الانتظام الفصلي



مخطط لمعاملي عدم الانتظام الشهري والأسبوعي

- تحدد معاملات عدم الانتظام من تحليل قراءات الاستهلاك في التجمع السكاني أو تؤخذ من تجمع سكاني مشابه عند عدم توفر مثل هذه القراءات



قيم معاملي عدم الانتظام اليومي $Pf_{d,max}$ والساعي $Pf_{h,max}$ حسب عدد السكان

- الاحتياج اليومي الوسطي $Q_{d,av}$ (m^3/d):
  - يعبر عن الاحتياج الوسطي المطلق في اليوم
  - يتم الحصول عليه من التسجيلات السنوية

$$Q_{d,av} = \frac{q \cdot N}{f_c}$$

q: الاحتياج النوعي

N: عدد السكان

f_c: معامل تحويل

$Pf_h=1, Pf_s=1$

- من أجل تصميم نظام الإمداد بالمياه تستخدم الغزارات التالية:
  - **الغزارة اليومية الأعظمية (m^3/d) $Q_{d,max}$:** الاحتياج اليومي الأعظمي في شهر استهلاك أعظمي
    - $Pf_h=1$, $Pf_s=max$

$$Q_{d,max} = Q_{h,av} = \frac{Q_{d,av} \cdot Pf_s}{f_c}$$

    - تستخدم لتصميم أنابيب نقل المياه والخزانات
  - **الغزارة الساعية الوسطية (m^3/h, l/s) $Q_{h,av}$:**

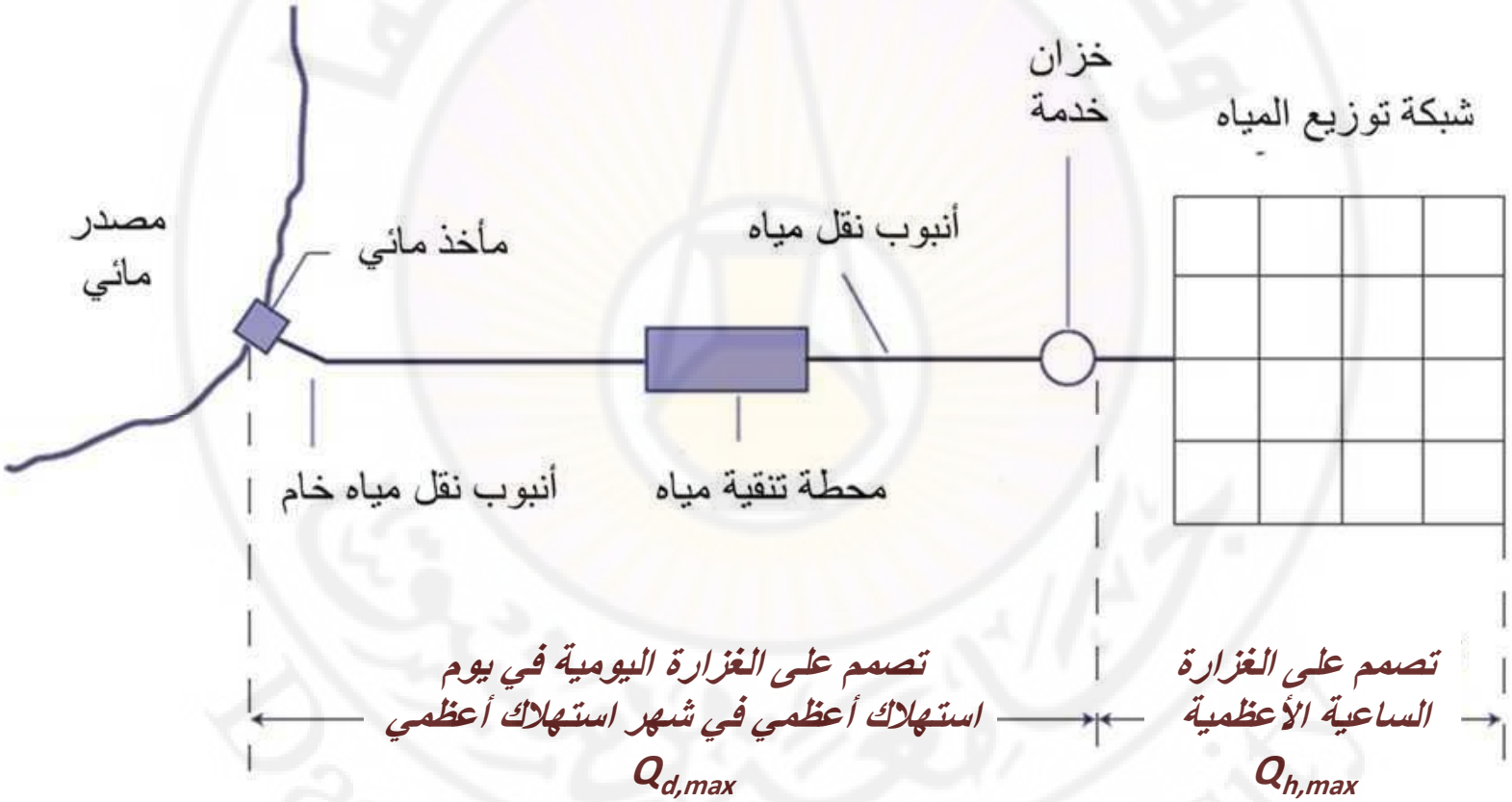
$$Q_{h,av} = \frac{Q_{d,max}}{24}$$

– **الغزارة الساعية الأعظمية ($Q_{h,max}$ (m³/h, l/s:** الاحتياج في ساعة استهلاك أعظمي في يوم استهلاك أعظمي في شهر استهلاك أعظمي

- $Pf_h=max, Pf_s=max$

$$Q_{h,max} = \frac{Q_{d,av} \cdot Pf_{s,max} \cdot Pf_{h,max}}{f_c}$$

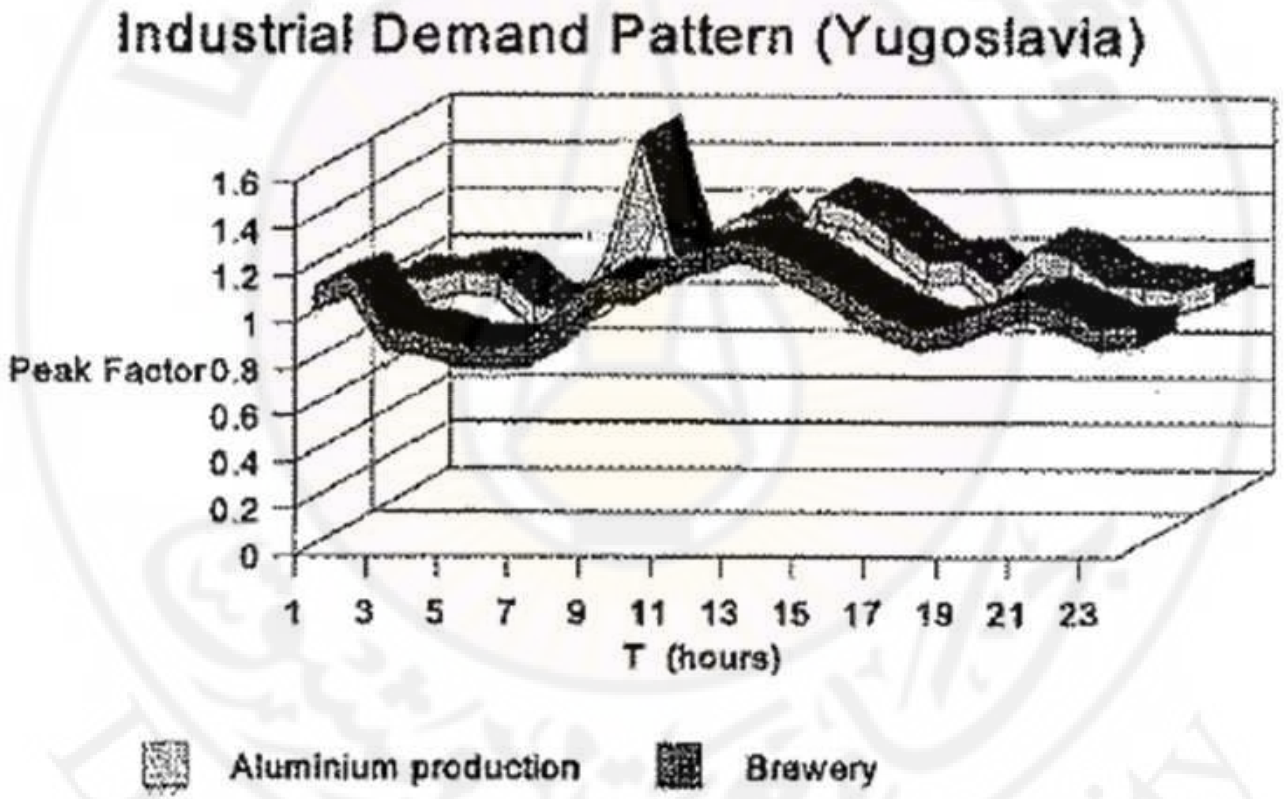
- تستخدم لتصميم شبكات توزيع المياه


خزان
خدمة
شبكة توزيع المياه
مصدر
مائي
مأخذ مائي
أنبوب نقل مياه
أنبوب نقل مياه خام
محطة تنقية مياه
تصمم على الغزارة اليومية في يوم
استهلاك أعظمي في شهر استهلاك أعظمي
$Q_{d,max}$
تصمم على الغزارة
الساعية الأعظمية
$Q_{h,max}$

ضائعات الشبكة توزع بانتظام على 24 ساعة

في الصناعات يتعلق تغير الاحتياج مع الزمن وبالتالي الاحتياج الساعي الأعظمي بالعوامل التالية:

- بنوع الصناعة
- عدد ورديات العمل
- زمن الوردية
- تجرى دراسة لكل حالة


Industrial Demand Pattern (Yugoslavia)
Peak Factor
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23
T (hours)
Aluminium production
Brewery

- مسألة 2.2:

– يبلغ عدد سكان تجمع سكاني 1200 شخص، يستهلك سنوياً $63800\ m^3$ بما فيها 10% فواقد، بلغ الاستهلاك الساعي الأعظمي المسجل $24.5\ m^3/h$ والمطلوب:

1) تحديد الاستهلاك النوعي (l/p/d)
2) معامل عدم الانتظام الساعي الأعظمي

– ملاحظة:

1. الاستهلاك النوعي يحسب دون الفواقد
2. معامل عدم الانتظام يحسب مع الفواقد

- مسألة 2.3:

– يطلب تحديد الاستطاعة اللازمة لمحطة تنقية مياه (m^3/d) لتغذية مدينة يقطنها 1,250,000 نسمة علماً بأن:

- الاستهلاك النوعي 150 l/p/d
- هناك استهلاك لأغراض غير بشرية قدره 30,000,000 m^3/a
- تقدر نسبة الفواقد 12%من الاستهلاك الكلي

- مسألة 2.4:

– بلغت كمية المياه التي تستهلكها مدينة سنوياً $13,350,000 m^3/a$

– بلغ الاحتياج اليومي الأعظمي $42,420\ m^3/d$

– أما الاحتياج اليومي الأدنى فقد بلغ $27,360\ m^3/d$

– وقد سجلت الاحتياجات الواردة في الجدول التالي خلال ساعات النهار خلال يوم استهلاك وسطي والمطلوب حساب:

1) $Q_{d,av}$, $Pf_{d,max}$, $Pf_{d,min}$

2) $Pf_{h,max}$, $Pf_{h,min}$

3) $Q_{h,max}$, $Q_{h,min}$

6	5	4	5	2	1	Hour
1644	1450	835	644	562	433	Q (m^3)
12	11	10	9	8	7	Hour
1712	1721	1887	1936	1922	1856	Q (m^3)
18	17	16	15	14	13	Hour
2055	2087	1925	1789	1656	1634	Q (m^3)
24	23	22	21	20	19	Hour
602	676	813	1218	1453	1944	Q(m^3)

$\Sigma Q = 34454 \quad m^3$

$Q_{h,av} = 1435.58 \quad m^3/h$

- مسألة 2.5

– تجمع سكاني مساحته $A=250000\ m^2$ الكثافة السكانية الحالية $p_{2018}=350\ ca/ha$ بنسبة تزايد سنوية $R=2.4\%$

– يقدر الاحتياج النوعي المستقبلي بحدود $q=150\ l/ca/d$

– $Pf_{s,max}=1.6,\ Pf_{h,max}=2.2$

– يطلب تحديد $Q_{d,max}\ (m^3/d),\ Q_{h,max}\ (l/s)$ بعد 25 سنة

المحاضرة الثالثة

مسائل

مثال رقم 1 :

المعطيات :

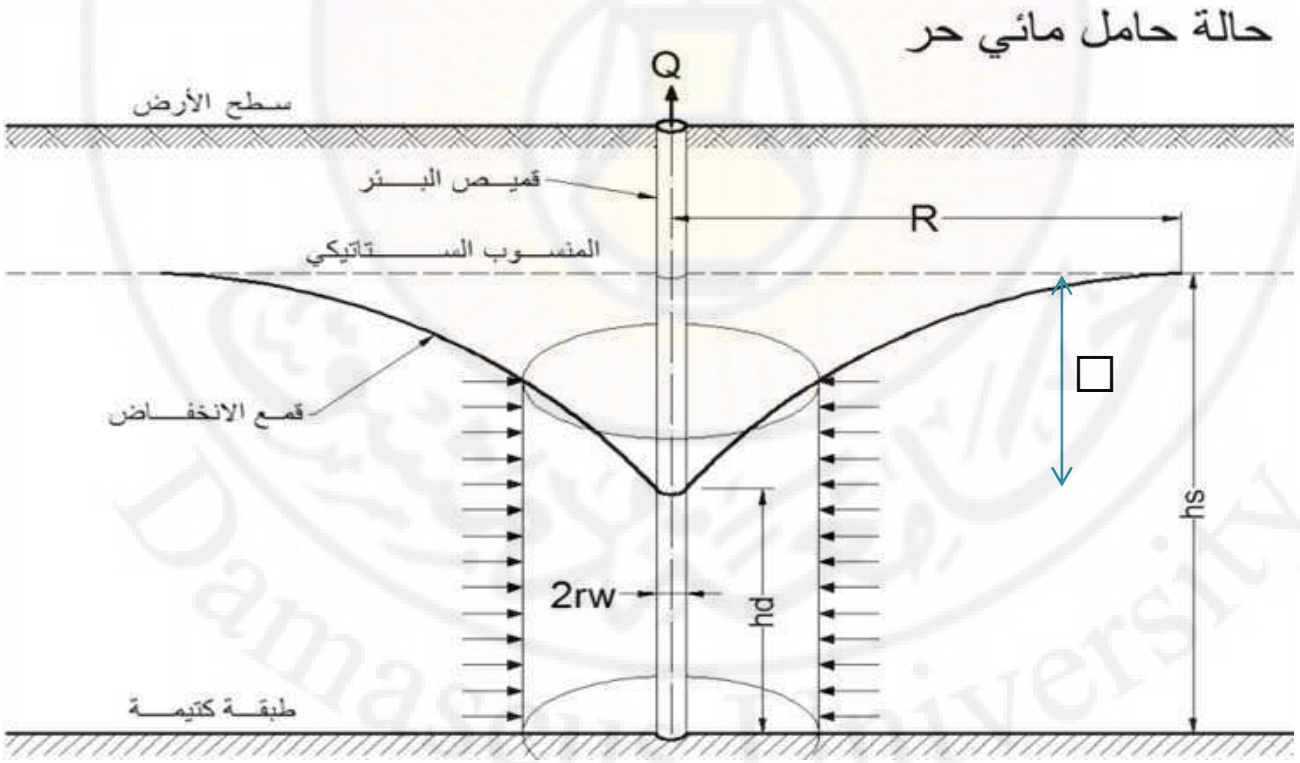
S = 1.20m

hs=21.6m

K = 0.0012 m/s

rw = 0.3m

المطلوب: حساب Q



- نستخدم العلاقة :

$$Q = \pi k_f \frac{h_s^2 - h_d^2}{ln(R/r_w)}$$

- يوجد علاقة تجريبية لحساب R هي :

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{k_f}$$

r_w: نصف قطر البئر
R: نصف قطر التأثير بعد ثبات المنسوب
h_s: المنسوب الستاتيكي
h_d: المنسوب الديناميكي

S (m) : انخفاض منسوب المياه بسبب الضخ من البئر
K_f (m/s): نفاذية التربة

Damascus University

الحل:

hd=hs-s=21.6-1.2=20.4m

$$R = 3000 * S * \sqrt{k_f}$$

$$R = 3000 * 1.2 * \sqrt{0.0012}$$

$$R = \square \approx \square$$

$$Q = \pi * 0.0012 \frac{(21.6^2 - 20.4^2)}{\ln(\frac{125}{0.3})}$$

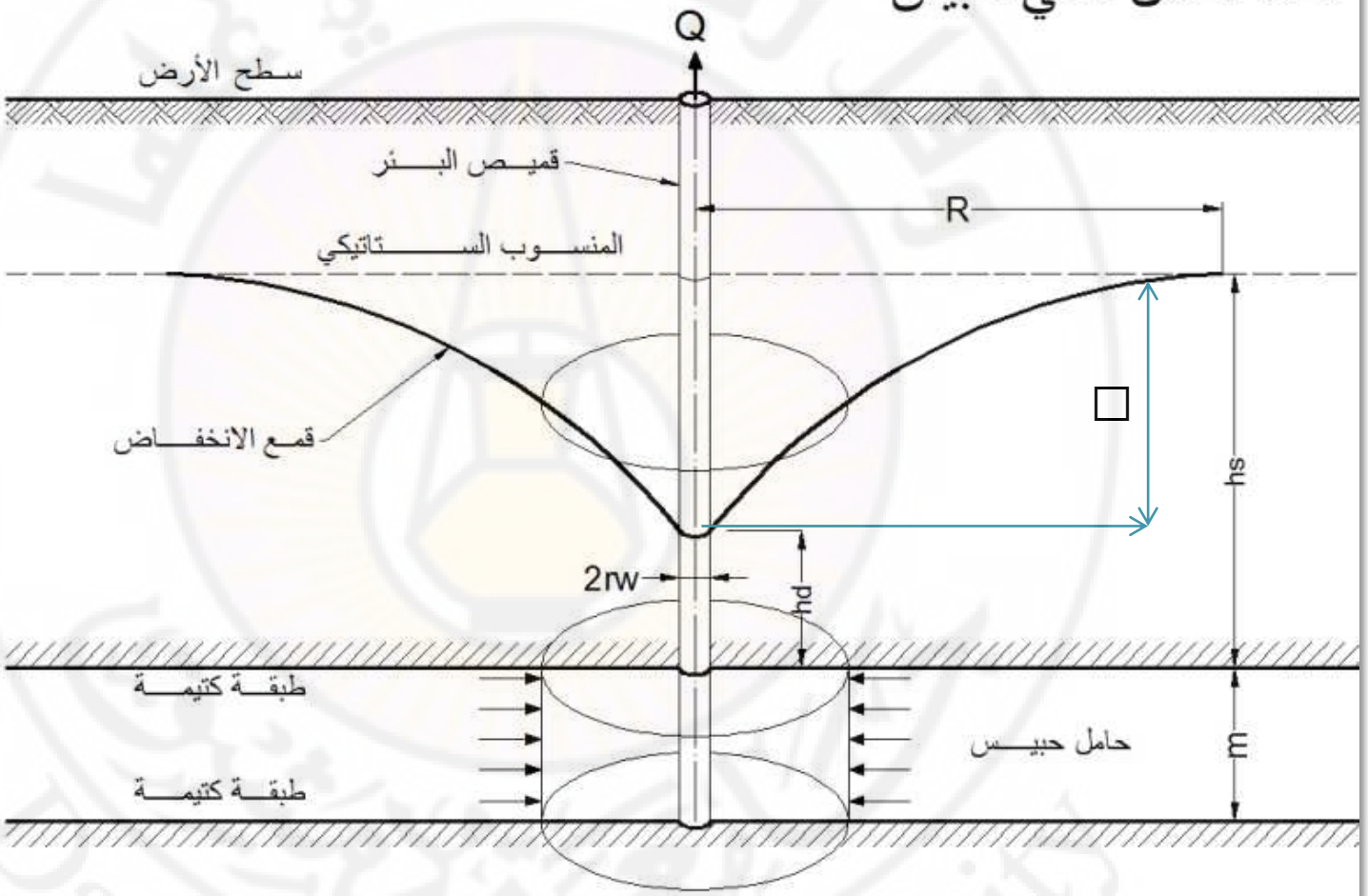
$$Q = 0.0315 m^3/\sec = 31.5 l/sec$$

مثال رقم 2 :

- المعطيات :
- S = 1.20m
- K = 0.0012 m/s
- rw = 0.3m
- m=15m
- hs=42m

- المطلوب: حساب Q

حالة حامل مائي حبيس



- نستخدم العلاقة:

$$Q = 2\pi k_f \frac{m\cdot(hs-hd)}{ln(R/r_w)}$$

- نستخدم العلاقة لحساب R:

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{k_f}$$

Damascus University

مثال رقم 3:

- المطلوب:
- حساب قابلية النفوذية (معامل النفوذية) في طبقة حاملة لمياه جوفية حرة حيث تم ضخ مياه بئر رئيسي بغزارة قدرها $92m^3/h$ علما ان بئري الرصد يقعان على بعد 8cm و 25cm على التوالي من محور بئر الضخ
- وان منسوب المياه فيهما اخفض من المنسوب الستاتيكي للمياه الجوفية بمقدار 58cm و 46cm على التوالي
- أما سماكة الطبقة الحاملة للمياه الجوفية فتبلغ 12.6m

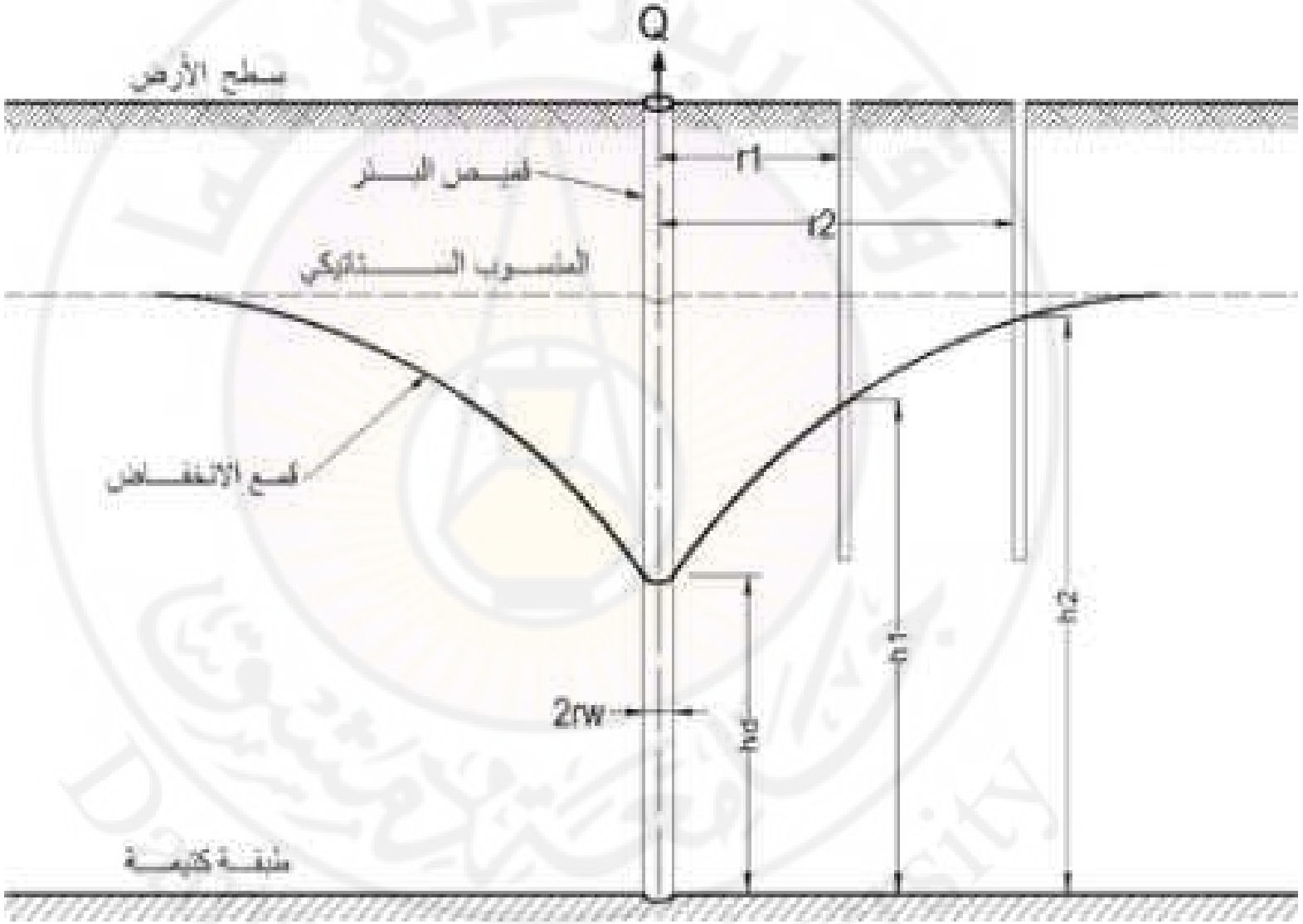
- نستخدم العلاقة التالية:

حامل حر

$$k_f = \frac{Q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \ (^m/_s)$$

$Q\ (m^3/s)$: غزارة الضخ من البئر

r_1, r_2 : بعد بئري الرصد (m) عن بئر الضخ


Q
سطح الأرض
r1
r2
المنسوب الستاتيكي
h1
h2
2rw
h3
طبقة كتيمة

الحل:

- $Q = \frac{92m^3}{h} = 0.0256m^3/s$
- $h1 = hs - s1 = 12.6 - 0.58 = 12.02m$
- $h2 = hs - s2 = 12.6 - 0.46 = 12.14m$
- $kf = \frac{0.0256}{\pi(12.14^2 - 12.02^2)} \ln(\frac{25}{8}$□
- $kf = 3.20 * 10^{-3}\ m/s$

قسم الهندسة الصحية والبيئية ـ كلية الهندسة المدنية ـ جامعة دمشق

تطهير المياه

تطهير المياه باستخدام المؤكسدات القوية (الكلورة)

Water Disinfection

WATER CHLORINATION

Prof. Dr. Eng. Bassam Al Aji

Damascus 2021-2022

1- مقدمة:

تطهير المياه هي عملية القضاء على الأحياء الدقيقة الممرضة وغيرها من المتعضيات التي يمكن أن تجعل المياه غير صالحة للاستخدام لأغراض الشرب أو لبعض الاحتياجات الاقتصادية الأخرى.

تسبب المياه الكثير من الأوبئة المرتبطة بتناول المياه الملوثة الحاوية على الأحياء الممرضة مثل التيفوئيد والسل والزحار والكوليرا والشلل والتهاب الدماغ والكثير من الأمراض الأخرى مثل التهاب المثانة والكلية والنزلات المعوية وألتهاب الكبد الفيروسي وداء الجياردیات وداء الاميبيات وحمى نظيرة التيفية والحمى السيبيرية...الخ، إضافةً لأمراض أخرى يقضي الناقل فيها جزءاً من دورة حياته في المياه كالبلهارسيا وغيرها.

لا تسمح عملية تخثير الشوائب مع عمليات الترسيب والترشيح اللاحقة، وكذلك عملية الكلورة المسبقة للمياه بالحصول على إزالة كاملة للبكتريا الضارة، حيث تحافظ حتى 10% من البكتريا والفيروسات على حياتها بعد العمليات السابقة. وكذلك لا تسمح عمليات المعالجة المختلفة لمياه الصرف الصحي بالقضاء نهائياً على الأحياء الممرضة في هذه المياه، لذلك تعتبر عملية التطهير هي العملية النهائية اللازمة لتحضير مياه الشرب وكذلك لمعالجة مياه الصرف الصحي قبل استخدامها للأغراض المختلفة.

تجري عمليات التطهير عادة على المياه الخاضعة لأطوار المعالجة الأولية المتضمنة عمليات التخثير والترويق وإزالة اللون إضافة إلى الترسيب والترشيح حيث تزال خلال هذه المعالجة الجزئيات التي يمكن أن تحتجز البكتريا والفيروسات على سطوحها أو في داخلها بعيداً عن تأثير وسائل التطهير.

يجري ضبط فعالية تطهير المياه بتحديد العدد الكلي للبكتريا في $1cm^3$ من المياه CFU وكذلك بتحديد تواجد زمرة العصيات المعوية Esherichia Coli وذلك بدلالة مؤشر كولي إيندكس أو مؤشر كولي تيتر للمياه بعد التطهير.

إن العصيات المعوية E.Coli عصيات غير ضارة بحد ذاتها إنما تستخدم عمليات تحديدها كمؤشر للتلوث البكتيري للمياه. ويرتبط استخدام هذه العصيات كدليل لتواجد الأحياء الدقيقة في المياه بالتصورات التالية:

1- إن تحديد تواجد العصيات المعوية E.Coli في المياه أبسط من تحديد تواجد البكتريا الأخرى للزمر المعوية.

2- تؤثر المؤكسدات القوية المستخدمة لتطهير المياه على هذه العصيات بشكل أصعب من تأثيرها على الأحياء الممرضة التي تسبب الأمراض المعوية المختلفة.

3- تتواجد هذه العصيات في أمعاء الإنسان وأمعاء حيوانات الدم الحار، لذلك فإن تواجدها في مصادر الإمداد المائي دليل على تلوث مياه هذه المصادر بالمخلفات البرازية.

2- طرائق تطهير المياه:

عرفت تكنولوجيات المعالجة المائية الكثير من طرائق تطهير المياه يمكن تصنيفها على الشكل التالي:

I - **الطرائق الحرارية:** يقود غلي المياه لفترة 12-20 min إلى قتل جميع الأحياء الدقيقة ذات التشكلات اللابوغية ولا يؤثر هذا الغلي على التشكلات البوغية. تسمح عمليات تسخين المياه تحت الضغط لدرجة حرارة $120^{\circ}C$ أو غلي المياه لمدة 15 min مع التبريد اللاحق حتى درجة الحرارة $35^{\circ}C$ لتترك بعدها لمدة ساعتين للسماح بانتشار الأبواغ ليتم بعد ذلك التسخين من جديد للمياه حتى الغليان، بإبادة الأبواغ. وعلى الرغم من بساطة هذه الطرائق إلا أن استخدامها بقي محدوداً جداً نظراً لعدم إمكانية اعتمادها كطريقة أساسية في تطهير حجوم كبيرة من المياه.

II- **الطرائق الفيزيائية:** تجري عمليات التطهير في هذه الطرائق باستخدام تأثير الأشعة الشمسية أو الأشعة فوق البنفسجية أو أشعة γ أو β أو استخدام الأمواج فوق الصوتية:

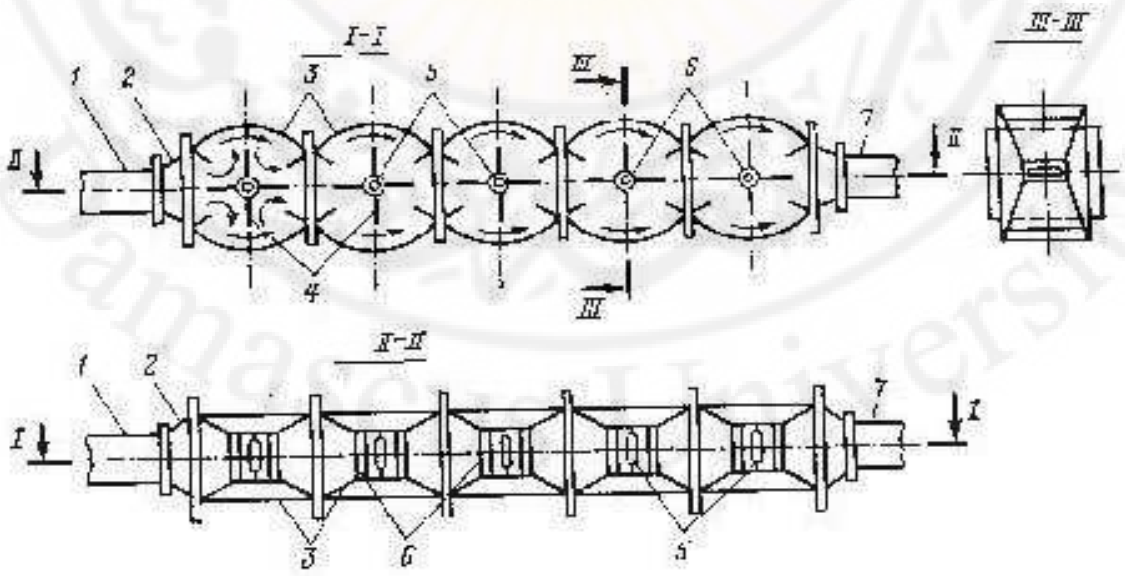
1- **استخدام أشعة الشمس:** تعد أشعة الشمس مطهراً طبيعياً للمياه إذ يجري قتل الكثير من أنواع البكتريا بتعرض المياه لأشعة الشمس فترةً من الزمن نظراً لما تحمله أشعة الشمس من إشعاعات قاتلة للبكتريا.

2- **الأشعة فوق البنفسجية:** وهي طريقة فعالة في تطهير المياه إذ أنها تؤثر بشكل كبير على الحمات الراشحة. يمكن إبادة البكتريا الممرضة الموجودة في المياه من خلال تعريض المياه لهذه الأشعة لمدة 40-10 sec.

تملك عملية تطهير المياه بالأشعة فوق البنفسجية **محاسن كثيرة مقارنةً مع عملية الكلورة:** تعتبر طريقة التطهير بالأشعة فوق البنفسجية طريقةً أسرع بكثير من الكلور في تطهير المياه؛ ولا تترك أثراً على طعم أو رائحة المياه؛ وكذلك فهي لا تغير الخواص الكيميائية للمياه خلال عمليات المعالجة؛ يعتبر التطهير بالأشعة فوق البنفسجية أفضل من الكلور في القضاء على التشكلات البوغية؛ إن استثمار تجهيزات التطهير بالأشعة فوق البنفسجية أبسط من استثمار منشآت الكلورة. من **مساوئ هذه الطريقة** غياب أسلوب ضبط فعالية التطهير مقارنةً مع الكلور، كما تعتبر هذه الطريقة غير ملائمة لتطهير المياه العكرة، حيث يمكن للبكتريا أن تحتمي بالمواد العالقة وأن تتجنب مفعول الأشعة المطهرة عند قيم عالية للعكارة. ويقتصر تأثير الأشعة فوق البنفسجية على الطبقة السطحية للمياه بسماكة 30 cm ، بينما ينعدم تأثيرها في الأعماق الأكبر من ذلك. ينصح باستخدام الأشعة المضادة للبكتريا لتطهير المياه الجوفية عندما لا يتجاوز مؤشر كولي إيندكس 1000 عصية/ل، ولا يزيد تركيز الحديد عن 2 mg/l والعكارة حتى 2 mg/l.

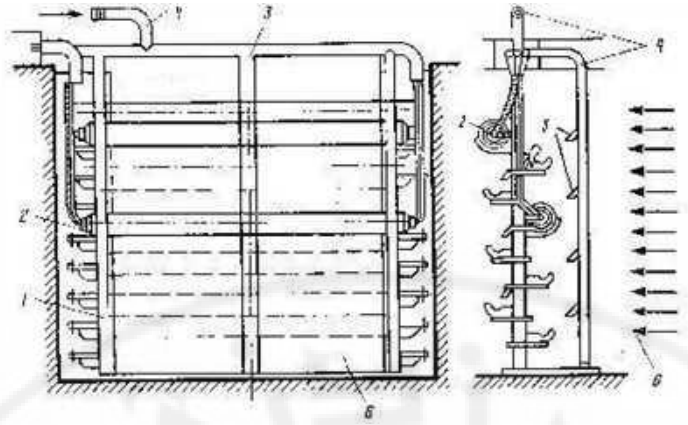
يتلخص **ميكانيزم التطهير بالأشعة فوق البنفسجية** بعملية تأين الخلية البكتيرية حيث تقوم بعض الذرات بامتصاص للطاقة وتحرير الإلكترونات، وبالتالي ستمتلك هذه الذرات شحنةً موجبةً، بينما تتحد الإلكترونات الحرة المتحررة مع الذرات غير المشحونة التي ستملك عند ذلك سحنةً سالبةً مما يشكل أزواج الأيونات. إن تغير الهيكل الإلكتروني للذرات يخرق الروابط الكيميائية ويخرب الهيكل الجزيئي للخلية. كما تتأذى العناصر النووية للخلية، وخصوصاً تلك التي تحمل خواصاً وراثيةً أي الأحماض النووية.

تعتبر مصابيح الزئبق المصنعة من الكوارتز أو الزجاج من أهم **مصادر الإشعاع المضاد للبكتريا**. يمكن توليد الأشعة فوق البنفسجية في أنابيب من زجاج الكريستال الصخري الحاوية على سائل الزئبق (كوارتز–زئبق عالية الضغط أو مصابيح أوريجون –زئبق منخفضة الضغط) بتعريضها لتيار كهربائي مستمر بتوتر (220 volt) ولمدة 10 min. أثبتت التجارب الاستثمارية أن التأثير المضاد الأقوى في إبادة البكتريا تملكه أشعة UV ذات طول الموجة 295-200 n.m ويكون التأثير الأعظمي قريباً من طول الموجة 260 n.m.



جهاز UV مضاد للبكتريا مخصص لمحطات التنقية المركزية

1 –ماسورة دخول المياه 2–ماسورة انتقالية 3–حجرة التطهير 4–حواجز توجيه 5–مشع UV 6–البلورات الكوارتزية 7–ماسورة خروج المياه.



جهاز UV مضاد للبكتريا لغزارة مائية $3000\ m^3/hr$ وأكثر

1–هيكل معدني 2–بلوك حاوي على المصابيح 3–صفائح معدنية 4–أنبوب المياه المضغوطة المخصصة لغسيل البلورات 5–فوهة الغسيل 6–قناة إمداد المياه الخاضعة للمعالجة.

3- **أشعة غاما:** وهي أشعة فعالة جداً في إبادة البكتريا، ولهذه الأشعة طاقة نفوذ كبيرة مما يمكننا من استخدامها لمعالجة كميات كبيرة من مياه الشرب، إلا أن هذه الطريقة لم تدخل بشكل عملي في تكنولوجيا تطهير مياه الشرب حتى الآن وذلك بسبب خطر نشوء نشاط إشعاعي قوي في الجوار المباشر للمياه.

4- **الأمواج فوق الصوتية:** الأمواج فوق الصوتية هي عبارة عن الذبذبات الميكانيكية ذات التردد الأعلى من عتبة سماع الأذن البشرية، أي أكثر من 20000 HZ حيث تقع ذبذبات الأمواج فوق الصوتية عملياً في مجال ذبذبات الراديو. أثبتت التجارب أن هذا النوع من الأمواج يقتل البكتريا بصورة سريعة جداً. إلا أن هذه الطريقة لم تلق انتشاراً واسعاً في مجال تطهير المياه بسبب صعوبة الحصول على الأمواج فوق الصوتية وارتفاع تكاليفها مقارنةً بالطرائق الأخرى، إضافةً إلى انخفاض فعاليتها مع ازدياد عمق المياه.

لا توجد حتى الآن نظرية تشرح التأثير المضاد للبكتريا للأمواج فوق الصوتية إلا أن أغلب الباحثين يربطون الفعل المبيد للبكتريا للأمواج فوق الصوتية بقابلية تشكيل فجوات دقيقة حول الأجسام في الماء وعزلها عن محيطها ليتكون حولها ضغط محلي يؤدي إلى تغيرات حادة في الحالة الفيزيائية للسائل وتدمر البكتريا داخل هذا الحقل. تعرف هذه الظاهرة بالتجويف الفوق صوتي. ويعتقد البعض أن البكتريا تقتل بالتخريب الميكانيكي لخلاياها الذي يقود إلى تعطل الوظيفة الحيوية للخلايا وانحلال المواد البروتينية للسيتوبلازما.

III- استخدام تأثير بعض أيونات المعادن الثقيلة: يقود استخدام كميات غير كبيرة من أيونات الفضة أو النحاس أو الذهب إلى تطهير المياه. يتم غالباً تشريب الكربون المنشط بهذه الأيونات بغية استخدامه في عملية التطهير وخصوصاً في أجهزة التنقية صغيرة أو متوسطة الحجم. تعتبر أيونات النحاس أقل فعالية في القضاء على زمر الأحياء المعوية من بقية الأيونات المستخدمة في هذا المجال.

تطهير المياه باستخدام أيونات الفضة: قام كولسكي في عام 1930 باختراع طريقة الكتروكيميائية لتطهير المياه بالفضة، ثم انتشرت هذه الطريقة بعد ذلك بسنتين في ألمانيا ثم بعد ذلك في بريطانيا، أما الآن فيجري استخدام هذه الطريقة في الكثير من بلدان العالم. تعتبر أيونات الفضة مفاعل تطهير عالي الفعالية بالنسبة لجميع الأحياء الممرضة تقريباً، إلا أن تأثيرها منخفض ضد الحمات الراشحة. من أهم محاسن التطهير بالفضة هو حفظها للمياه لفترة طويلة، حيث تحتفظ المياه المعالجة بالفضة (0.1 mg/l) بمؤشرات صحية عالية لفترة تزيد عن سنة. يتطلب استخدام الفضة فترة مكث كبيرة نسبياً ودقة عالية جداً في تقدير الكمية اللازمة للتطهير، حيث تعطي الزيادة فوق التراكيز المسموحة مفعولاً سلبياً نظراً لخطورة تأثير الفضة على الصحة العامة.

هناك عدة فرضيات تشرح ميكانيزم التأثير البكتيري للفضة:

- إن موت الخلية يجري نتيجة خرق عمليات التبادل المادي تحت تأثير أيونات الفضة على البكتريا.
- تعبر أيونات الفضة إلى داخل الخلية مخربةً الخلية باتحادها مع السيتوبلازما.
- إن امتزاز أيونات الفضة على سطح الخلية يحفز عملية أكسدة السيتوبلازما بأوكسجين الهواء.
- من المحتمل تأثير جميع الفرضيات السابقة بنسب متفاوتة.

IV- استخدام الترشيح عبر الأوساط المسامية المختلفة: إن أغلب الأحياء الممرضة باستثناء الفيروسات تملك أبعاداً تتجاوز 1-2 ميكرون، لذلك فإن ترشيح المياه خلال أوساط ترشيح بأبعاد مسامات أقل من 1 ميكرون سوف يخلص المياه من هذه الأحياء. أغلب أنواع المرشحات المستخدمة في هذا المجال هي المرشحات فائقة الدقة Ultra Filtration المصنعة من الخزف المسامي أو الخزف الصيني أو المرشحات الغشائية.. الخ.

V- استخدام المؤكسدات القوية: تعتبر هذه الطريقة أكثر الطرائق شيوعاً في تطهير المياه. ومن المؤكسدات المستخدمة لهذا الغرض: الهالوجينات المختلفة كالكلور ومركباته المختلفة، والبروم، واليود، إضافةً إلى برمنغنات البوتاسيوم، وبيروكسيد الهيدروجين، والأوزون.. الخ.

3- استخدام المؤكسدات القوية في تطهير المياه:

يستند اختيار طريقة التطهير إلى الكثير من العوامل المتعلقة بتصريف ونوعية المياه المطلوب معالجتها ودرجة التنقية الأولية لهذه المياه وطرائق تأمين ونقل وضغط وسائل التطهير وإمكانية أتمتة هذه العملية ومكننة الأعمال الصعبة في عملية الاستثمار.. الخ.

إن أكثر الطرائق المستخدمة عملياً في تكنولوجيا التحضير المائي هي الطرائق التي تستخدم المؤكسدات القوية. تجري عملية تطهير المياه بالمؤكسدات القوية عموماً على مرحلتين: يقوم مفاعل التطهير في المرحلة الأولى بالانتشار إلى داخل أجسام الأحياء الممرضة ويقوم بالمرحلة الثانية بالدخول في تفاعل مع الأنزيمات داخل الخلية. تتحدد سرعة عملية التطهير بكينيتكا الانتشار لمفاعل التطهير داخل الجسم الحي وبالموت الكينيتيكي للخلية بفعل تأكسد الأنزيمات بمفاعل التطهير. ترتفع سرعة عملية التطهير بازدياد تركيز مفاعلات التطهير في المياه وبرفع حرارة المياه. تملك مفاعلات التطهير في المياه انتشاراً أسرع خلال الأغشية الخلوية من انتشار الأيونات المتشكلة أثناء تشرد هذه المفاعلات.

تتباطئ سرعة عملية تطهير المياه بتواجد المواد العضوية القادرة على التأكسد وكذلك بتواجد المرجعات المختلفة والمواد الغروية والمواد العالقة. وتعيق المواد الغروية والمواد العالقة خلال تواجدها في المياه تماس البكتريا مع مفاعلات التطهير بجذبها لهذه البكتريا وقدرتها على إخفائها مجنبة إياها التأثر بمفاعلات التطهير.

ويمكن التعبير عن تأثير تركيز مفاعل التطهير على سرعة موت البكتريا في المياه الخاضعة للمعالجة بالعلاقة التالية (قانون تشيك-واطسون Disinfection Kinetics Chick-Watson Law):

$$C^n t_K = Const.$$

حيث:

C- تركيز مفاعل التطهير.

t_K- فترة تماس البكتريا مع مفاعل التطهير وهي الفترة الضرورية لخفض العدد الكلي للبكتريا بالنسبة المحددة.

n- مؤشر الدرجة ويسمى أيضاً بمعامل الحل.

تُسرِّع عملية رفع درجة حرارة المياه من $0.2^{\circ}C$ وحتى $10^{\circ}C$ عملية التطهير بشكل شديد، بينما يبدو الرفع التالي لدرجات الحرارة أقل تأثيراً ويشرح تأثير درجة حرارة المياه على كينيتيكا عملية التطهير بتأثيرها على معامل انتشار المؤكسد خلال أغشية الخلايا للبكتريا. وتؤثر درجة حرارة المياه بشكل أكبر على كينيتيكا التطهير بالكلورامينات منها للكلور الحر.

ويشير مفهوم CT استناداً لقانون تشيك–واتسون إلى أن تركيز المطهر وزمن التماس لهما نفس "الوزن" أو المساهمة في قتل البكتريا.

المواصفات التي يجب أن تتوفر في مواد التطهير تتضمن:

1- أن تكون قادرة على إبادة جميع البكتريا خلال فترة زمنية محددة .

2- أن تكون متوافرة، سهلة التداول والاستخدام يمكن تخزينها وذات أسعار معقولة وغير مكلفة في الاستثمار .

3- أن تكون سهلة التحضير، ويمكن التحكم الآلي بالجرعات اللازمة.

4- ألا تكون سامة للإنسان والحيوان والنبات ولا تؤثر على طعم المياه ورائحتها .

5- أن تترك متبقي في المياه.

4- تطهير المياه باستخدام الكلور

الكلور غاز أصفر مخضر اكتشفه الصيدلي السويدي Scheele في 1774 من تفاعل ثاني أوكسيد المنغنيز مع حمض الهيبوكلوريت واعتقد بأن هذا المركّب يحتوي على الأوكسجين. جرت تسميته الكلور في العام 1810 من قبل السّير همفري ديفي Sir Humphrey Davy الذي أخذ اسمه من اليونانية chloros والتي تعني الأصفر المخضر.

الكلور عنصر من زمرة الهالوجينات يتفاعل تقريبا مع كلّ العناصر. يستخدم الكلور بشكل كبير في عمليات الإنتاج الصناعي (صناعة المنتجات الورقية، الأصباغ، المنسوجات، المنتجات النفطية، بعض المواد الصيدلانية، المطهّرات، المبيدات، المحلات، الطلاء، ومنتجات استهلاكية أخرى...الخ)، كما يستخدم الكلور في إنتاج الكلورات، الكلوروفورم، رابع كلوريد الكاربون، وفي استخلاص البروم وفي انتاج بوليميرات الفينيل المكلورة (PVC)، والكلوروفلوركربونات، وأكسيد البروبيلين. استخدم الكلور كغاز سام خلال الحرب العالمية الأولى. يمكن إنتاج الكلور مِنْ محلول كلوريدِ الصوديومِ باستخدام التحليل الكهربائي.

غاز الكلور هو غاز مزعج جداً للأغشية المخاطية وللعيون والمنطقة التنفسية ويعتبر غاز عالي السمية قادر على التسبّب بالموت خلال استنشاقه لفترة طويلة من الزمن. الكلور غاز له رائحة قابل للكشف في تركيز أقل من 3.5 ppm ، يسبب تهيج الحنجرة بتركيز 15 ppm ويعتبر خطراً بتركيز 50 ppm خلال حالات التعرّض القصير، وقد يكون التعرّض القصير للكلور قاتلاً بتركيز أعلى من 1000 ppm . يمكن أن يسبّب الكلور الحرائق أو الانفجار عند اتصاله ببعض المواد الأخرى، كما أنه يطلق أدخنة سامّة جداً عند تسخينه.

استخدم الكلور على نطاق واسع في عمليات تطهير المياه –القضاء على البكتريا والفطور والطحالب وغيرها. تعتبر عملية التطهير باستخدام الكلور وسيلة آمنة لإعاقة انتشار الأوبئة التي تسببها الأحياء الدقيقة الممرضة مثل أنبوبات التيفوئيد والسل والزحار وفيبريون الكوليرا وفيروسات الشلل والتهاب الدماغ حيث تعتبر الأحياء السابقة غير مقاومة لتأثير الكلور الفعال بينما يعتبر الكلور عديم التأثير تقريباً على بعض النظائر التيفية (الباراتيفية) وأغلب المكورات ذات التشكل البوغي.

يساهم الكلور إضافةً لدوره في تطهير المياه بعمليات أكسدة المياه مثل إزالة الحديد والمنغنيز، وهدم مركّبات الطعم واللون والرائحة (تحسين خواص استساغة المياه)، وفي إزالة نتروجين الأمّونيا، وفي التخلص من ثاني أوكسيد الكبريت.

التأثيرات البيئية للكلورِ

أظهرت الدراسات أن تعرّض الإنسان المتكرر للكلور في الهواء يُمكن أَن يُؤثّر على نظام المناعة، والدم، والقلب، والنظام التنفسي. ويعتبر الكلور من العناصر الضارة بالكائنات الحية التي تعيش في المياه والتربة، ويُسبب الكلور الأذى لعناصر البيئة حتى في مستوياته المنخفضة.

فعالية الكلور:

تتوقف فعالية الكلور في قتل البكتريا على العوامل التالية:

1- درجة تركيز الأيون الهيدروجيني pH: تقل فعالية الكلور بارتفاع قيمة pH الوسط المائي.

2- درجة الحرارة: تزداد فعالية الكلور بارتفاع درجة حرارة المياه.

3- زمن التماس بين الكلور والماء (Time of contact): تزداد فعالية الكلور بازدياد زمن التماس ونظراً لاختلاف مقاومة البكتريا المختلفة لتأثير الكلور فقد جرى اعتماد زمن التماس بين الكلور والماء بثلاثين دقيقة بالنسبة للكلور الحر.

4- قلوية المياه (Alkalinity): إن زيادة قلوية المياه يفرض زيادة جرعة الكلور اللازمة لتطهير المياه.

5- وجود المركبات الآزوتية في الماء (Nitrogenous compound): إن تواجد هذه المركبات في الماء وخاصة الأمونيا تخفض فعالية الكلور في قتل البكتريا، مما يفرض إضافة جرعات أكبر من الكلور أو إطالة زمن التماس بين الكلور والماء.

6- وجود مركبات الحديد والمنغنيز: إن وجود هذه المركبات يفرض زيادة جرعة الكلور اللازمة لتطهير المياه.

7- نوع وعدد البكتريا المراد القضاء عليها: يملك كل ميكروب مقاومة معينة لتأثير الكلور، ولذا يلزم اختبار تأثير جرع الكلور المختلفة المضافة للمياه لتبيان أثرها على الميكروبات التي يراد قتلها بالكلور، كما أن لعدد البكتريا الموجودة في المياه تأثير على جرعة الكلور الواجب إضافتها، فكلما زاد العدد زادت الجرعة اللازمة.

8- عكارة الماء (Turbidity): تقل فعالية الكلور بارتفاع عكارة الماء، إذ أن الميكروبات قد تحتمي بالمواد المسببة للعكارة من تأثير الكلور.

9- طريقة إضافة الكلور: يمكن إضافة الكلور على هيئة غاز أو محلول أو مسحوق لأحد مركباته، ولقد وجد أن إضافته كغاز أكثر فعالية من إضافته كمحلول وهذه أكثر فعالية من إضافته على شكل مسحوق.

أنواع مركبات الكلور التجارية المستخدمة في تطهير المياه:

يضاف الكلور إلى الماء على شكل إحدى مركبات الكلور التجارية التي يتصاعد منها الكلور عند إضافتها للماء وهي:

1- المسحوق الأبيض: (Bleaching powder)

ويسمى أحياناً كلوريد الجير (Chloride of lime). تركيبه الكيميائي مزيج من كلوريد الكالسيوم القاعدي $CaCl_2\,Ca(OH)_2$ وهيبوكلوريد الكالسيوم القاعدي $Ca(OCl)_2\,Ca(OH)_2$ وهو مسحوق أبيض مائل للاصفرار له رائحة قوية نفاذة يحتوي على 32% من وزنه كلوراً حراً، إلا أن هذه النسبة تأخذ بالنقصان بمضي الوقت خصوصاً إذا تعرض للهواء الخارجي أو للضوء ولذلك يجب حفظه في عبوات خاصة، كما يجب اختباره لمعرفة نسبة الكلور الحر فيه قبل كل استخدام حتى نستطيع تقدير الكمية التي تعطي جرعة الكلور المطلوبة. وبعد تقدير كمية المسحوق الأبيض، تصنع منه عجينة سميكة تخفف تدريجياً حتى تصبح مستحلب بنسبة 100:1. يمزج هذا المستحلب جيداً ثم يترك لمدة ساعة ثم يصفى لإزالة ما به من رواسب وبعدها يضاف إلى الماء بالمعدل المطلوب بواسطة أجهزة خاصة.

2- هيبوكلوريت الكالسيوم (Calcium hypo chlorite):

تركيبه الكيميائي $Ca(OCl)_2\,4H_2O$. وتتراوح كمية الكلور الحر فيه 60-70% من وزنه، ويمتاز عن المسحوق الأبيض بارتفاع نسبة الكلور الحر فيه وعدم تأثره بالتخزين. وعند استخدام هيبوكلوريد الكالسيوم يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمة بواسطة أجهزة خاصة.

3- هيبوكلورين الصوديوم (Sodium hypo chlorine):

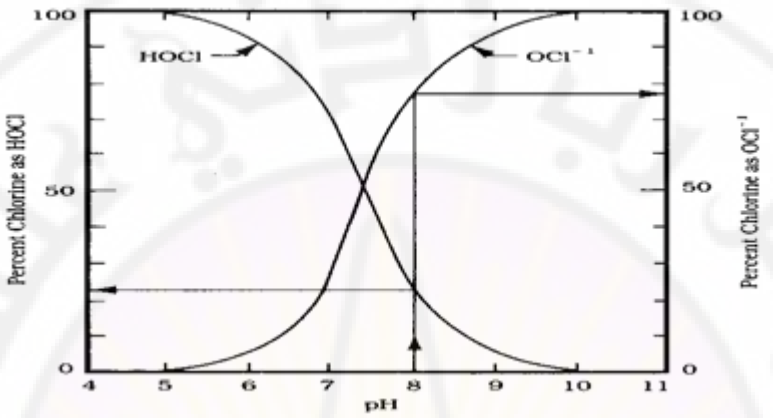
تركيبه الكيميائي ($NaOCl$). لا يستخدم هذا المركب بشكل واسع نظراً لاحتوائه فقط على 15% من وزنه كلوراً حراً، وكذلك لأن محلوله يسبب تآكلاً للأنابيب المعدنية.

4- الكلور الغازي:

غاز الكلور غاز أثقل من الهواء بمرتين ونصف، يسيل تحت الضغط العالي لذلك يحفظ وينقل على هيئة غاز مسال بالضغط في أسطوانات من الصلب تختلف سعتها من 50-1000 كغ. لا يسبب غاز الكلور تآكلاً للمعادن عندما يكون جافاً ولكنه يتفاعل معها إذا كان رطباً.

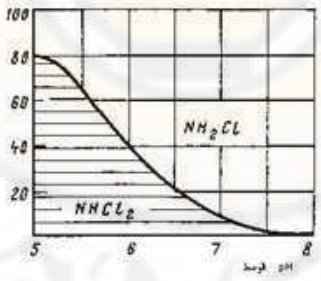
أشكال تواجد الكلور في المياه:

1- الكلور الحر (Free chlorine): وهو الكلور الذي يوجد في المياه على شكل حمض الهيبوكلوريك وأيون الهيبوكلوريت وكلور جزيئي. ويرتبط شكل تواجد الكلور الحر بقيمة pH المياه. ويفوق تأثير الحمض الهيبوكلوريتي Hypochlorous acid في إبادة البكتريا تأثير أيون الهيبوكلوريت hypochlorite ion بمقدار 80-70 مرة، حيث يستطيع الحمض الهيبوكلوريتي المتعادل كهربائياً اختراق الطبقة الكهربائية المضاعفة للبكتريا، بينما لا تستطيع أيونات الهيبوكلوريت السالبة ذلك بسهولة، مما يفرض علينا إجراء عمليات التطهير بدرجات $pH \leq 7$ من أجل تأمين فعالية تطهير عالية.



أشكال اتحادات الكلور خلال قيم مختلفة لـ pH المياه

2- الكلور المرتبط (Combined chlorine): يتفاعل الكلور الحر مع المركبات الآزوتية الموجودة في المياه (أملاح الأمونيوم) مشكلاً اتحادات الكلورامين والتي تسمى بالكلور المرتبط. تعتبر اتحادات الكلورأمين (أحادي الكلورأمين NH_2Cl وثنائي الكلورأمين $NHCl_2$) مفاعلات تطهير سيئة نسبياً، وهي مركبات قاتلة للأسماك حتى في حالات القيم المنخفضة جداً لتراكيزها المتبقية في المياه.



أشكال اتحادات الكلورأمين خلال قيم مختلفة لـ pH المياه

يمكن اللجوء إلى استخدام عملية الأمينة (استخدام الكلور المرتبط) في حالتين اثنتين:

– في حالات شبكات الضخ الطويلة حتى خزانات المياه النقية الضخمة، حيث تتميز اتحادات الكلورامين ببطء عملية الحلمهة مما يسمح باستمرار تأثيرها لفترة أطول نسبياً (.min 60) من الكلور الحر (.min 30).

– في حالات تواجد الفينول ضمن المياه المعالجة بهدف منع تشكل الكلوروفينول.

طرائق إضافة الكلور إلى المياه:

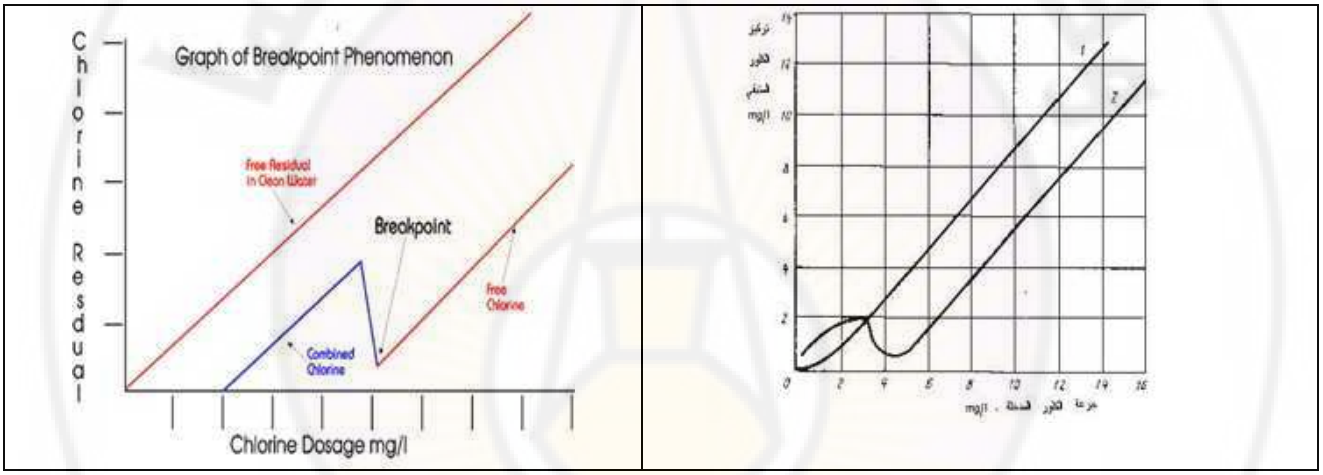
يضاف غاز الكلور بواسطة أجهزة خاصة تسمى أجهزة الكلورة وهي إن اختلفت في الشكل أو في طريقة التشغيل إلا أنها تتفق في الأسس الرئيسة التي تتلخص في تخفيف الضغط على الغاز المسال حتى يتحول إلى غاز ثم يحلمه هذا الغاز في كمية محدودة من الماء ويحقن ضمن المياه المراد تطهيرها بالجرعة المطلوبة على ألا يقل ضغط المحلول عند نقطة الحقن عن ثلاثة أمثال الضغط في الأنبوب الرئيسي للمياه وذلك ضمانة لكفاءة عملية الحقن. يمكن أن يضاف الكلور للمياه في بداية المخطط

التكنولوجي أو حتى في مكان المأخذ المائي وخصوصاً في حال تواجد الطحالب في المياه مع ضرورة تجنب تشكل الثري هالوميتانات وتسمى هذه الطريقة بالكلورة المسبقة **prechlorination**، أو يمكن إضافة الكلور للمياه بشكل لاحق وتسمى هذه الطريقة بالكلورة اللاحقة **postchlorination** ، وقد تستخدم الطريقتين السابقتين معاً وتسمى الطريقة بالكلورة المضاعفة حيث يجري استخدام الكلورة اللاحقة لتأمين متبقي الكلور ضمن الشبكات في حالات الإمداد المائي. وقد تستخدم طرائق أخرى من الكلورة كالكلورة بتراكيز عالية جداً **shock chlorination** بحالات التلوث الشديد للمصادر المائية.

الاحتياج الكلوري Chlorine demand: هو الفرق بين تركيز الكلور المضاف للمياه وتركيز الكلور المتبقي بعد نهاية العملية واكتمالها ويختلف هذا الاحتياج تبعاً لتركيز الكلور المضاف وزمن التماس ودرجة الحرارة ونوعية المياه.

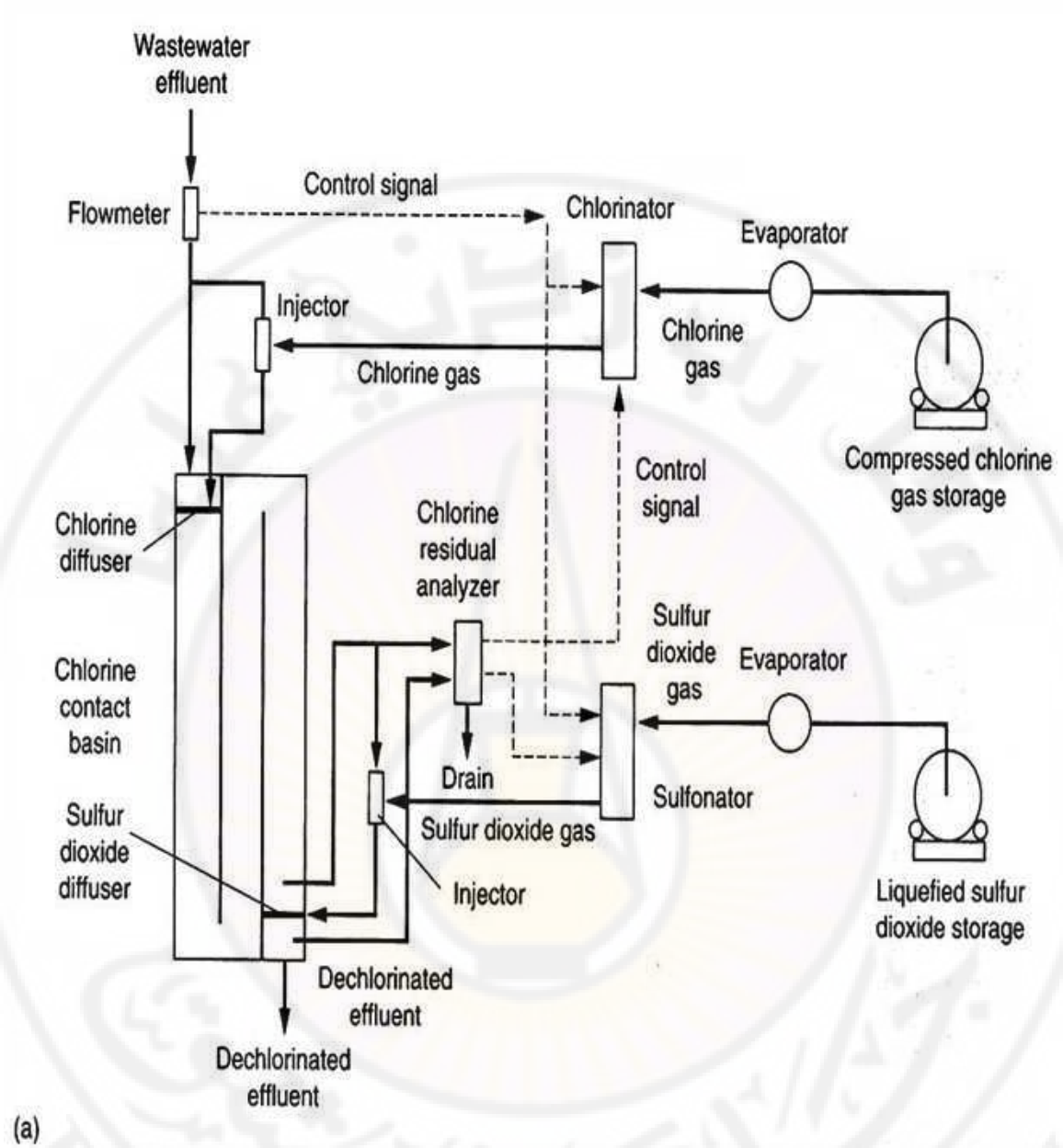
الكلور المتبقي Chlorine residual: هو التركيز الكلي للكلور المتبقي بعد نهاية العملية واكتمالها. ويعتبر هذا الكلور الضمان لدرء أي تلوث تالي قد يطرأ على للمياه بعد خروجها من محطة التنقية (التلوث ضمن شبكات التوزيع).

تطهير نقطة التكسير Breakpoint chlorination هي عملية التطهير بالكلور في حال تشكل الكلورأمينات وذلك بتركيز للكلور يفوق التركيز اللازم لتكسير جميع مركبات الكلورأمينات المتشكلة بحيث يصبح الكلور المضاف بعد هذه النقطة جميعه حر.



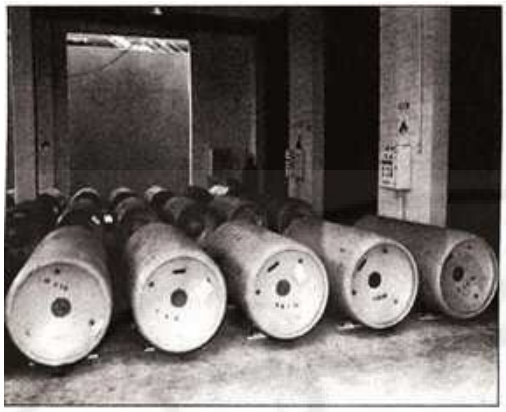
ارتباط الكلور المتبقي بجرعة الكلور الأولية المدخلة إلى المياه بغياب أملاح الأمونيوم المنحني 1 وبتواجد أملاح الأمونيوم المنحني 2

مخطط التدفق flow diagram : اطلاع

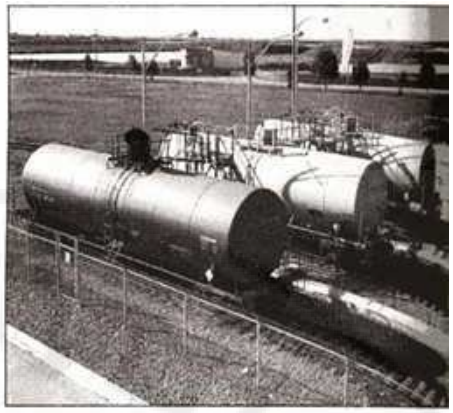


Damascus University

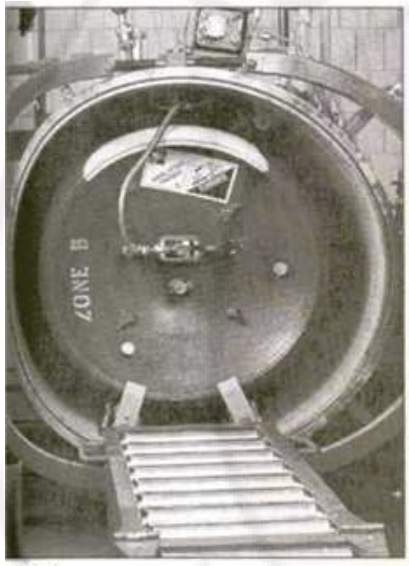
أسطوانات الغاز المسال



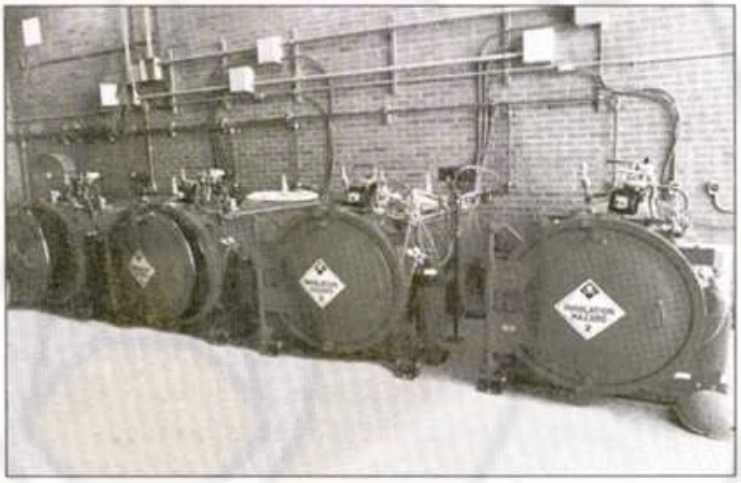
(a)



(b)



(a)



(b)

Damascus University

المحاقنInjectors

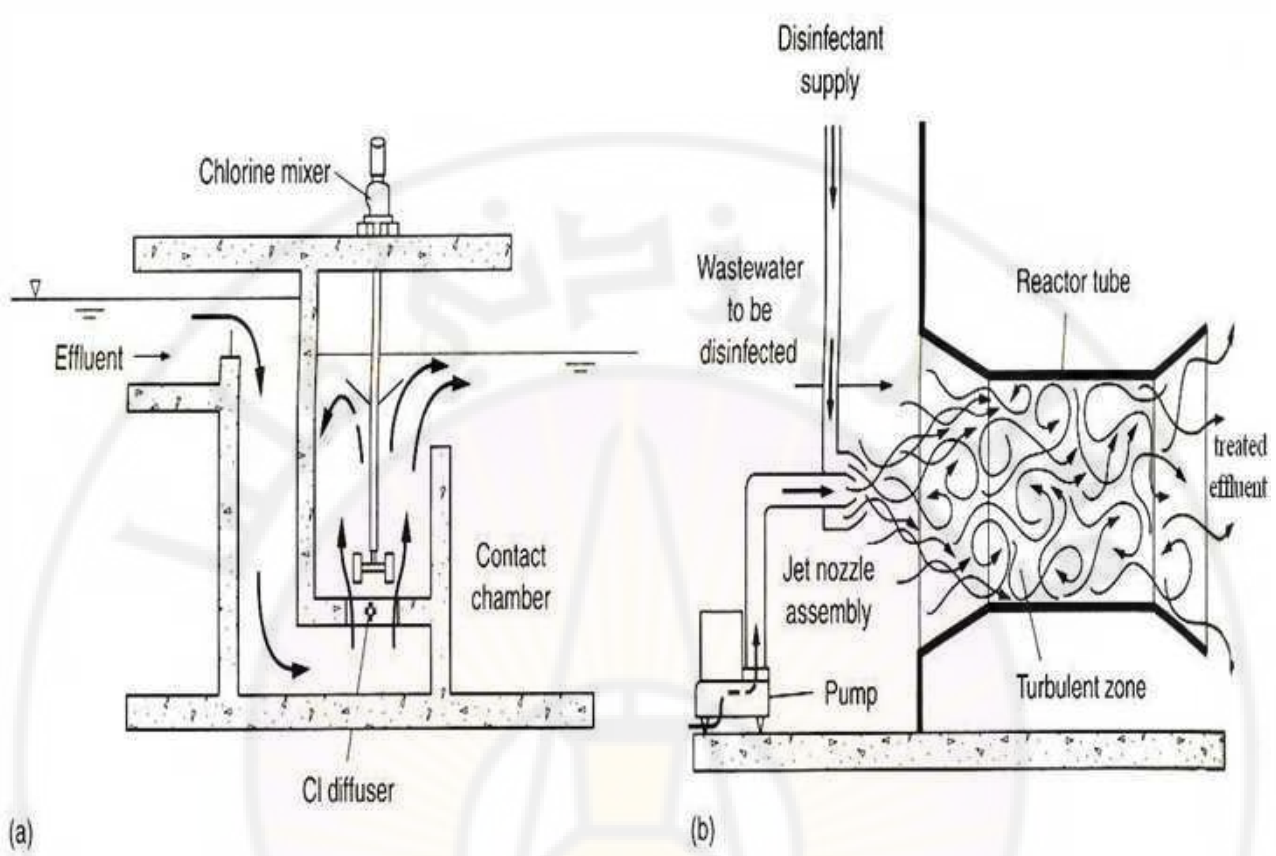


Figure 3

Typical mixers for the addition of chlorine: (*a*) in-line turbine mixer and (*b*) injector pump type.

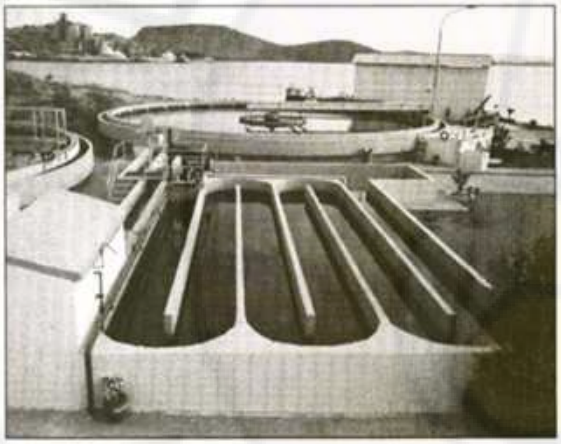
حجر التماس Contact chambers



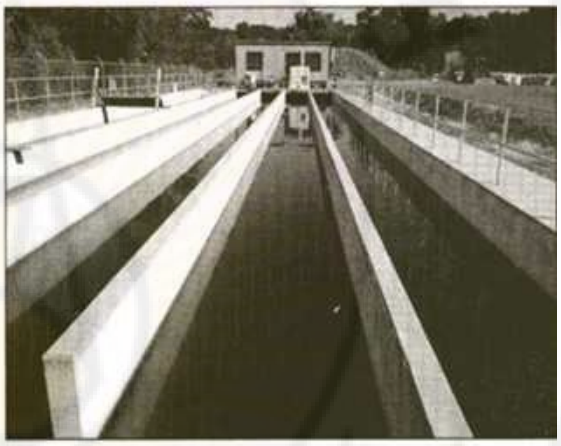
(a)



(b)

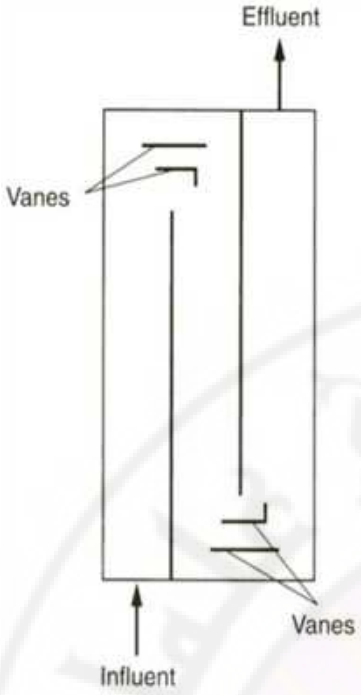


(c)



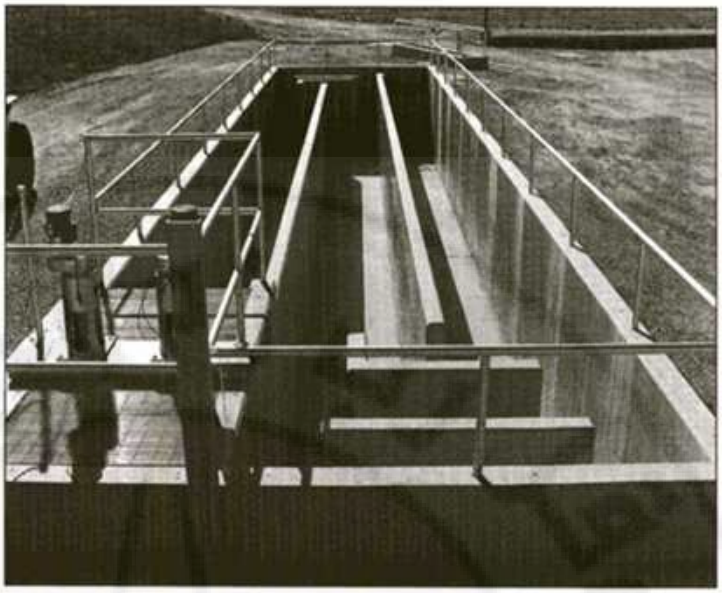
(d)

Damascus University



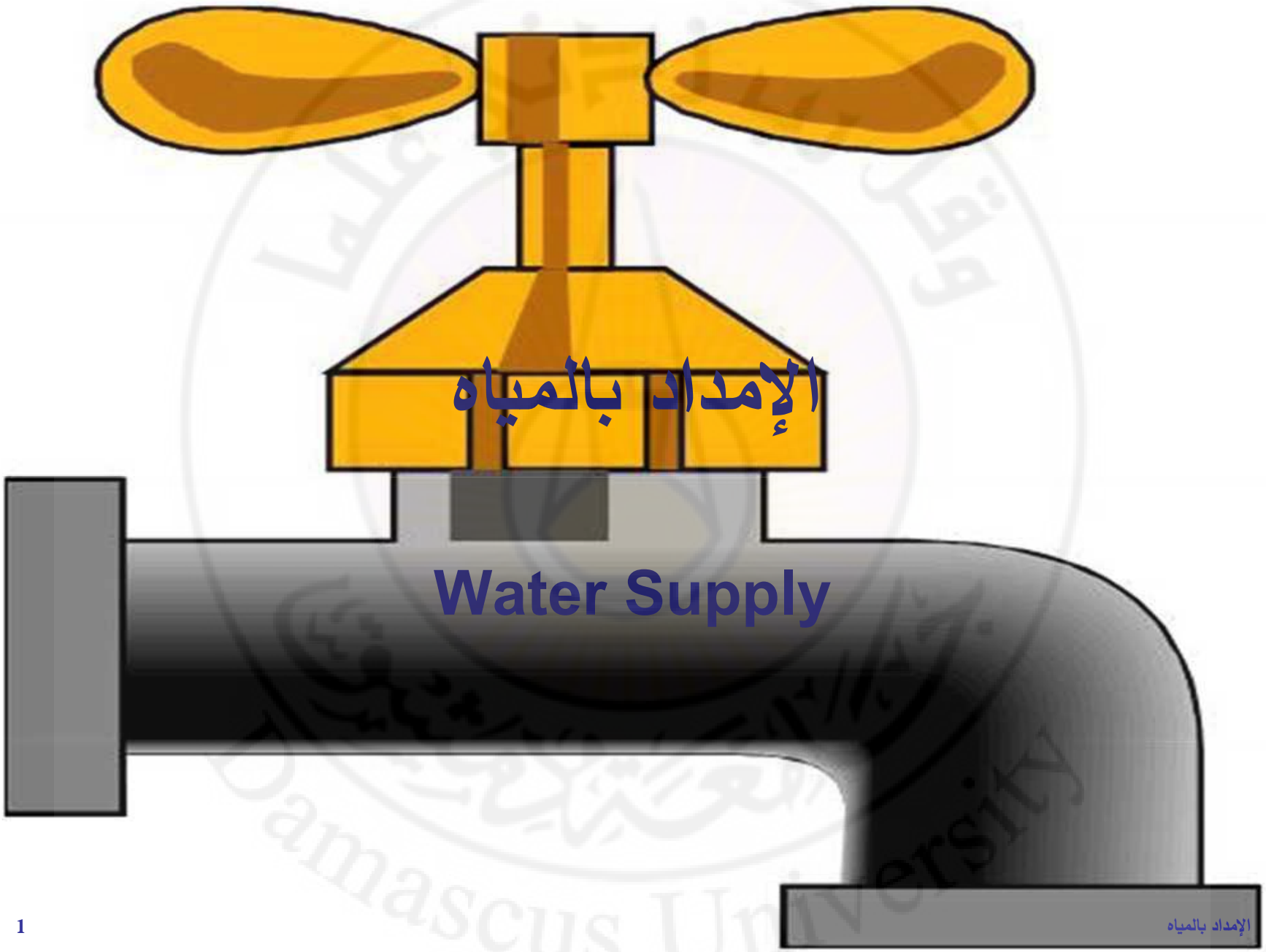
Plan view of
chlorine contact basin

(a)



(b)

Damascus University

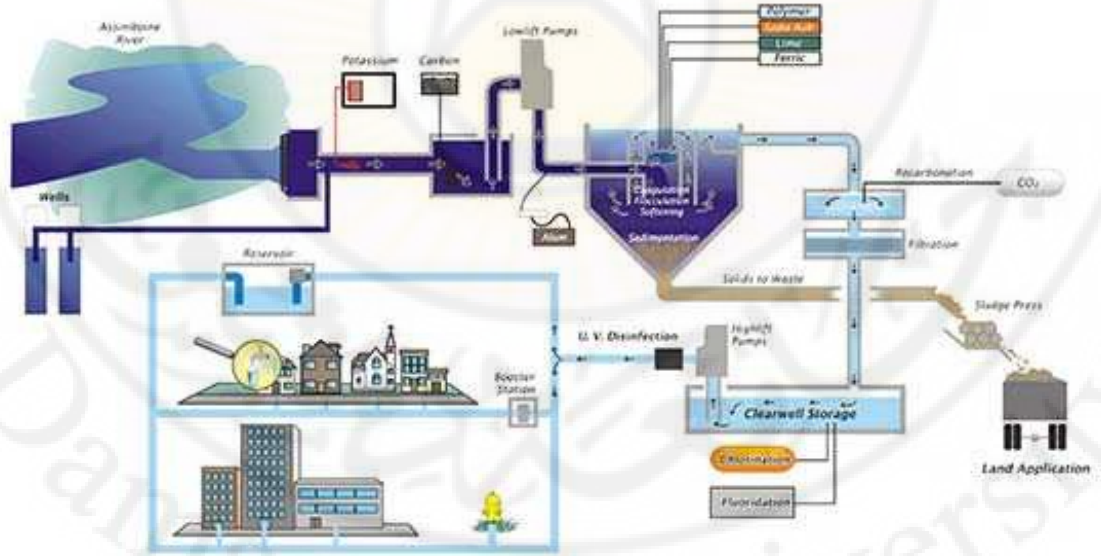


الإمداد بالمياه

Water Supply

أنظمة الإمداد بالمياه
(Water Supply Systems)

- **نظام الإمداد بالمياه:**
  - جزء أساس من البنية التحتية في أي تجمع سكاني معاصر
  - يقوم بإيصال المياه من المصدر المائي إلى المستهلكين
  - يتألف من عدد من المكونات التي يتكامل عملها لتشكل بمجموعها نظام الإمداد بالمياه



- تكتسب أنظمة الإمداد بالمياه أهمية خاصة بسبب تأثيرها المباشر على صحة المواطنين
  1. من أهم وسائط انتقال الأمراض
  2. التسبب بحالات التسمم
  3. وسيلة أساس للمحافظة على النظافة الشخصية
  4. من أهم العوامل المساعدة على عودة السكان إلى مناطقهم الأصلية وتثبيتهم فيها

المشاكل الناتجة عن التقصير في تزويد السكان بالمياه عن طريق شبكة مركزية

يقوم السكان بتأمين احتياجاتهم من مصادر أخرى

طريقة نقل المياه قد تؤدي إلى تلوثها

عدم وجود شبكات مركزية للإمداد بالمياه يترافق عادة مع عدم وجود صرف للمياه المستخدمة

فراغ الشبكات من المياه والناتج عن التزويد المتقطع يتسبب بنشوء ضغط سلبي ضمنها

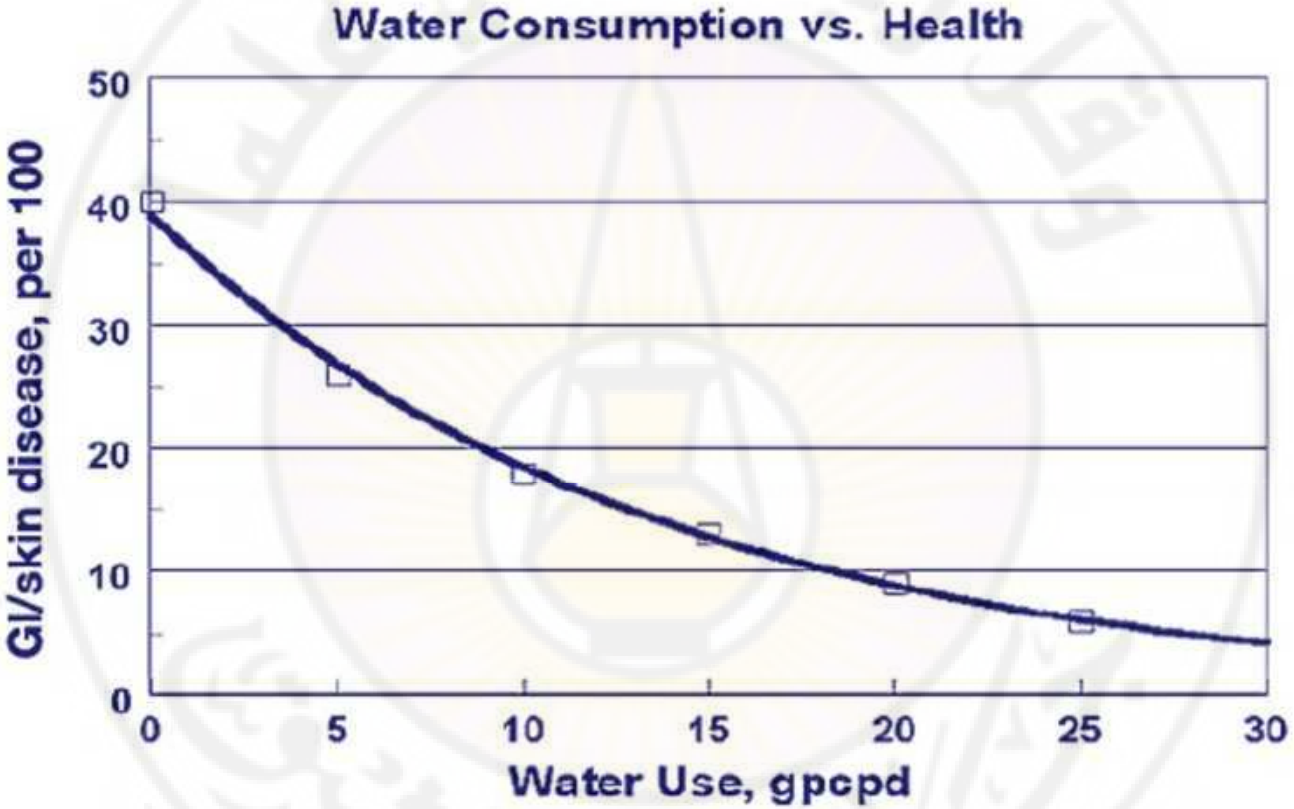
غير مضمونة النوعية

لم تتم تنقيتها بالشكل المناسب لجعلها صالحة للاستخدام البشري

شبكات غير نظامية، صهاريج غير نظيفة، عبوات غير صالحة لنقل وحفظ مواد تستهلك من قبل البشر،...

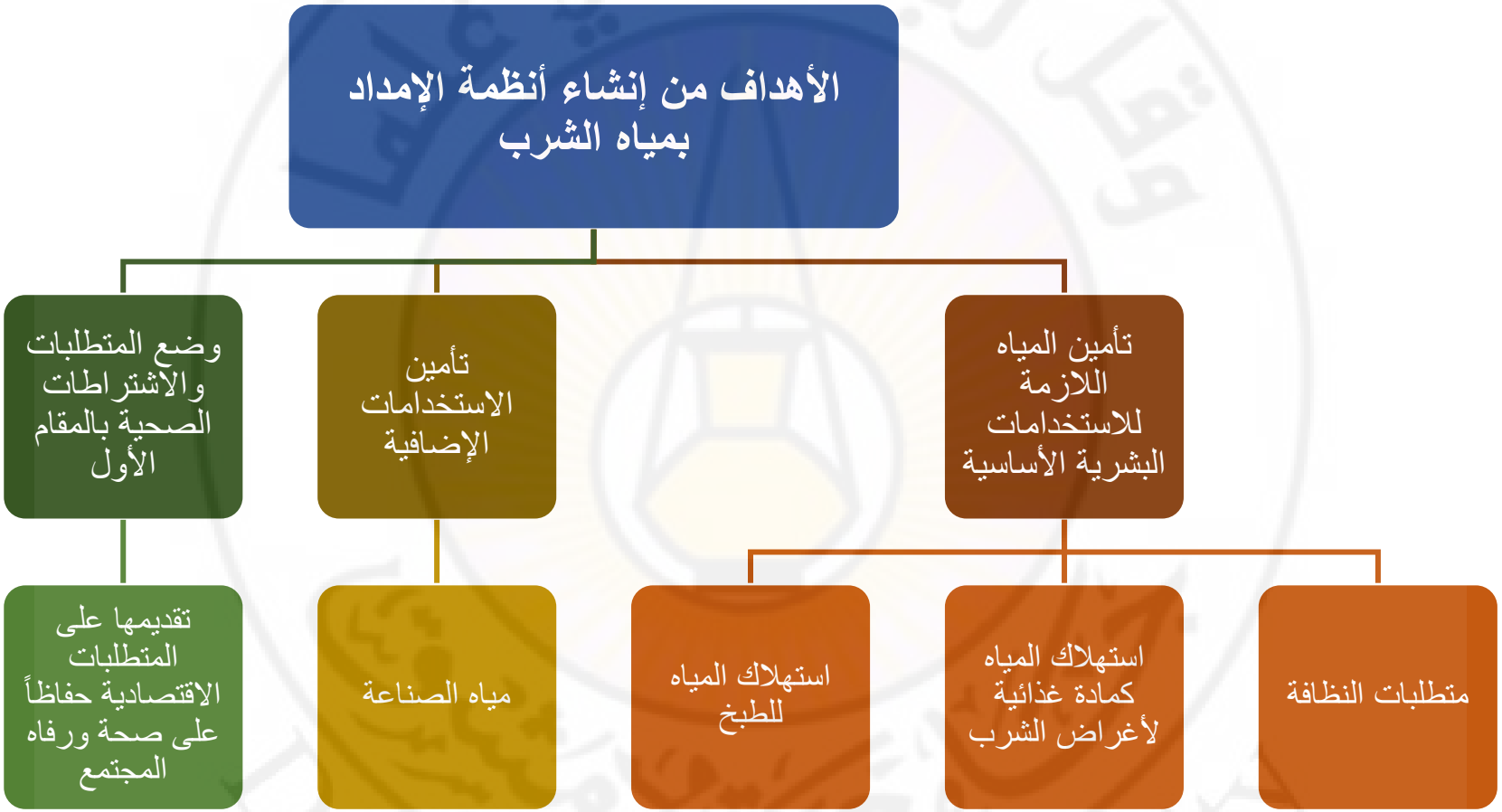
يترافق ذلك مع تلويث المياه والتربة

يؤدي إلى سحب المياه الجوفية (قد تكون ملوثة) إلى ضمن أنابيب الشبكة عبر الوصلات أو الثقوب الناتجة عن قدم الشبكة أو سوء التنفيذ والصيانة



Source: Modified from Robinson and Heinke (1990)

Link between disease rate and water use rate for three communities in the Northwest Territories

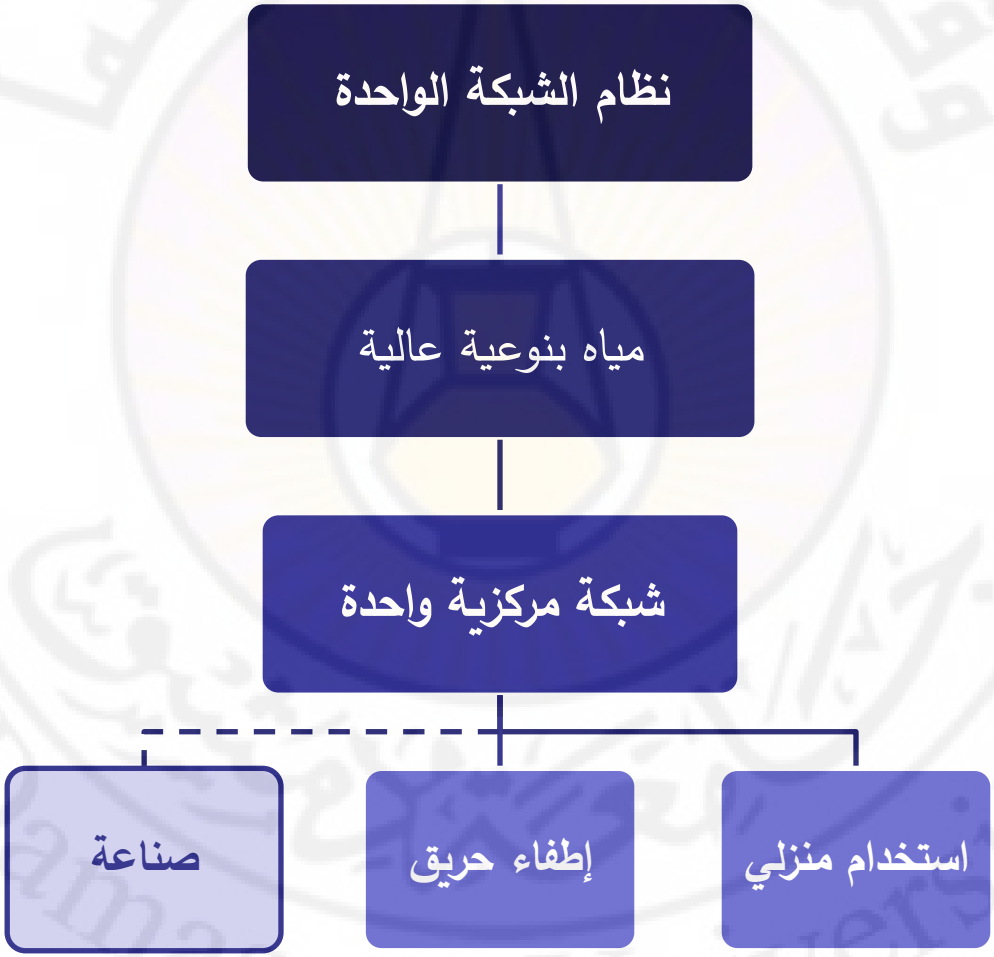

الأهداف من إنشاء أنظمة الإمداد بمياه الشرب
تأمين المياه اللازمة للاستخدامات البشرية الأساسية
تأمين الاستخدامات الإضافية
وضع المتطلبات والاشتراطات الصحية بالمقام الأول
متطلبات النظافة
استهلاك المياه كمادة غذائية لأغراض الشرب
استهلاك المياه للطبخ
مياه الصناعة
تقديمها على المتطلبات الاقتصادية حفاظاً على صحة ورفاه المجتمع

المتطلبات الأساسية من أنظمة الإمداد بالمياه

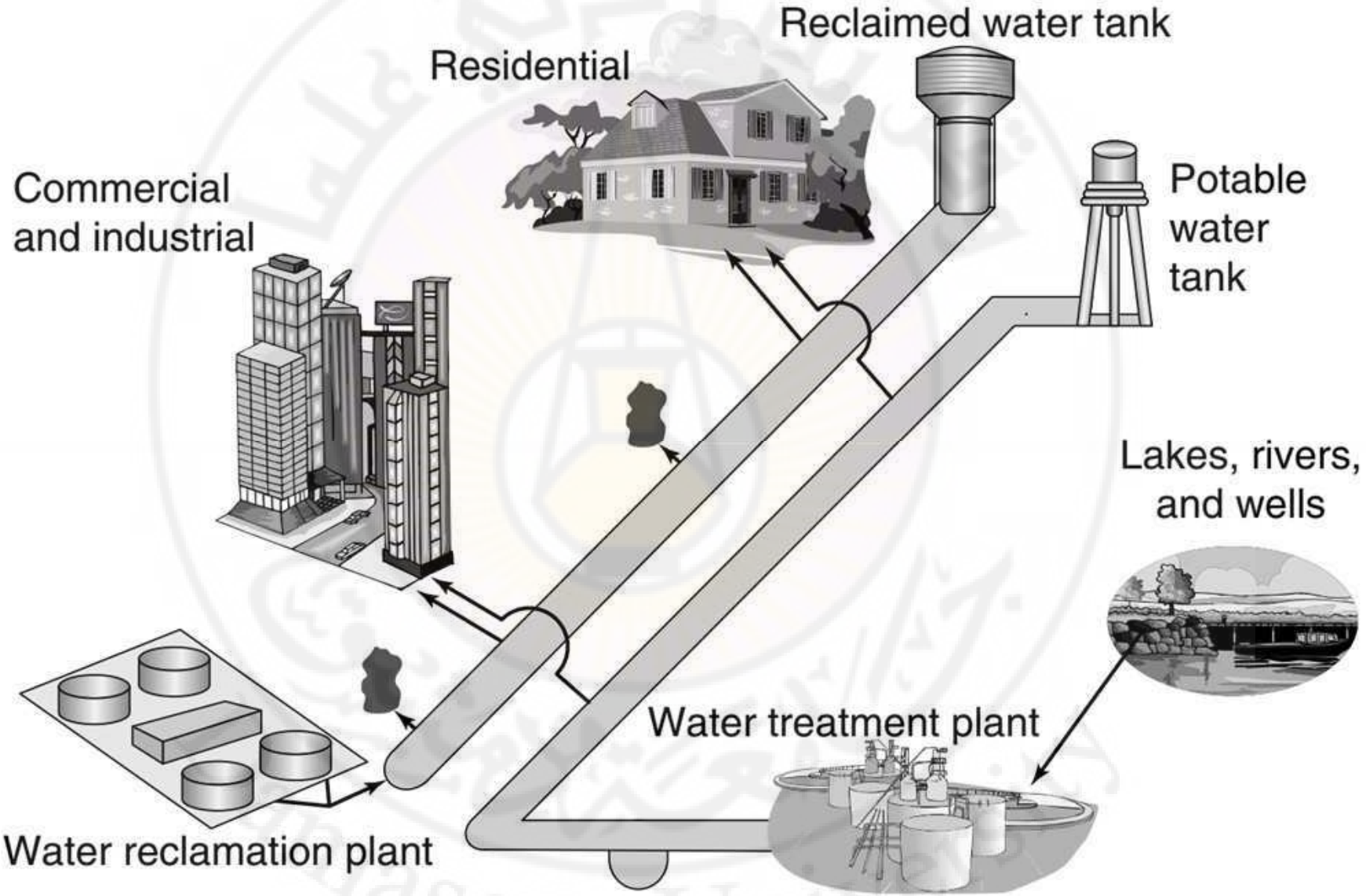
تأمين المياه بنوعية مناسبة للاستخدام البشري	تأمين المياه بالكمية المناسبة للاستخدامات البشرية الأساسية بالدرجة الأولى	إيصال المياه إلى التجمعات البشرية بضغط كاف	إمكانية حصول المستهلك على المياه باستمرار وفي أي وقت	تأمين المياه بسعر معقول
لا تشكل خطراً صحياً آنياً أو كامناً على التجمعات السكانية	يمكن أخذ متطلبات الصناعة بالحسبان إن كانت المياه المتوفرة كافية	يكفل الاستخدام المريح من قبل المستهلكين	مع المحافظة على المتطلبات المذكورة سابقاً	يتناسب مع دخل المستهلك


الوظائف الأساسية لنظام الإمداد بالمياه
الحصول على المياه من المصدر المائي
تنقية المياه حتى الحصول على نوعية مناسبة للاستهلاك البشري
إيصال المياه
بالكمية المناسبة
إلى المكان المطلوب
في الوقت الصحيح


أشكال التزويد بالمياه
نظام الشبكة الواحدة
نظام الشبكتين


نظام الشبكة الواحدة
مياه بنوعية عالية
شبكة مركزية واحدة
صناعة
إطفاء حريق
استخدام منزلي


نظام الشبكتين
مياه عالية الجودة
مياه استخدام
شرب وطبخ
استخدامات أخرى تتطلب مياه عالية الجودة
استخدام منزلي لايتطلب مياه عالية الجودة
صناعة
إطفاء، غسيل شوارع،...


Reclaimed water tank
Residential
Commercial
and industrial
Potable
water
tank
Lakes, rivers,
and wells
Water treatment plant
Water reclamation plant


أسباب اللجوء إلى نظام الشبكتين
زيادة الطلب على المياه
قلة المصادر التي تعطي مياهاً بنوعية عالية
ارتفاع كلفة تنقية المياه للحصول على مياه بنوعية عالية



- أسباب عدم انتشار نظام الشبكتين:

1. ضرورة تلوين أنابيب كل شبكة بلون مختلف للتمييز
2. مع التلوين لوحظ حصول أخطاء وصل
3. عداد مستقل وحساب مستقل لكل شبكة
   - يسبب إرباكاً إدارياً ومالياً
4. قد يلجأ الفقراء لاستخدام المياه ذات النوعية المنخفضة بسبب انخفاض سعرها
5. كلفة إنشاء وتشغيل عالية
6. ازدحام الشوارع بالخدمات
7. أخطاء وصل وكلفة مرتفعة في المنزل

يقتصر وجود شبكة ثانية على الحالات التالية

- مياه الإطفاء
- غسيل الشوارع
- سقاية الحدائق
- مياه الصناعة


يمكن الاقتصاد في استهلاك المياه النظيفة عن طريق
توعية السكان لتغيير عادات استهلاك المياه
استخدام تجهيزات صحية وتجهيزات منزلية موفرة للمياه

- العمليات التي يقوم بها نظام الإمداد بالمياه:

1. الحصول على المياه الخام من المصدر ونقلها إلى محطة التنقية
2. تنقية المياه
3. تخزين المياه النقية
4. نقل المياه النقية إلى مواقع الاستهلاك
5. توزيعها على المستهلكين

نقل المياه الخام



المصدر المائي– الحصول على المياه الخام



الإنتاج– تنقية المياه

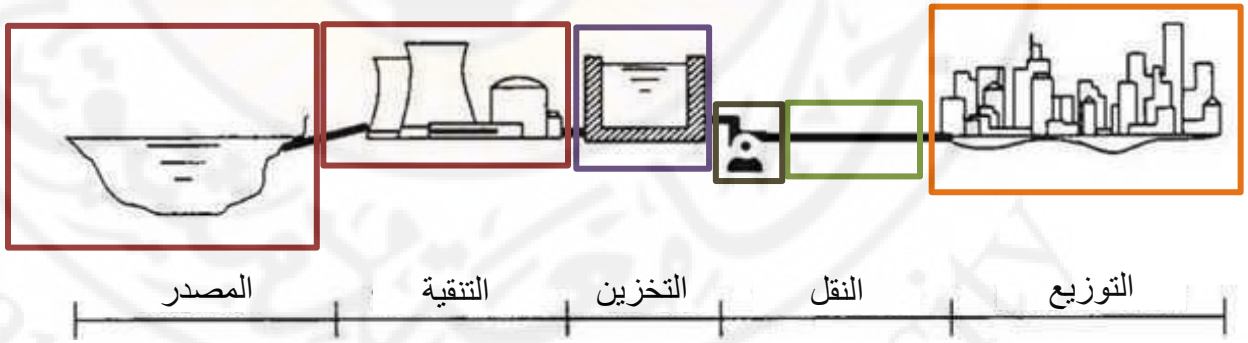
نقل المياه النقية

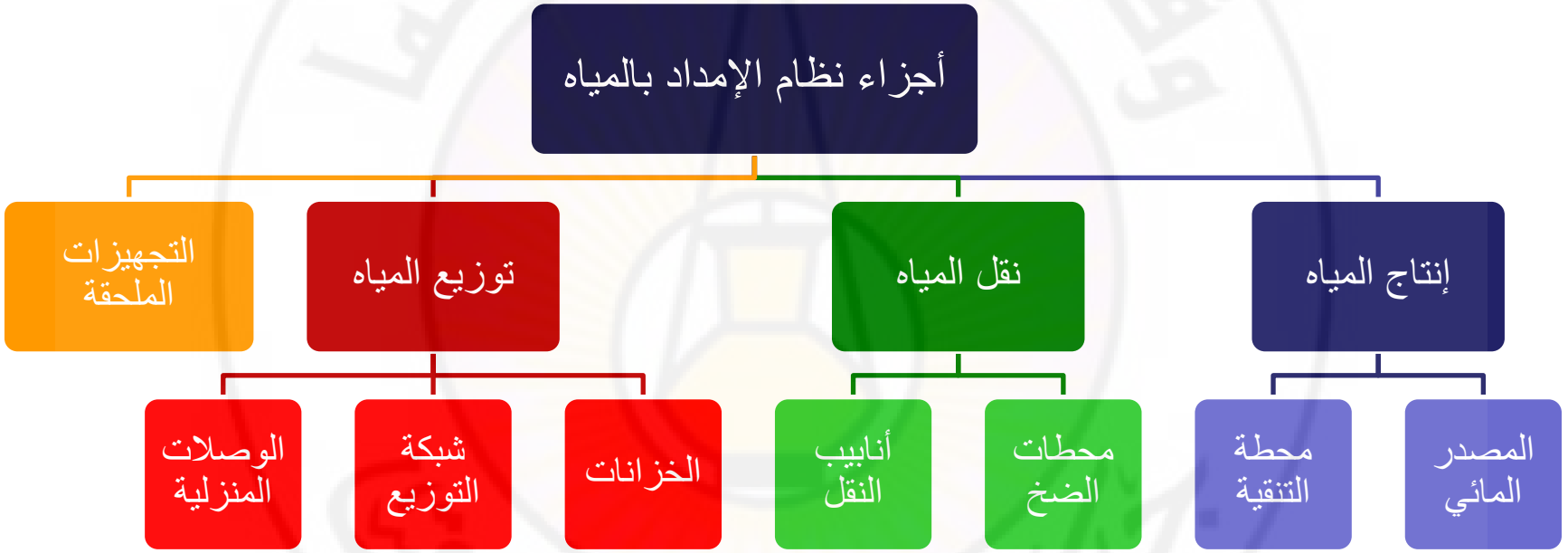


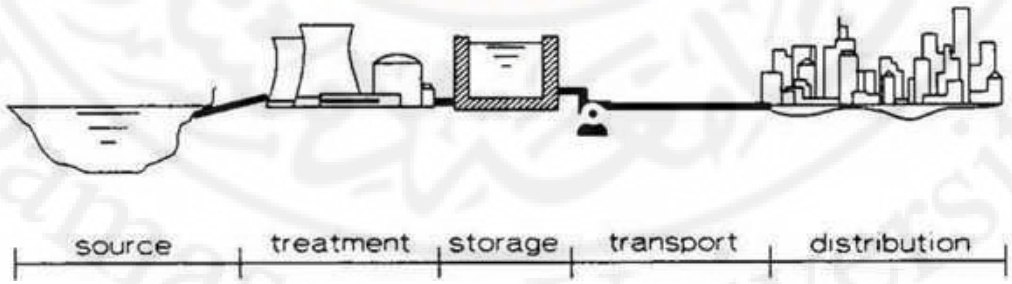
التوزيع

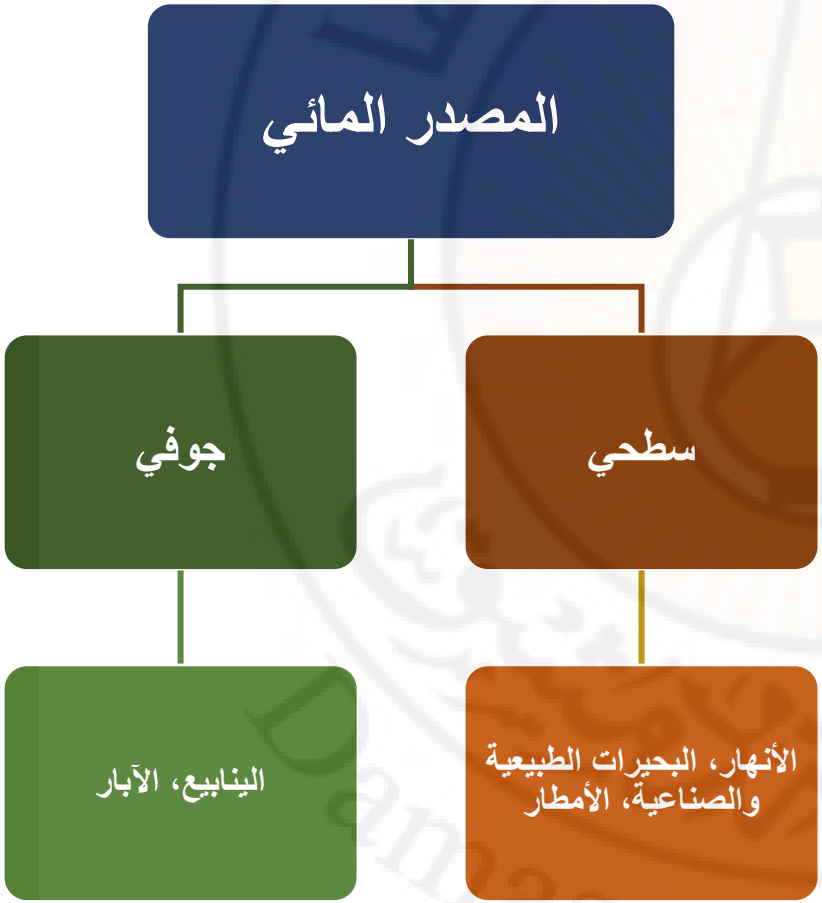
العمليات الأساسية التي يقوم بها نظام الإمداد بالمياه

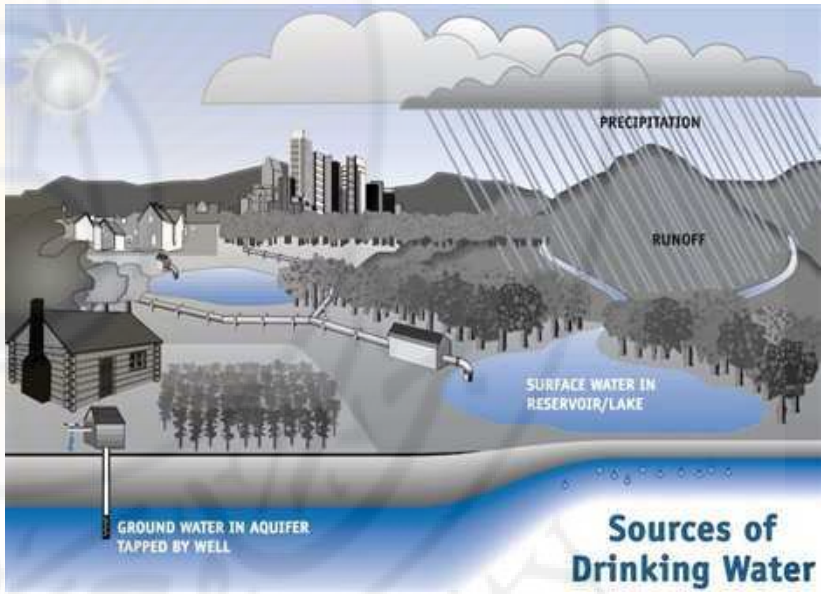
- الإنتاج
  - الحصول على المياه
  - التنقية
- النقل
- التخزين
- الضخ
- التوزيع




أجزاء نظام الإمداد بالمياه
إنتاج المياه
نقل المياه
توزيع المياه
التجهيزات الملحقة
المصدر المائي
محطة التنقية
محطات الضخ
أنابيب النقل
الخزانات
شبكة التوزيع
الوصلات المنزلية


source
treatment
storage
transport
distribution


المصدر المائي
جوفي
سطحي
الينابيع، الآبار
الأنهار، البحيرات الطبيعية
والصناعية، الأمطار

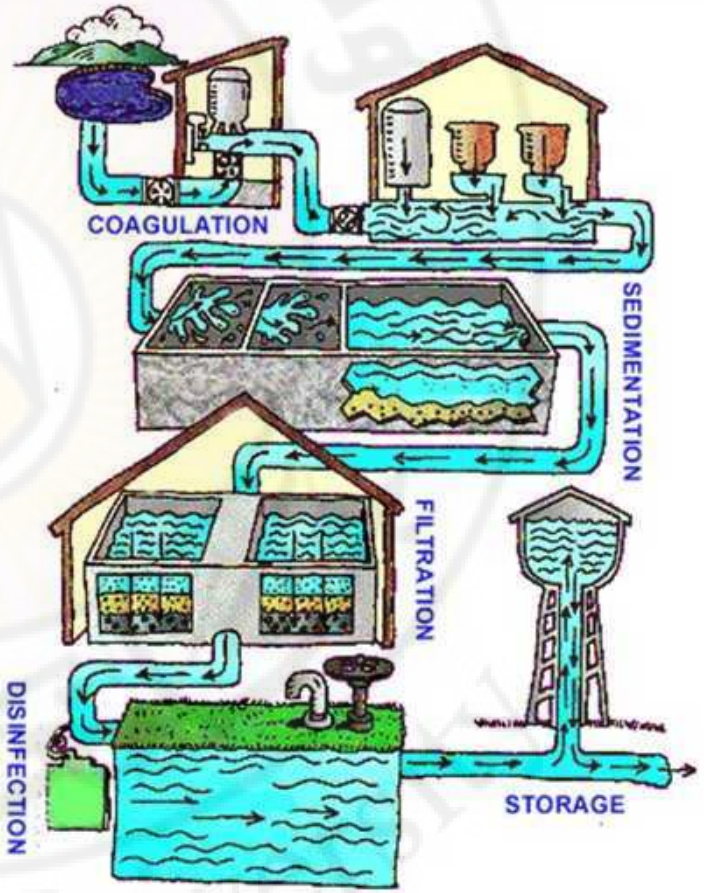

PRECIPITATION
RUNOFF
SURFACE WATER IN
RESERVOIR/LAKE
GROUND WATER IN AQUIFER
TAPPED BY WELL
Sources of
Drinking Water

محطة التنقية

محطة تنقية المياه

تحسين نوعية المياه
وجعلها مناسبة
للاستخدام المخطط

تعقيم المياه، إزالة العكارة،إزالة
اللون، إزالة الحديد، إزالة
المنغنيز، إزالة العكارة...



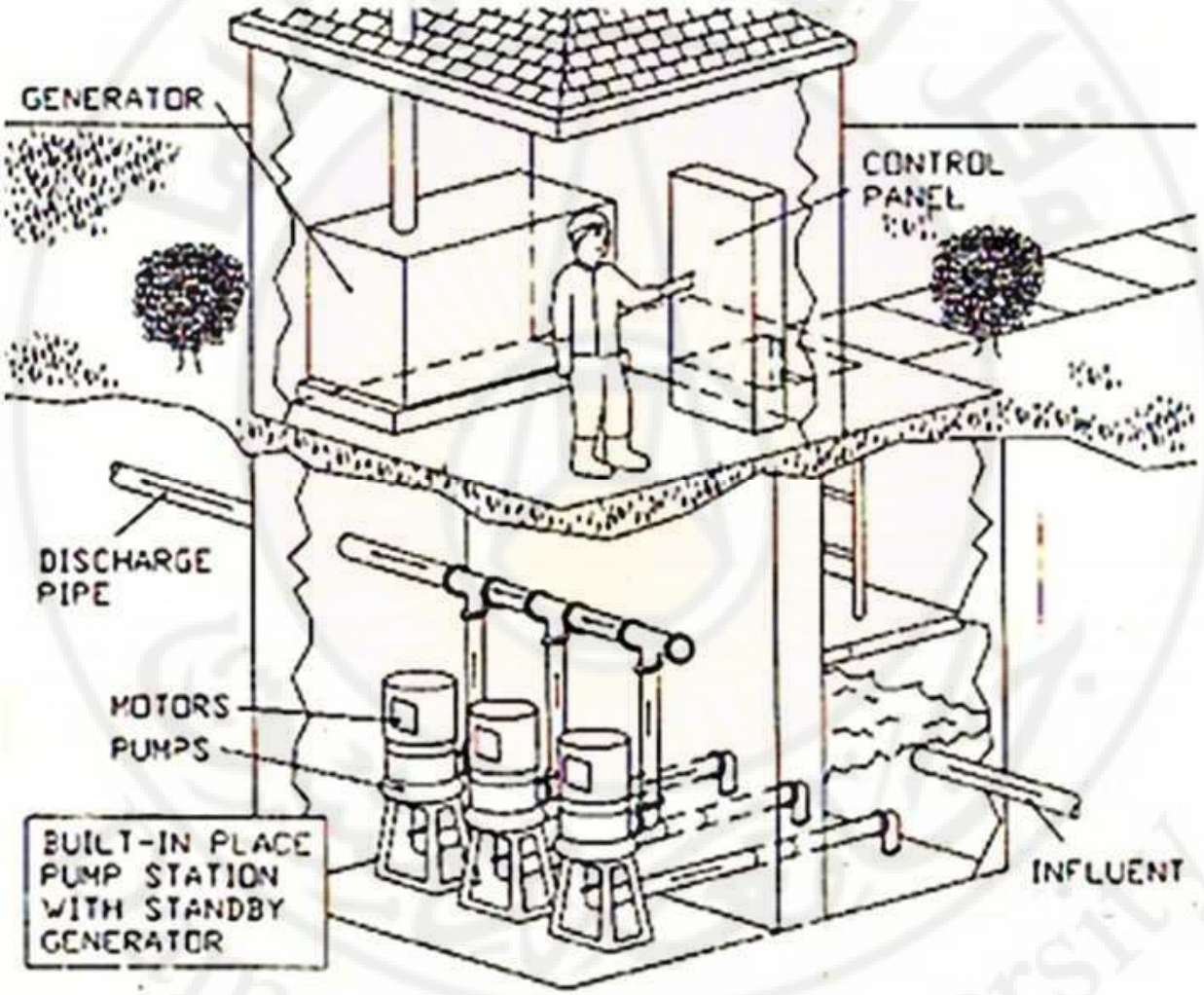
محطات الضخ

↓

تزويد المياه بالضاغط اللازم للوصول إلى الخزانات أو المستهلكين

↓

المضخات، تجهيزات المراقبة والتشغيل والتحكم،...


GENERATOR
CONTROL PANEL
DISCHARGE PIPE
MOTORS
PUMPS
BUILT-IN PLACE PUMP STATION WITH STANDBY GENERATOR
INFLUENT



مضخة بمحرك كهربائي









مضخات بمحرك احتراق داخلي



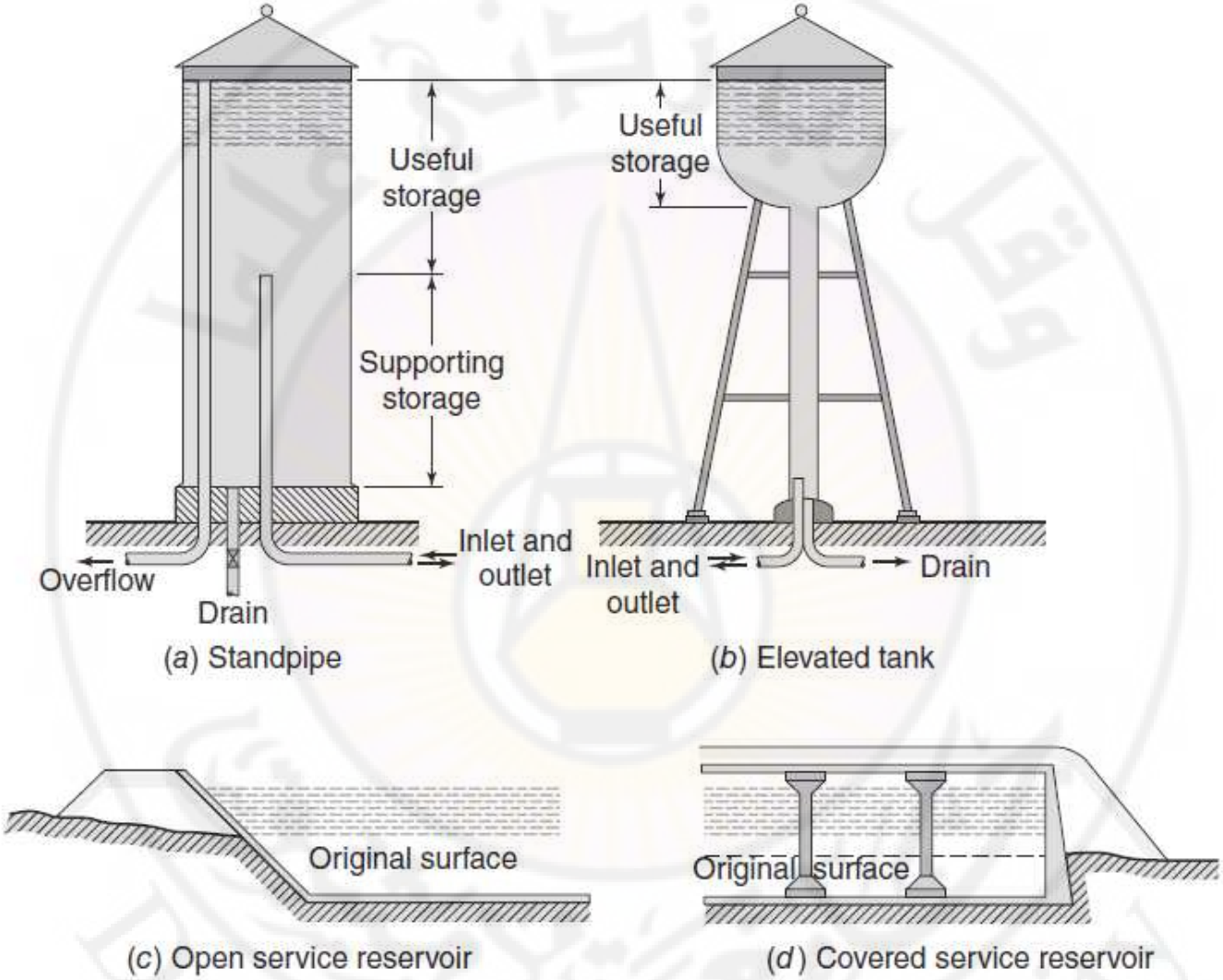
محطة ضخ



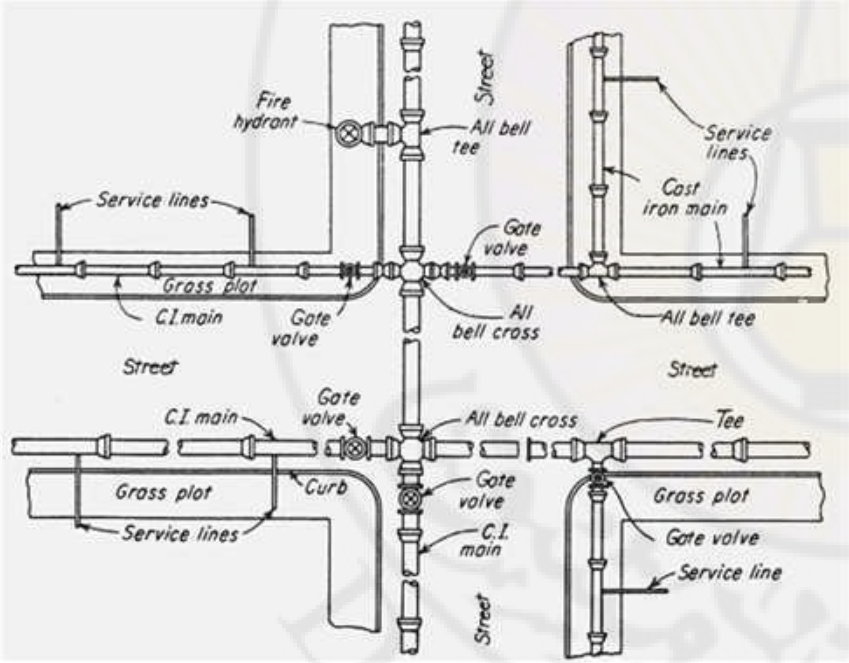



خزانات المياه
تأمين الضغط اللازم لوصول المياه إلى المستهلك
تغطية الفرق بين كمية المياه الواردة والاستهلاك
تأمين مخزون احتياطي من المياه لحالات الطوارئ

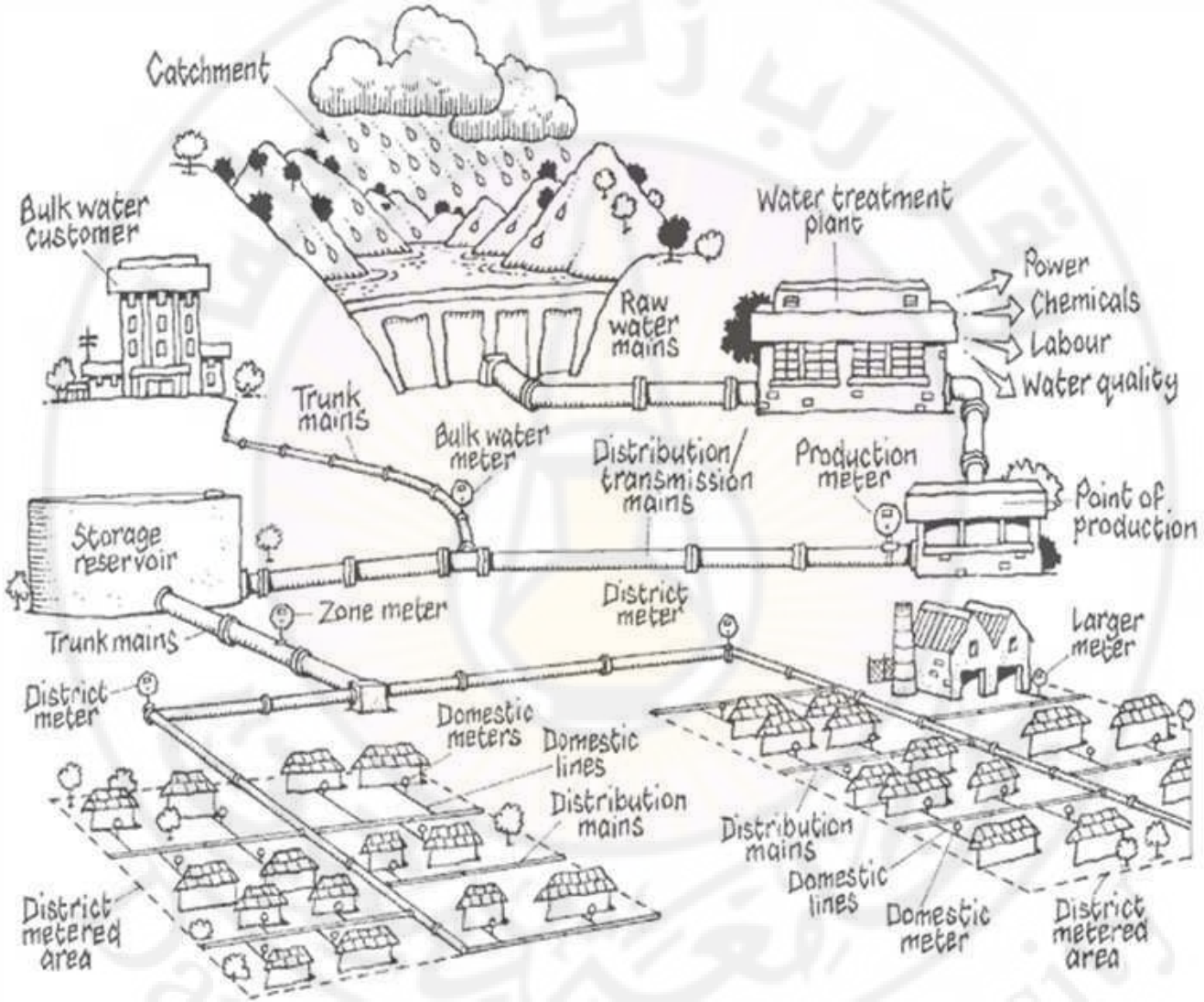

يمكن أن تكون
خزانات المياه
عالية (برجية)
أرضية
تحت الأرض



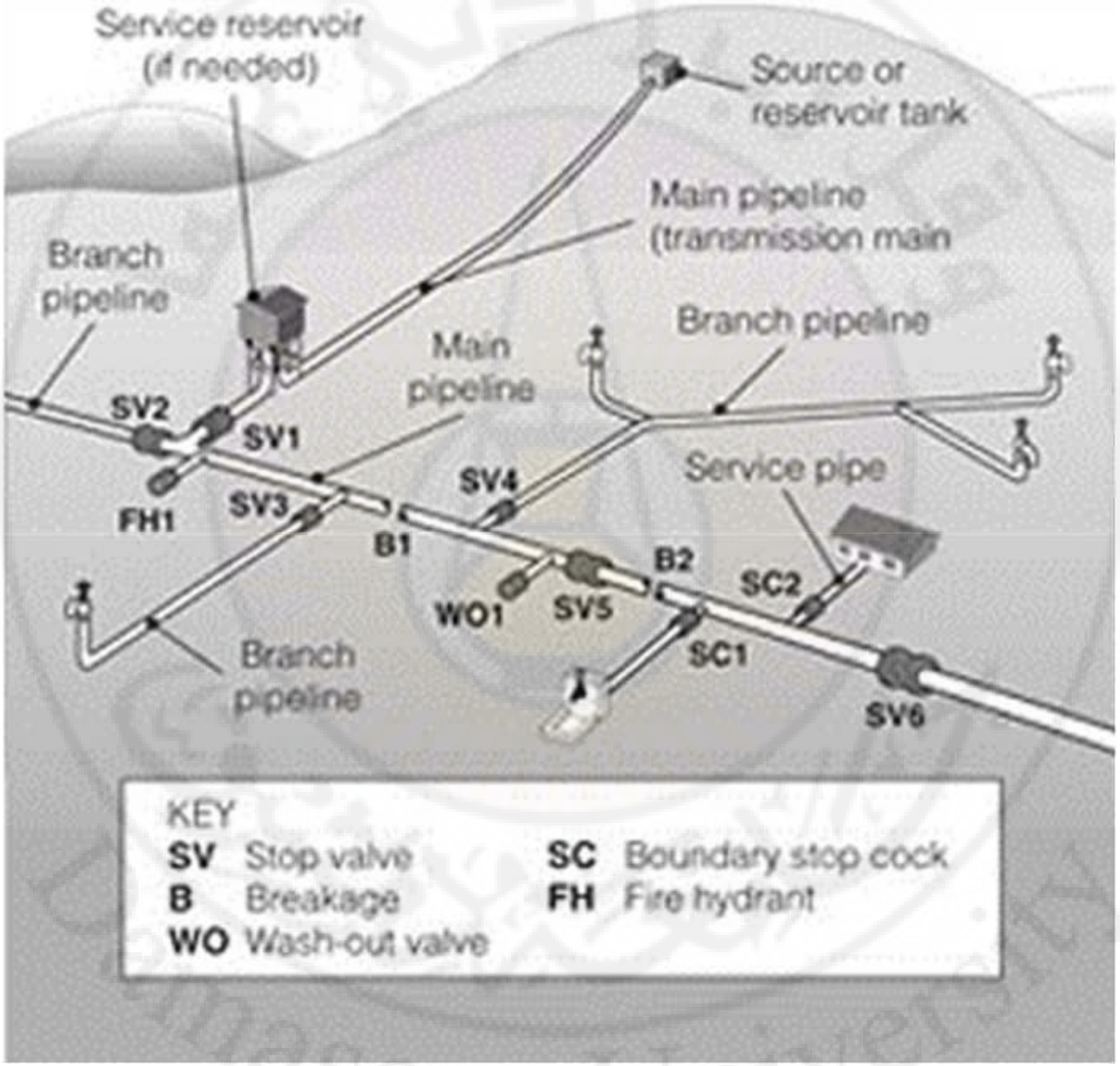
Four types of service, or distribution, reservoirs

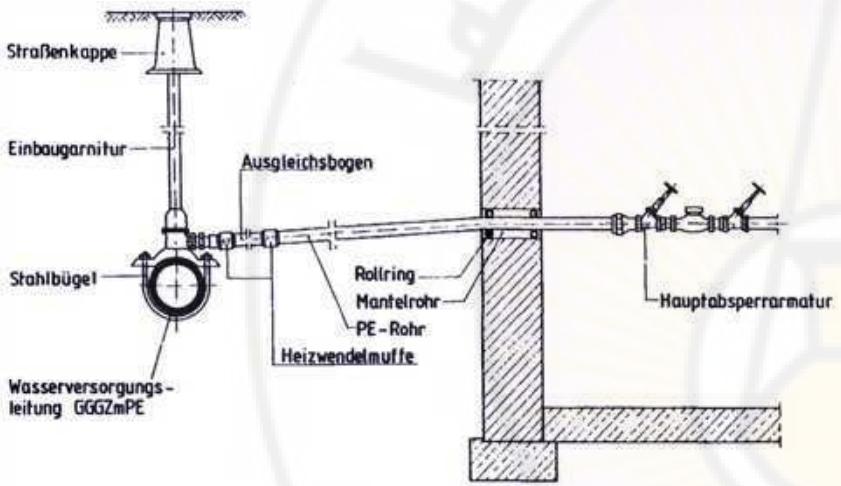


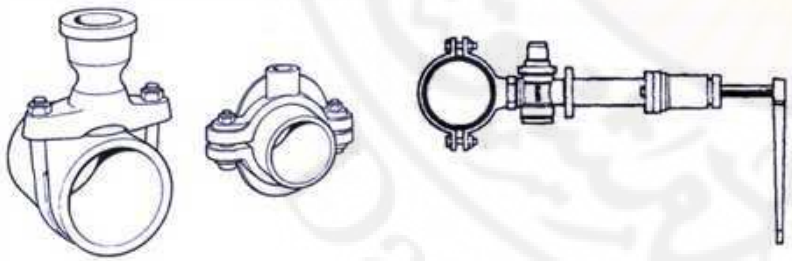
- **أنابيب النقل**
  - الجزء الأساس من نظام النقل
  - إيصال المياه من المصدر المائي إلى محطات التنقية ومحطات الضخ ومنها إلى الخزانات ثم إلى شبكات التوزيع
- **شبكة التوزيع**
  - الجزء الأساس من نظام الإمداد والأكثر كلفة
  - توزيع المياه ضمن التجمع السكاني


Catchment
Bulk water customer
Water treatment plant
Power
Chemicals
Labour
Water quality
Raw water mains
Trunk mains
Bulk water meter
Distribution/ transmission mains
Production meter
Point of production
Storage reservoir
Zone meter
District meter
Trunk mains
Larger meter
District meter
Domestic meters
Domestic lines
Distribution mains
Distribution mains
Domestic lines
Domestic meter
District metered area
District metered area


التجهيزات الملحقة
لتسهيل تشغيل وصيانة الشبكة
الصمامات والمنشآت الملحقة بها،
العدادات، تجهيزات المراقبة،...

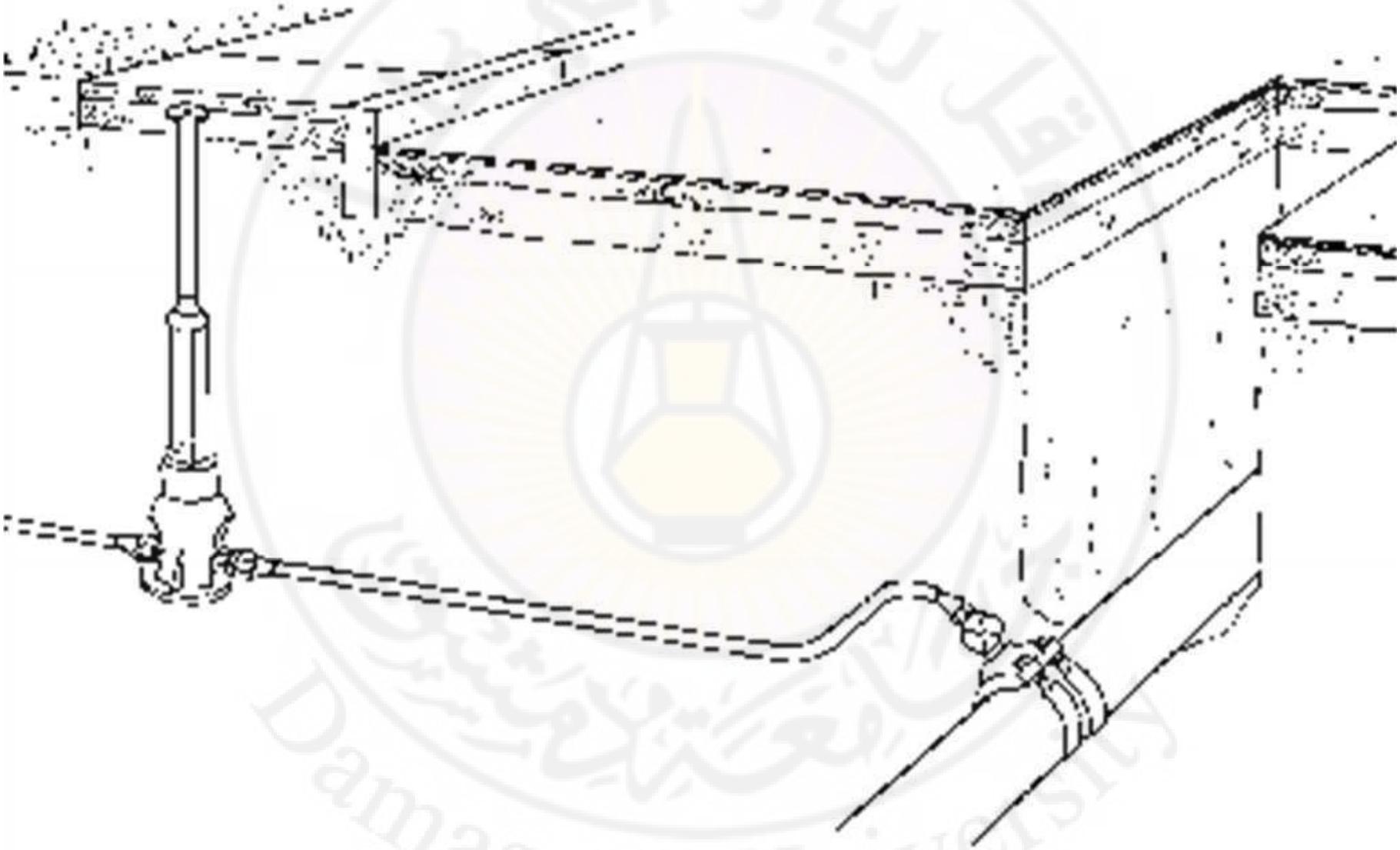

Service reservoir
(if needed)
Source or
reservoir tank
Main pipeline
(transmission main
Branch
pipeline
Branch pipeline
Main
pipeline
SV2
SV1
SV4
Service pipe
FH1
SV3
B1
B2
SC2
WO1
SV5
Branch
pipeline
SC1
SV6
KEY
SV Stop valve
B Breakage
WO Wash-out valve
SC Boundary stop cock
FH Fire hydrant





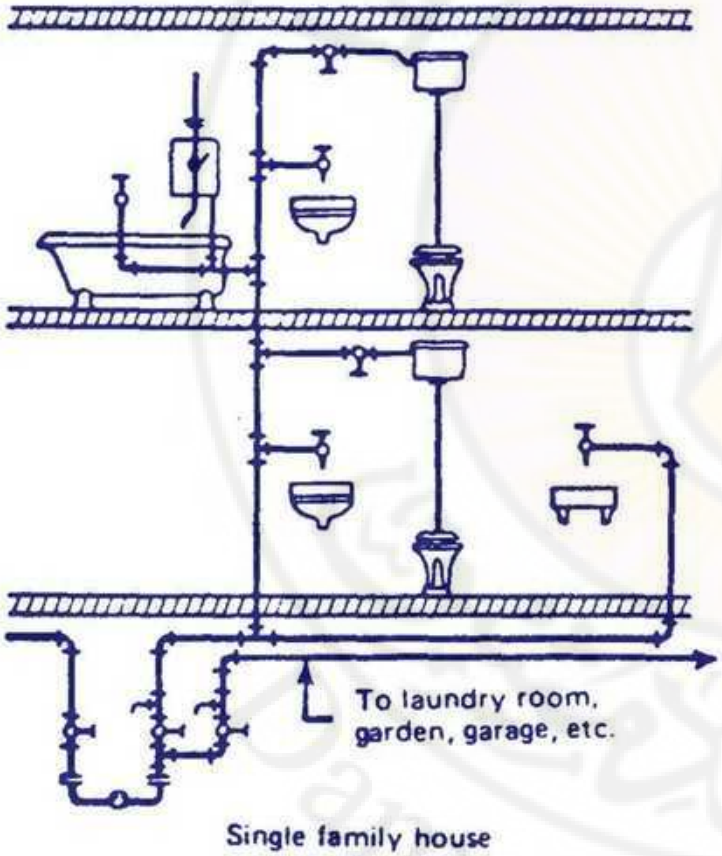
الوصلات المنزلية

الجزء الذي يصل شبكة التوزيع إلى شبكة التمديدات الداخلية مع الأنابيب والعدادات والصمامات الملحقة









Single family house

التمديدات الداخلية

الشبكة التي توصل المياه من الوصلة المنزلية إلى المستهلك

العمر التصميمي لمشروع المياه

- لابد من تصميم مشاريع مياه الشرب لتلبية حاجات التجمع السكني لفترة زمنية معقولة دون الحاجة لتبديلها أو توسيعها خلالها
  - تتضمن مشاريع الإمداد بالمياه:
    - منشآت ضخمة
      - تحتاج لزمن طويل للإنشاء
      - يصعب توسيعها
      - سدود، مآخذ مياه، خزانات، محطات تنقية،...
    - شبكات أنابيب مطمورة ضمن الشوارع
      - كلفة عالية
      - تتضرر حركة المواصلات خلال مدها
  - تحتاج المشاريع إلى فترة زمنية لإعداد الدراسات والتنفيذ

- العمر التصميمي لمشروع المياه:

– عـدد السـنوات التـي تسـتطيع مختلـف التمديـدات والمنشـآت والتجهيزات وأجزاء المشروع خلالها تأدية العمل المطلوب منها

- دون الحاجة لتوسيعها
- دون الحاجة لاستبدالها
- مع أخذ النمو الطبيعي للتجمع السكاني بالحسبان

– الهدف

- تـأمين المشـروع **لكميـة** الميـاه اللازمـة للسـكان **بالضـاغط** الكـافي للاستخدام المريح **لفترة زمنية** معقولة

– يتعلق العمر التصميمي لمشروع المياه:

1. العمر التقني لأجزاء المشروع المختلفة
2. العمر الاقتصادي
3. مدى سهولة أو استحالة توسيع المشروع وأجزائه المختلفة
   – حجمها، موقعها، ...
4. تطور التجمع السكاني
   – عدد السكان، الاحتياجات المائية للسكان والصناعة
5. أداء المشروع ككل خلال السنوات الأولى عندما يكون تحميله أقل بكثير من الحمل التصميمي
   – جزء من المشروع خارج الخدمة
   – استهلاك التجهيزات دون الاستفادة من طاقتها الفعلية

- **العمر التقني لمشروع المياه**
  - كل جزء من مشروع المياه يمكن استخدامه لفترة محددة يصبح بعدها غير قابل للاستخدام وذلك تبعاً
1. لمادة الصنع
   - تأثرها بالوسط المحيط
   - تأثرها بالمياه المنقولة
2. لما يتعرض له من إجهاد وتآكل
   - الأجزاء الميكانيكية
3. هناك أجزاء تنشأ مرة واحدة، لايمكن توسيعها أو تعديلها إلا بجهد كبير وكلفة عالية
   - المآخذ المائية، خزانات المياه، أنابيب النقل،...
4. مستوى التطور التقني
   - تجهيزات التحكم والقياس
5. مستوى وجودة التنفيذ
6. عمليات الصيانة

- **العمر الاقتصادي للمشروع**

– الفترة الزمنية التي تتجاوز بعدها كلفة صيانة المشروع أو أحد مكوناته كلفة استبداله

– على العموم أصغر من العمر التقني

– يستخدم على الأغلب كعمر تصميمي للمشروع

– هناك عمر اقتصادي مختلف لكل مكون من مكونات المشروع

جزء المشروع	العمر التصميمي	ملاحظات
المآخذ المائية، شبكة التوزيع، أنابيب النقل،الخزانات العالية	30-50 سنة	
محطات التنقية،الخزانات الأرضية، محطات الضخ	25-30 سنة	ينصح بتأمين الأرض اللازمة للتوسع المستقبلي
المضخات، تجهيزات القياس والمراقبة والتحكم، الآبار	10 سنوات	

خزانات التوزيع الرئيسية

الهدف من إنشاء الخزانات:

1- تخزين المياه وذلك بهدف تأمينها في الحالات التالية:

1- مقاومة الحريق: حيث لابدّ من تأمين كمية من المياه من أجل إخماد الحرائق التي قد تنشب فجأة، ولفترة زمنية قد تصل إلى عدة ساعات.

2- تأمين احتياجات التغير في الاستهلاك وخاصة عند تشغيل محطة الضخ بمعدل ثابت، أي بغزارة منتظمة طوال اليوم وهنا يتم تخزين الفائض عن احتياجات المدينة في ساعات الليل حيث يتم تخزينها في الخزان.

3- التخزين من أجل حالات الطوارئ، والهدف من هذا التخزين تزويد المدينة باحتياجاتها خلال فترة الطوارئ والإصلاح.

2- تأمين الضاغط اللازم:

تعمل الخزانات على تأمين الضاغط من أجل توزيع المياه ضمن الشبكة، وتساعد بذلك على:

1- الحدّ من تغيرات الضاغط في المناطق المختلفة من الشبكة نظراً لتغير معدل الاستهلاك.

2- رفع الضاغط في المناطق البعيدة عن محطة الضخ الرئيسية من خلال دعم الخزانات العالية.

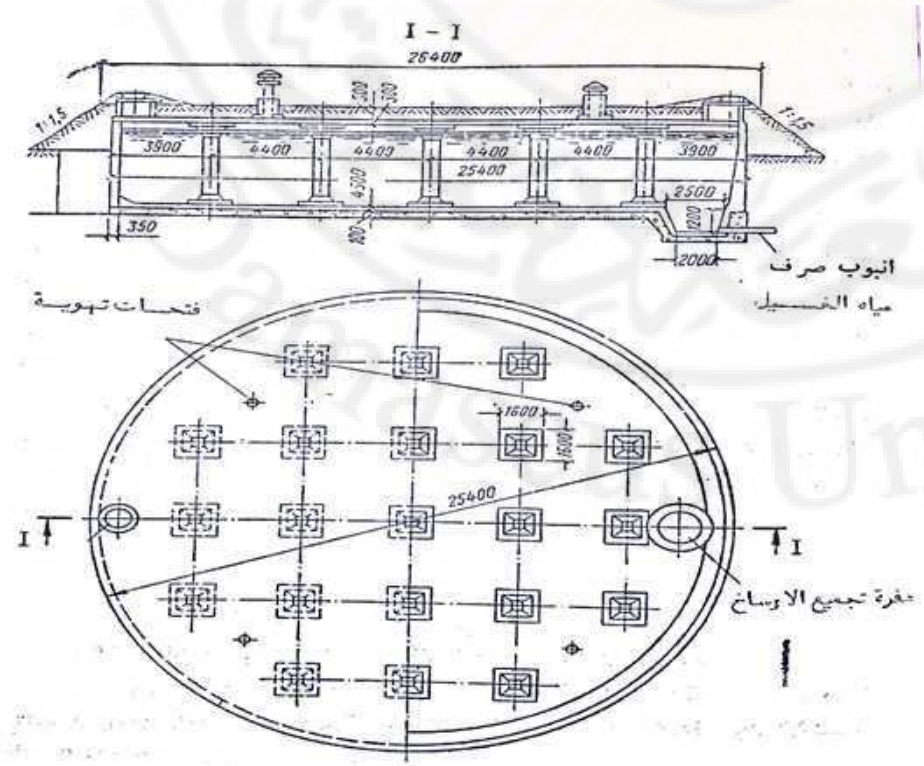
3- مقاومة خطر حدوث المطرقة المائية، حيث يعمل الخزان العالي على امتصاص التغيرات المفاجئة في الضغط والتي قد تؤدي إلى حدوث المطرقة المائية.

أنواع الخزانات:

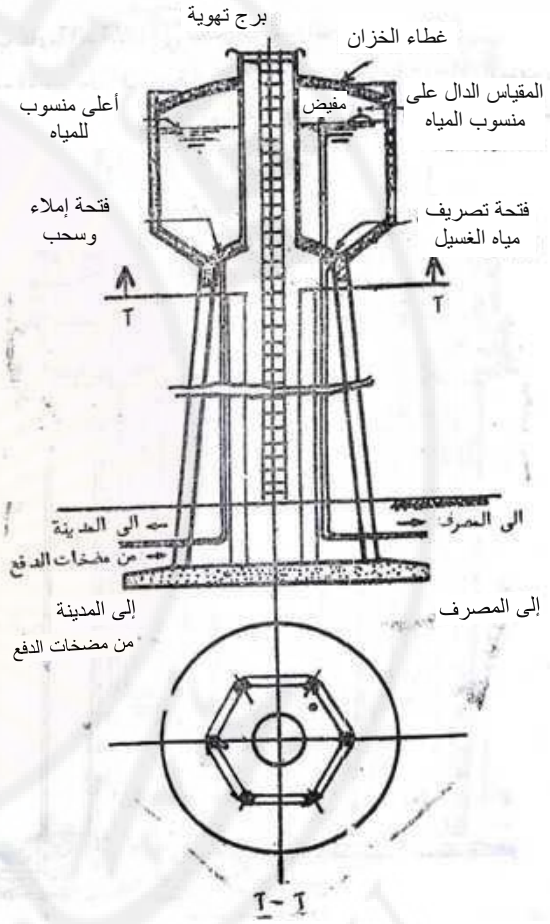
تُقسَـــم الخزانـات إلى نوعين رئيســـين من حيث الشكل:

1- الخزان الأرضي:

- يُبنى من البيتون العادي أو المسلّح في أغلب الأحيان ويُطلى من الداخل بمونة اسمنتية ومادة مانعة للرشح.



- تُصمّم الخزّانات الأرضية بأشكال مختلفة تحقق جميعها شمولية الجريان في الخزان من أجل منع ظهور مناطق مشلولة تؤدي إلى ركود الماء.
- تُقام هذه الخزانات في مناطق المدينة المختلفة، وذلك لدعم شبكة التوزيع وخزانات التوازن.
- يوضّح الشكل المجاور البنية الإنشائية (المسقط + المقطع) للخزان الأرضي، حيث تكون المنشأة إما منشأة عميقة تحت الأرض أو منشأة مطمورة جزئياً.



2- الخزانات العالية:

تسمّى خزانات توازن التوزيع المرتفعة وتتكون من الأجزاء الرئيسية التالية:

1- الأساسات:

يراعى في تصميمها إجهادات التربة المسموحة.

2- الجذع الحامل:

يتألف من أعمدة معدنية أو بيتونية، ويُصمّم على إجهادات الانعطاف الناجمة عن دفع الرياح، كما يُؤخَذ بعين الاعتبار تأثير الهزات الأرضية.

3- الحلة:

هي قطعة معدنية أو بيتونية بسعة معيّنة ذات شكل أسطواني أو موشوري.

- الشكل المجاور يوضح البنية الإنشائية للخزانات العالية.

حساب حجم الخزان العالي:

- يتألف حجم التخزين من:

V_1 حجم التخزين اللازم لدعم الاستهلاك المنزلي.

V_2 حجم التخزين اللازم لإطفاء الحرائق.

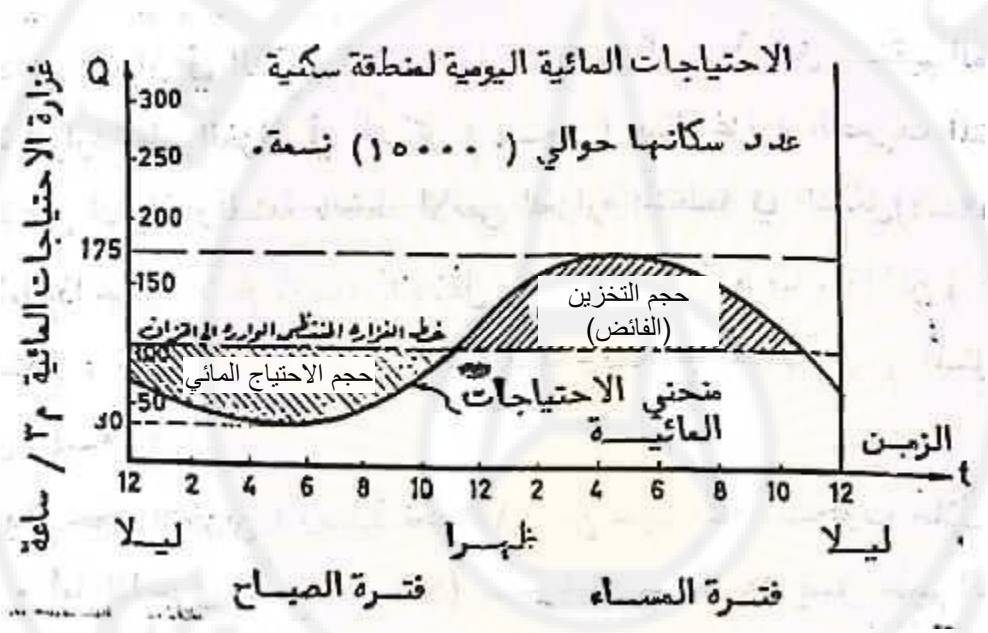
V_3 حجم احتياطي من المياه لدعم حالات الطوارئ.

وبذلك يكون حجم التخزين: $\boxed{V = V_1 + V_2 + V_3}$

- للحصول على حجم التخزين V_1

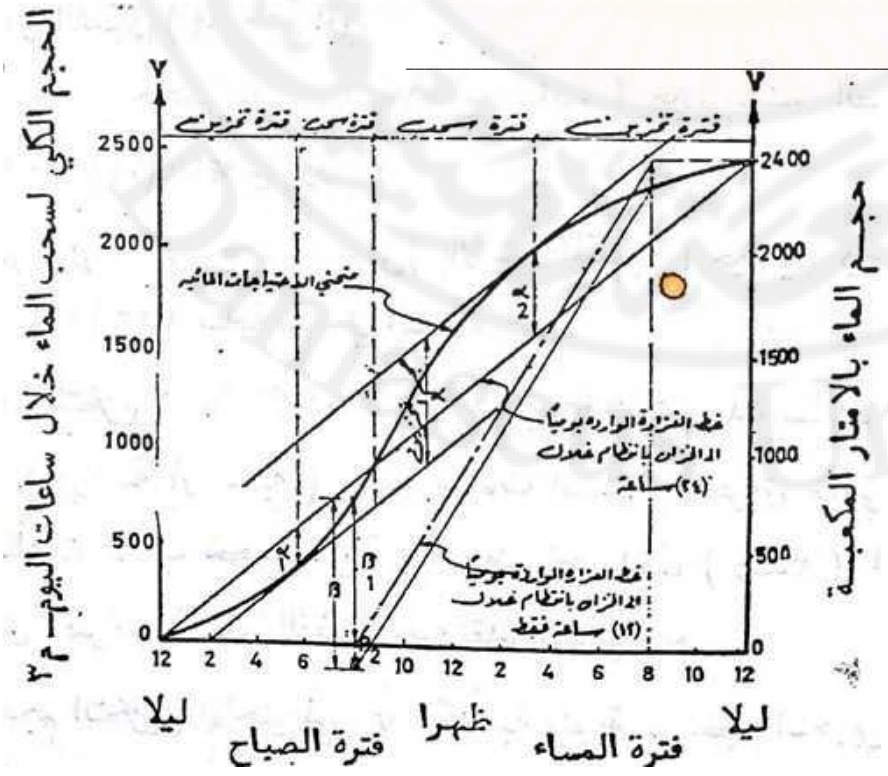
نرسم أولاً المخطط المائي للاحتياجات المائية خلال ساعات اليوم وقد يكون مخطط الاستهلاك المائي ليوم أعظمي أو ليوم وسطي أو ليوم أصغري.

- الشكل (1) المجاور يوضّح الاحتياجات المائية اليومية لمنطقة سكنية عدد سكانها 15000 نسمة.



- لحساب حجم التخزين يوضّح الشكل (2) المجاور حجم التخزين المائي المطلوب لتأمين احتياجات القرية في ساعات الذروة، **حيث:**

أ- يتم رسم منحني الاحتياجات المائية والظاهر في الشكل (2) المجاور عن طريق مكاملة منحني الاحتياجات المائية السابق الوارد في الشكل (1).



ب- أيضاً مستقيم الغزارة الواردة يومياً من الخزان في الشكل (2) ناتج عن مكاملة المستقيم الأفقي الممثّل للغزارة المنتظمة الواردة إلى الخزان من الشكل (1).

- نقصد بكلمة (مكاملة) أن نجمع الغزارة خلال ساعات اليوم بشكل تراكمي، وبتعبير آخر إن ميل مستقيم الغزارة الواردة إلى الخزان يمثّل غزارة التصريف المنتظمة الواردة إلى الخزان والممثّلة بالخط الأفقي للغزارة المنتظمة بالشكل السابق.
- إذا جرى الضخ بانتظام لمدة تقل عن 24 ساعة وليكن لـ 12 ساعة مثلاً فإن حجم التخزين يزداد عندئذٍ

ويساوي الحجم β في الشكل (2).

- يبلغ حجم التخزين وسطيا نحو 15% من حجم الماء المسحوب خلال كامل اليوم أما إذا كان الضخ لمدة

12 ساعة فقط يومياً فقد يصل حجم التخزين إلى 50% .

- يمكن التعبير من خلال الشكل أعلاه أنه:
  - عندما يكون الضخ 24 ساعة فإن:

$$V_1 = \alpha = \alpha_1 + \alpha_2$$

  - عندما يكون الضخ أقل من 24 ساعة فإن:

$$V_1 = \beta = \beta_1 + \beta_2$$

شرح: يعني نرسم منحني الاحتياج بشكل تراكمي ونرسم مستقيم الضخ، وتكون المسافة بين ذروات المنحني ومستقيم الضخ هي الحجم.

- أما حجم التخزين V_2 فيتعلق بعدد سكان المنطقة و نظام الأبنية وعدد ساعات استمرار الحريق حيث يبين الشكل التالي المعطيات المتعلقة بالحريق (الجدول للاطلاع):

عدد السكان (نسمة)	عدد الحرائق في آن واحد	التصرف اللازم لاطفاء حريق وحيد ل/ث			
		ارتفاع الابنية طابقين على الاكثر		اذا كان ربع عدد الابنية يزيد على طابقين	ثلاثة طوابق او اكثر
		دائمة	مؤقتة		
٥٠٠٠	١	٥	٥	٧٫٥	٧٫٥
٥٠٠٠ — ١٠٠٠٠	١	١٠	١٠	١٠	١٠
١٠٠٠٠ — ٢٥٠٠٠	٢	١٠	١٠	١٠	١٠
٢٥٠٠٠ — ٥٠٠٠٠	٢	١٠	١٥	١٥	١٥
٥٠٠٠٠ — ١٠٠٠٠٠	٢	١٥	—	٢٠	٢٥
١٠٠٠٠٠ — ٢٠٠٠٠٠	٢	١٥	—	٢٠	٣٠
٢٠٠٠٠٠ — ٣٠٠٠٠٠	٣	—	—	٢٥	٣٠
٣٠٠٠٠٠ — ٤٠٠٠٠٠	٣	—	—	٣٠	٣٥
٤٠٠٠٠٠ — ٥٠٠٠٠٠	٣	—	—	٣٠	٤٠

ومنه يكون حجم ماء التخزين لإخماد الحريق V_2 :

$$V_2 = n * 2 * q_f$$

حيث:

n : عدد الحرائق بالارتباط مع عدد سكان المنطقة (من الجدول).

q_f : تصريف الحريق اللازم ارتباطاً مع نوع نوعية الأبنية وعدد سكان المنطقة (من الجدول).

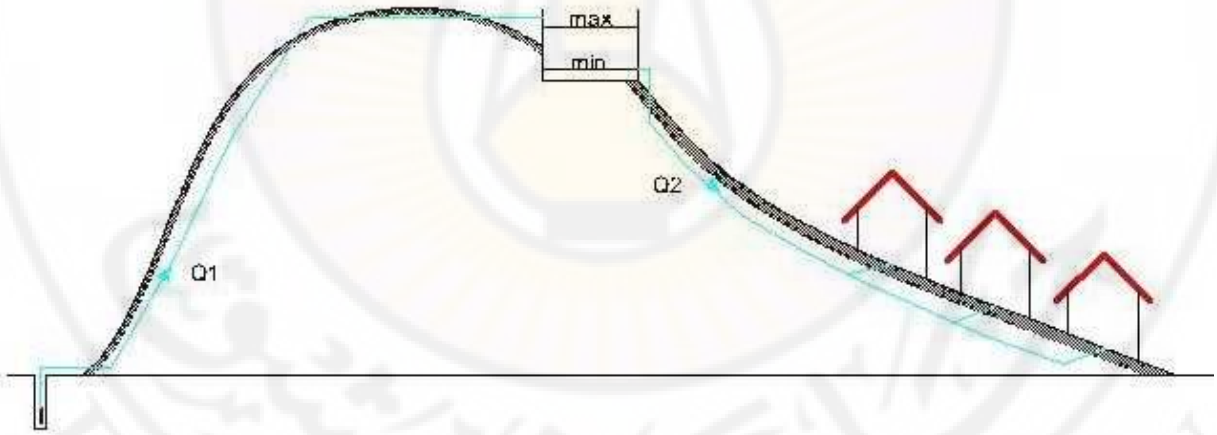
2 : عدد ساعات الحريق المتوقع (2 ساعة).

- تقسم الخزانات من حيث الأداء الوظيفي أيضًا إلى نوعين:

1- خزانات العبور:

تستخدم هذه الخزانات في حال كانت سماحية البئر Q_1 أصغر من الاستهلاك اليومي الأعظمي للمنطقة السكنية المراد تغذيتها، لذلك يتم في هذه الحالة الضخ في ساعات الليل لملء الخزان وفي ساعات النهار استجرار الغزارة Q_2 لتغذية مياه المنطقة لمياه الشرب.

- يوضّح الشكل التالي خزان العبور والمنطقة السكنية التي يغذيه والبئر ومحطة الضخ الرئيسية.



2- خزان التقابل:

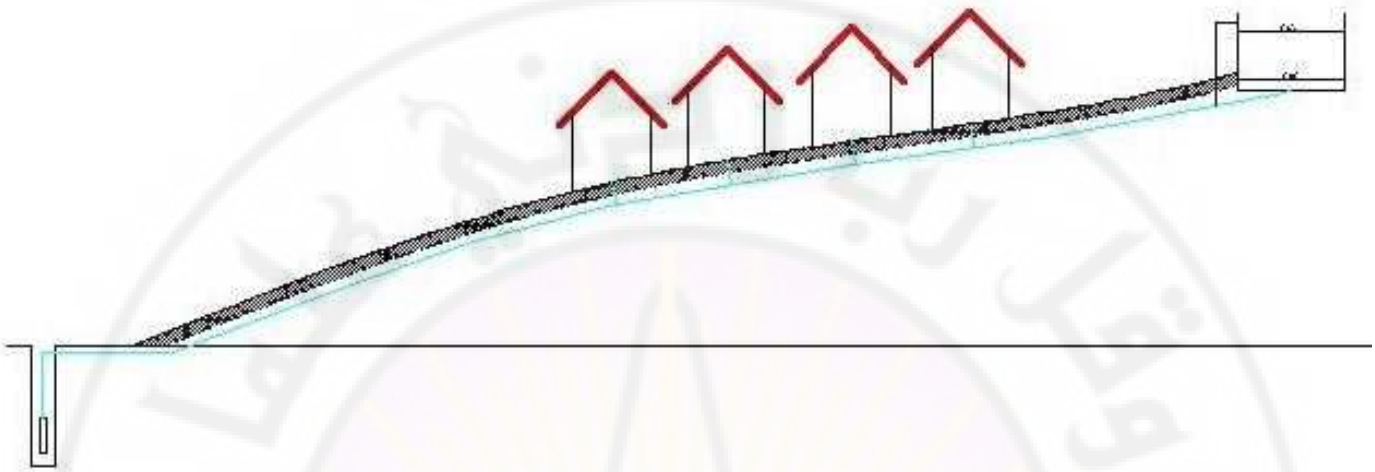
ويُسمى بهذا الاسم لأنه يقع في الجهة المقابلة للمصدر المائي أو محطة الضخ، وهنا نميّز ثلاث حالات:

1- المضخة تعمل بمفردها لتغذية المنطقة السكنية. (والفائض يذهب للخزان)

2- خزان التقابل يعمل بالمؤازرة والتعاون مع المضخة الرئيسية لتغذية المنطقة السكنية. (في ذروة الاستهلاك)

3- خزان التقابل يعمل وحيداً على تغذية المنطقة السكنية في حالات الطوارئ (تعطل المضخة).

- يوضّح الشكل المجاور خزان تقابل يتغذى من مضخة رئيسية ويتعاونان في الحالات الواردة أعلاه على تغذية المنطقة السكنية المراد تخديمها.



انتهت المحاضرة

Sanitary & Environmental Engineering Department

Water Disinfection by using other oxidants

Ozon- Hydrogen Peroxide- Dioxide Chlorine-.....

استخدام المؤكسدات الأخرى في تطهير المياه

استخدام الأوزون – بيروكسيد الهيدروجين – ثاني أوكسيد الكلور..

Prof.Dr.Eng. Bassam Al Aji

Damascus 2021-2022

1- استخدام الأوزون:

اشتقت تسمية الأوزون من الكلمة الإغريقية Ozeine والتي تعني يشم، وقد اكتشف الأوزون عام 1785 من قبل العالم "فان ماروم". استخدم الأوزون لأول مرة في تنقية مياه الشرب في هولندا في العام 1893 .وقد قام العالم "ميرنتس" بإجراء التجارب الأولى لاستخدام الأوزون في فرنسا عام 1886، حيث جرى استخدامه لمعالجة المياه البلدية في مدينة "نيس" الفرنسية عام 1906. وقد تم بناء أكبر محطة لتطهير المياه باستخدام الأوزون في عام 1911 في مدينة سانت بطرسبورغ في روسيا بطاقة إجمالية قدرها (50000) متر مكعب في اليوم.

إن الوضع اليوم أكثر حرجاً ويقتضي **زيادة الاعتماد على استخدام الأوزون** كمادة بديلة للتطهير تحل محل الكلور وبشكل خاص لمعالجة مياه الصرف الصحي وحالات إعادة استخدام المياه المستعملة وذلك للأسباب التالية :

- تفرض المؤشرات الجديدة للتحكم بالتلوث درجات عالية من المعالجة للمياه العادمة. ويعد الأوزون عامل تلميع وتطهير ممتاز مناسب لتحقيق هذه المؤشرات .
- الاتجاه نحو إعادة استخدام المياه العادمة والذي يتطلب إبادة الفيروسات المتواجدة في هذه المياه.
- مشاكل السمية المرتبطة بالمعالجة بالكلور .
- الفوائد الإضافية لاستخدام الأوزون حيث يقوم بتأمين مستواً عالياً من الأوكسجين المنحل في المياه بالإضافة إلى تخفيضه لمؤشرات TOC, COD للمياه المعالجة .
- يشكل تفسخ الأوزون جذور الهيدروكسيل الحرّة (HO_2 ,OH) ذات جهد الأكسدة العالي جداً

يرتبط احتياج الأوزون بالآتي:

- وجود المواد العضوية الطبيعية (NOM) في المياه
- وجود منتجات الأكسدةِ العضوية العرضية Organic oxidation byproducts وهي عادةً أكثر قابلية للتفسخ العضوي والتي يُمْكِن أنْ تُقاس بمؤشر الكاربون العضوي assimilable organic carbon (AOC) أو بمؤشر الكاربون العضوي المنحل القابل للتفسخ العضوي biodegradable dissolved organic carbon (BDOC).
- وجود المركّبات العضوية الصناعية Synthetic organic compounds (SOCs)
- وجود أيون البروميد في المياه حيث يقوم الأوزون بأكسدة أيون البروميد والتي تقود إلى تشكيل حامض الهيبروبرومات hypobromous acid وأيون الهيبوبروميت hypobromite ion وأيون البرومات bromate ion والعضويات البروميناتية brominated organics والبروم أمينات bromamines .
- وجود القلوية الطبيعية على شكل أيونات الكربونات أو البيكربونات مما يؤدي إلى تشكيل الجذور الهيدروكسيلية والجذور الكربوناتية carbonate radicals

يتحلل الأوزون في الماء على الشكل التالي: اطلاع

$$O_3 + H_2O \rightarrow HO_3^+ + OH^-$$
$$HO_3^+ + OH^- \rightarrow 2HO_2$$
$$O_3 + HO_2 \rightarrow HO + 2O_2$$
$$HO + HO_2 \rightarrow H_2O + O_2$$

تملك الجذور الحرة (HO_2 , OH) المتشكلة عند تحلل الأوزون في المحاليل المائية قوة أكسدة كبيرة، مما يؤدي إلى اختفائها بشكل سريع لأنها تتفاعل بسرعة مع الشوائب المختلفة كالأملاح المعدنية والمواد العضوية والهيدروجين وشوارد الهيدروكسيد الموجودة في المحلول المائي.

يُمكن أن يتفاعل الأوزون في الأوساط المائية بإحدى أو بكلتي النمطين: **اطلاع**

- **أكسدة مباشرة للمركّبات بالأوزون الجزيئي** ($O_3(aq)$) : إنّ الأكسدةَ المباشرةَ بالأوزون المائي بطيئة نسبياً (مقارنةً بالجذور الحرة) إلا أن تركيزَ الأوزون المائي عالي نسبياً.
- **الأكسدة الهيدروكسيلية:** أكسدة الملوثات بالجذور الحرة للهيدروكسيل الناتجة عن تفسخ الأوزون.

وقد وجد أن الأكسدة المباشرة للملوثات بالأوزون الجزيئي هي السائدة في الظروف الحامضية، بينما تكون الظروف المفضلة لإنتاج الجذور الحرة أي لتكون الأكسدة الهيدروكسيلية هي السائدة في حالات القيم العالية لـ pH للوسط، وفي حالات التعرّض للأشعة فوق البنفسجية UV أو إضافة بيروكسيد الهيدروجين hydrogen peroxide ؛ كما تستخدم هذه الآلية في عمليات الأكسدة المتقدّمة بهدف زيادة سرعة الأكسدة.

من أهم محاسن الأوزون مقارنةً بالكلور:

- توفر المادة الخام اللازمة لإنتاج الأوزون (الهواء).
- لايقوم الأوزون بتغيير الخواص الطبيعية للمياه الخاضعة للمعالجة، أي أنه لا يسبب ظهور شوائب غريبة في المياه أثناء المعالجة، وكذلك فإن فائضه يتحول إلى أوكسجين خلال عدة دقائق من انحلاله في المياه، ويقوم الأوزون بإزالة لون ورائحة وطعم المياه في نفس وقت التطهير.
- لا يستطيع الأوزون أكسدة شوارد الأمونيوم ضمن الظروف الشائعة للوسط المائي خلال معالجة مياه الصرف الصحي، لذلك لا يوجد أي ضياع أو هدر في طاقة الأكسدة للأوزون بتواجد شوارد الأمونيا في مياه الصرف الصحي.
- يقوم الأوزون إضافةً إلى ما سبق بأكسدة المواد غير العضوية بسرعة عالية وبشكل كامل، حيث يقوم بأكسدة أيونات الحديدي المنحلة في المياه إلى أيونات الحديد القابلة للترسيب، كما أنه يؤكسد بشكل سريع الكبريتيت إلى كبريت والنتريت إلى نترات والمنغنيز إلى ثالث أكسيد المنغنيز.
- وكذلك يقوم الأوزون بأكسدة البروميد إلى بروم والكلوريد إلى كلور، وتكون هذه التفاعلات بطيئة وتعتمد على تركيز المفاعلات.
- يتفاعل الأوزون مع المواد العضوية المختلفة المتواجدة في المياه. وغالباً ما تكون أكسدة الأوزون للمادة العضوية غير كاملة، إذ يقدر انخفاض TOC بحدود % 10-20 في حين يكون انخفاض COD,BOD بشكل عام أكبر،حيث يقدر انخفاض COD بحوالي 50% .وتتركز أهمية الأوزون بشكل أساسي في قدرته على تفتيت عضوية كل من الحديد والمنغنيز والتي تقاوم عموماً الطرق العادية المتبعة لإزالة الحديد والمنغنيز في مياه الشرب، وكذلك قدرته على تحطيم المركبات الفينولية المشكلة للطعم أثناء معالجة مياه الشرب، بالإضافة إلى قدرته في إزالة مركبات أخرى مسببة طعماً من مصادر غير معروفة.
- يتفاعل الأوزون بسهولة مع المركبات العضوية غير المشبعة ، وتعتبر إمكانية إزالة الأوزون بسهولة للمركبات الفينولية، بالإضافة إلى إزالته للون الناتج عن المواد العضوية سبب انتشار الأوزون لمعالجة المياه السطحية.
- تتفاعل الجذور الحرة الناتجة عن تحلل الأوزون بشكل فعال مع كل أنواع المواد العضوية، وأحياناً قد تؤدي إلى تأكسد ذاتي لأنواع عديدة من المواد العضوية وبشكل خاص تلك المتواجدة في مياه الصرف الصحي.

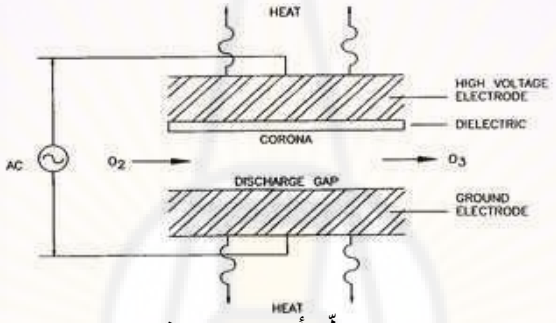
إن فعالية الأوزون في معالجة مياه الصرف تمكننا من تصنيفه على أنه مركب مؤكسد قوي وقاتل للجراثيم وهي نفس الخواص المميزة للكلور، لذلك يقوم الكثير من الأخصائيين بوضع هاتين الخاصتين في مجال المنافسة بين الكلور والأوزون، إلا أن هذه المقارنة ليست دقيقة لأن آلية التطهير لكل منهما تختلف لحد ما عن الآخر، كما يجب التأكيد على أن الأوزون والكلور

يمكن أن يعملان بطريقة يتمم أحدهما الآخر، إذ يؤدي كل منهما بعض المهام والوظائف بشكل أكثر فعالية من الآخر ،حيث يتمتع الأوزون بصفتين متميزتين أساسيتين وهما أن الأوزون مركب ذو فعالية أكسدة عالية وقدرة كبيرة في إبادة الفيروسات،حيث تبين الدراسات الحديثة أن التطهير باستخدام الأوزون هو النتيجة المباشرة لتحلل الجدار الخلوي البكتيري، وهو ما يعرف بظاهرة التفسخ والانحلال، بينما يوفر الكلور إمكانية تأمين المتبقي اللازم للتلوث الثاني.

اقترح "ترسيل" طريقة بديلة للطرائق التقليدية وهي المعالجة المسبقة بالأوزون وما يتبعها من تخثير وترسيب وترشيح ومن ثم التطهير بالكلور. فأظهرت هذه الطريقة فوائد كثيرة لهذه الطريقة (المعالجة المسبقة بالأوزون مع المعالجة اللاحقة بالكلور للتطهير النهائي) مثل: تناقص كمية الأملاح بشكل تدريجي، والكفاءة العالية في القضاء على الفيروس، والكفاءة العالية في إزالة اللون والعكارة والكفاءة العالية في إزالة المواد العضوية، والكلفة الأقل للمعالجة.

آلية إنتاج الأوزون:

يجري إنتاج الأوزون بالتفريغ الهالي، المَعروف كذلك بالشحن الكهربائي الصامت، والمكون من معبر للغاز الحاوي على الأوكسجين خلال قطبين كهربائيين فصلا بفجوة عازلة وأخرى مشحونة. تطبق الفولطية على الأقطاب الكهربائية مسببةً جريان الكتروني خلال فجوة الشحن. تقوم هذه الألكترونات بتزويد جزيئات الأوكسجين المشاركة بالطاقة مما يقود إلى تشكيل الأوزون.

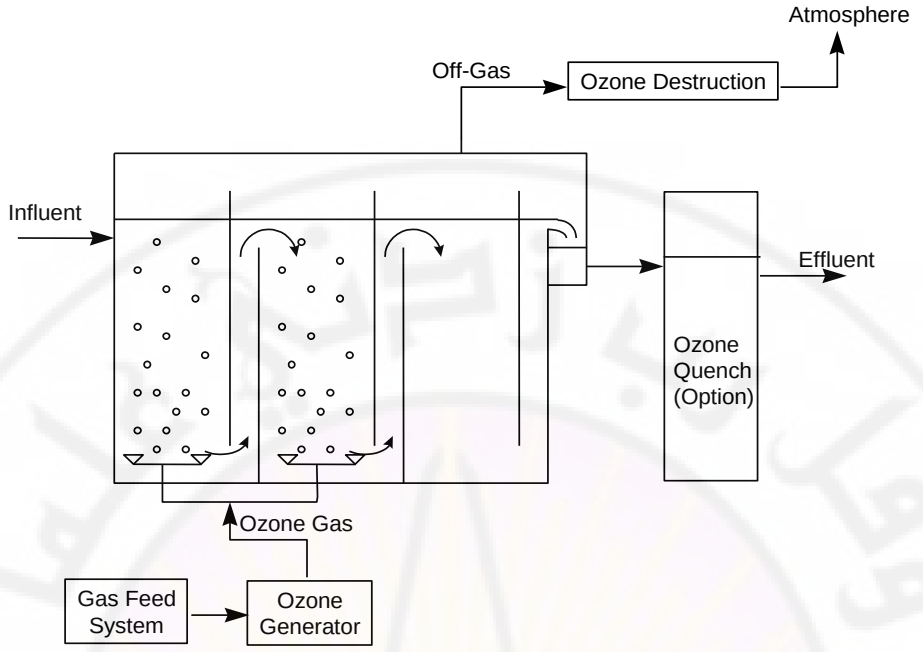


مولّد أوزون نموذجيي

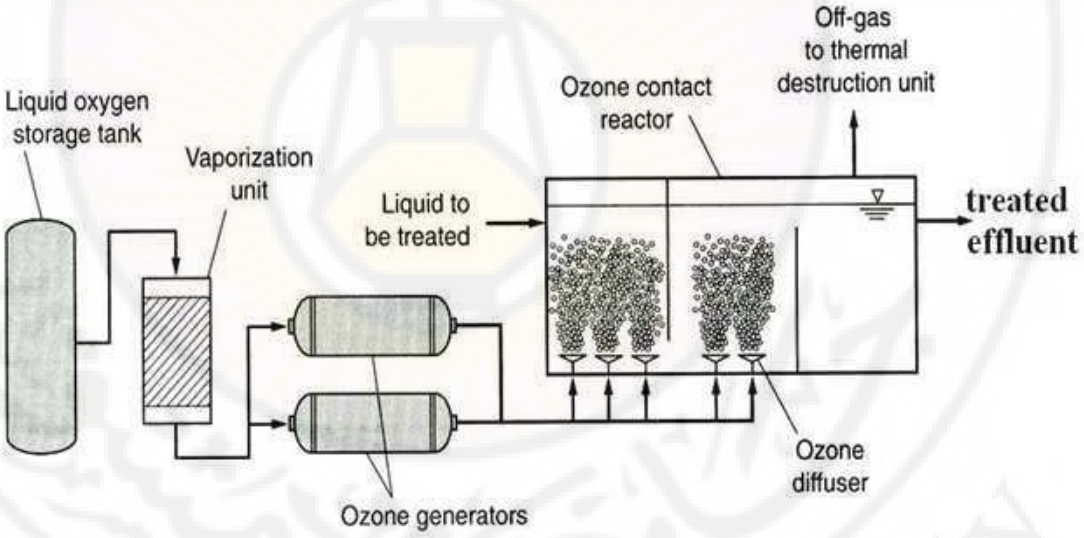
يظهر الشكل التالي نظام معالجة المياه بالأوزون والمكون من أربعة عناصر أساسية : نظام التغذية بالغاز gas feed system، مولّد الأوزون ozone generator، نظام تأمين التماس مع الأوزون ozone contactor ،ونظام تدمير الغاز الخارج من المحطة off-gas destruction system. يقوم نظام التغذية بالغاز بتزويد مولّد الأوزون بالأوكسجين الجاف النظيفِ. ينقل نظام تأمين التماس الغاز الغني بالأوزونُ إلى المياه الخاضعة للمعالجة ويؤمن زمن التماس الخاص بالتطهير (أَو التفاعلات الأخرى). وبما أن الأوزون غاز سام لدى خروجه بتراكيز مرتفعة إلى الهواء لذا لا بد من تدمير الأوزون المتبقي مع الغاز كخطوة نهائية للعملية. تملك بعض المحطات نظام تدوير الأوزون المتبقي مع الغاز بإعادته إلى منطقة الغاز الغني بَالأوزون، أي إلى غرفة التماس الأولى بهدف تَخفيض احتياج الأوزون في الغرف اللاحقة . كما تملك بعض المحطات غرفة لإزالة الأوزون المتبقي مع المياه.

لا بد من معالجة الهواء الداخل إلى جهاز توليد الأوزون بشكل مسبق وذلك بهدف تخليصه من الرطوبة والشوائب المتواجدة فيه وخصوصاً الغبار.فوجود بقايا الرطوبة ضمن الهواء ستؤدي إلى ظهور الشحنات الشرارية، وتخفض بشكل كبير مؤشرات عمل أجهزة الإنتاج ،وبالتالي تنخفض إنتاجية الأوزون وكذلك زيادة مصروف الطاقة بحدود 4 مرات مقارنةً مع إمداد الهواء الجاف. يبدي الأوزون ومحاليله المائية عدائيةً كبيرةً للفولاذ والحديد الزهر والنحاس والمطاط والإيبونيت، وبزيادة تواجد الرطوبة في الهواء المعد لإنتاج الأوزون تزداد عدائية الأوزون المنتج. لتخليص الهواء من الرطوبة يتم إمراره عبر مرشح ماز ممتلئ بمواد مازة كالسيليكا الهلامية، ولتنقية الهواء من الغبار يتم إمراره عبر مرشح خاص. تنتج الحرارة دوماً عن عمليات تنشيف الهواء ،لذلك لا بد من تبريد الهواء الحار بتمريره خلال مبادل حراري أو أن تجري عمليات التبريد في المرشح الماز عن طريق إمداد المياه الباردة عبر أنابيب حلزونية متوضعة في السيليكا الهلامية. تصنع التجهيزات ذات التماس المباشر مع الأوزون من الفولاذ المقاوم للصدأ

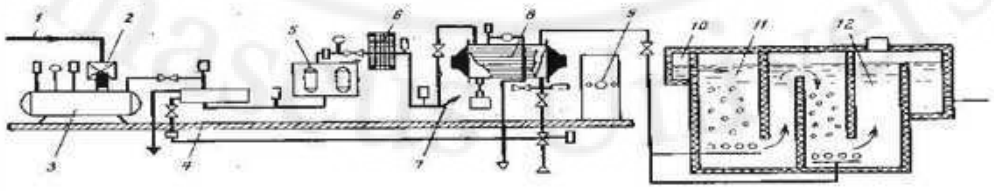
عادةً كما يسمح باستخدام الألمنيوم لهذه الأغراض. ولا يتجاوز العمر التخديمي للتجهيزات المستخدمة هذه 15-10 سنة في حالات الظروف الأمثلية للاستثمار بالنسبة للفولاذ المقاوم للصدأ،أما بالنسبة للألمنيوم فلا يتجاوز هذا العمر 7-5 سنوات.



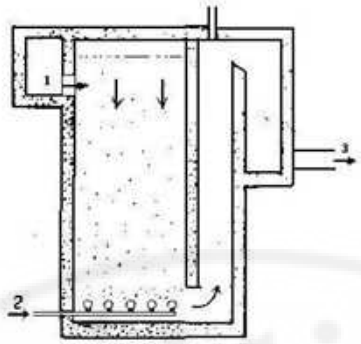
Simplified Ozone System Schematic



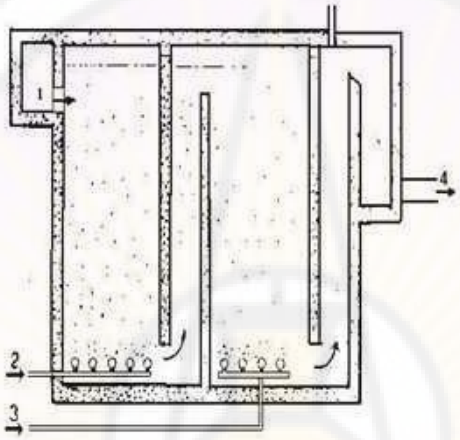
Typical flow diagram for the application of ozone for disinfection.



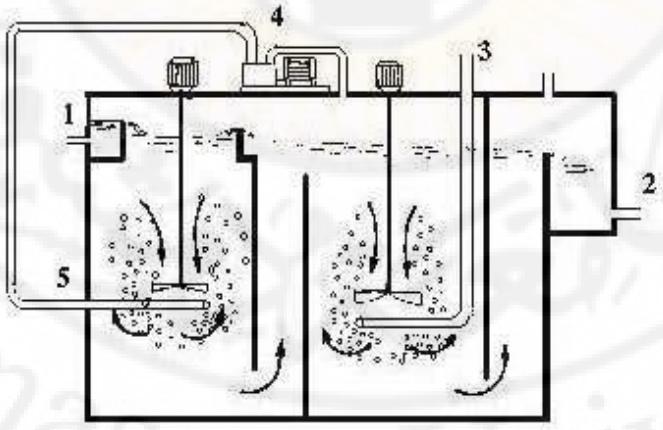
مخطط عام لمحطة تطهير المياه بالأوزون : 1–إمداد الهواء من المضخة 2–مرشح هوائي 3–مبادل حراري 4–مزيل الدهون 5–مرشح امتصاصي حاوي على فحم منشط حبيبي GAC 6– ماز من نالسيليكا الهلامية 7–مرشح قماشي 8–جهاز توليد الأوزون 9–بلوك الأتمتة 10–مدخل المياه المعالجة 11–خزان التماس 12–مخرج المياه بعد المعالجة.



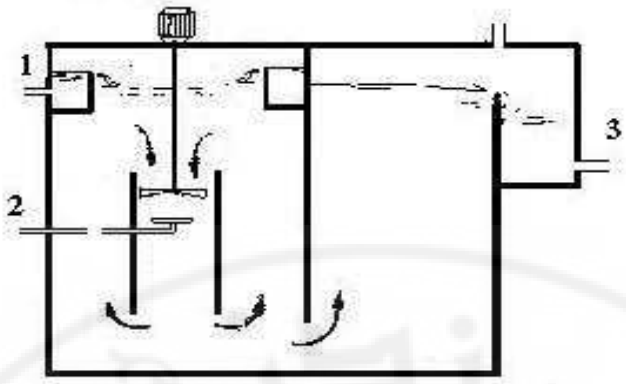
مخطط خزان التماس ذو حجرة التماس الواحدة للأوزون مع المياه .1–مدخل المياه 2–مدخل الأوزون 3–مخرج المياه بعد المعالجة.



مخطط خزان ذو حجرتي التماس.1–مدخل المياه 3,2–مدخل الأوزون 4–مخرج المياه بعد المعالجة.



مخطط الخزان التماسي المزود بنظام تدوير الهواء الحاوي على تركيز متبقي لأوزون. 1–مدخل المياه 2–مخرج المياه بعد المعالجة.3–مدخل الأوزون4–مضخة إرجاع الهواء الحاوي على متبقي الأوزون 5– مدخل إرجاع الهواء الحاوي على متبقي الأوزون.



المخطط النموذجي لعمل محطة حقن الأوزون 1–مدخل المياه 2–محقن الأوزون 3–خزان التماس 4–مخرج المياه بعد المعالجة.

التطهير باستخدام اليود:

لم يستخدم اليود لأغراض تطهير مياه الشرب، إذ أنه يعطيها طعماً دوائياً غير مرغوب فيه، إلا أنه استخدم بشكل فعال لتطهير مياه أحواض السباحة منذ عام 1963، يجري الإحساس برائحة اليود عندما تتجاوز تراكيزه 1.5 mg/l . يساعد تواجد الكلورأمين في المياه أثناء المعالجة على الحفاظ على قدرة اليود كمؤكسد ضعيف حتى لحظة غياب المؤكسد القوي.

وتتم حلمهة اليود في الماء على الشكل التالي:

$$I_2 + H_2O \rightarrow HOI + HI$$

$$HOI \rightarrow H^+ + OH^-$$

ويعتبر الحمض اليودي (HOI) أكثر فاعلية من اليود (I_2) بأربع مرات إلا أنه أقل فاعلية من الحمض الهيبوكلوريتي (HOCl).

يعتبر اليود مبيد فعال للفيروسات وتزداد هذه الفعالية في درجة $pH > 8$ إلا أنه يتفاعل بشكل بطيء مع المركبات العضوية، بالإضافة لكلفته العالية.

التطهير باستخدام برمنغنات البوتاسيوم:

استخدمت برمنغنات البوتاسيوم Potassium permanganate في العالم منذ عام 1913، إلا أن استخدامها لم يشيع كمطهر في محطات التنقية وإنما كمعقم لتنظيف أنابيب الشبكات ،كما استخدمت لإزالة المنغنيز من المياه.

يعتبر استخدام برمنغنات البوتاسيوم فعالاً في إزالة لون وطعم ورائحة المياه وخصوصاً بصورة تلك التي تسببها المواد العضوية والأحياء المائية والطحالب، وتتراوح الجرعة المستعملة لهذا الغرض 0.05-0.1 mg/l، بينما تقدر الجرعة المستخدمة لأغراض التطهير بحدود 4-16 mg/l .تزداد الفعالية التطهيرية للبرمنغنات في ظروف pH=5.9-7.4 .

يشيع بشكل كبير استخدام البرمنغنات بشكل مشترك مع الكلور الفعال في تطهير المياه،حيث تزداد القدرة التطهيرية للكلور بإضافة البرمنغنات إلى المياه المعالجة قبله أو بعده.

ثاني أوكسيد الكلور

يعتبر ثاني أوكسيد الكلور كالأوزون والكلور مؤكسد بيولوجي وليس سمّ أيضي. هذا يعني بأنّ ثاني أوكسيد الكلور يقتل الكائنات الحيّة المجهرية بعرقلة نقل المواد المغذّية عبر جدار الخلايا، ليس بعرقلة العملية الأيضية.

يعتبر ثاني أوكسيد الكلور أكثر المؤكسدات انتقائية. يعتبر كلا من الأوزون والكلور أكثر نشاطاً من ثاني أوكسيد الكلور، ويتم استهلاكهما من قبل أغلب المركّبات العضوية. ثاني أوكسيد الكلور يتفاعل فقط مع مركّبات الكبريت المرجعة، الأمينات الثانوية والثالثية، وبعض العضويات المرجعة والنشطة جداً مما يسمح للجرعات الأخفض بكثير منه بتحقيق متبقي أكثر استقراراً من الكلور أو الأوزون. يمكن استعمال ثاني أوكسيد الكلور بفعالية كبيرة لدى التحميل العضوي الأعلى بكثير من الأوزون أو الكلور بسبب إصطفائيته.

لثاني أوكسيد الكلور فوائد أكثر أهمية من الكلور منها :

1. إنّ الكفاءة المضادة للبكتريا لا تتأثّر نسبياً بقيم الـ pH بين 4 و 10
2. ثاني أوكسيد الكلور أفضل بشكل واضح من الكلور في قتل الأبواغ، والفيروسات والكائنات الحية الممرضة
3. إنّ زمن التماس المطلوب لثاني أوكسيد الكلور أخفض وقابلية انحلاله أكبر
4. لا فعالية صدئية مرتبطة بالتراكيز العالية للكلور، مما يخفّض تكاليف الصيانة بعيدة المدى
5. ثاني أوكسيد الكلور لا يتفاعل مع النشادر أو الأمونيا
6. يحطّم Trihalomethanes THM ويزيد التخثير
7. يحطم ثاني أوكسيد الكلور الفينولات ولا يشكل معها رائحة خاصة
8. ثاني أوكسيد الكلور أفضل من الكلور في إزالة مركّبات الحديد والمنغنيز وخصوصاً في ارتباطاتها المعقّدة

بيروكسيد الهيدروجين اطلاع

يعرف أكثر الناس بيروكسيد هيدروجين كمركّب لتشقير الشعر، وهو مركب يمكن أن يستخدم أيضاً لتطهير الماء. إكتشف لويس ثينارد بيروكسيد الهيدروجين في العام 1818. يتركب بيروكسيد الهيدروجين من ذرّتي هيدروجين وذرّتي أوكسجين.

تحتوي جزيئة بيروكسيد الهيدروجين ذرّة أوكسجين إضافية واحدة مقارنة مع جزيئة الماء الأكثر استقراراً. تكسر الرابطة بين ذرّتي الأوكسجين والتي تسمّى رابطة البيروكسيد بينما تتشكل جذور H–O والتي تتفاعل بسرعة بالمواد الأخرى، بينما تتشكل جذور جديدة لتحدث سلسلة جديدة من التفاعلات. في خمسينات القرن الماضي استخدم بيروكسيد الهيدروجين لتطهير مياه الشرب نظراً لفعاليته المضادة للبكتريا العالية ولأكسدته القوية، أما في الوقت الحاضر فلا يستخدم بيروكسيد الهيدروجين في معالجة مياه الشرب منفرداً بل بشكل مشترك مع الأوزون أو الفضة أو الأشعة فوق البنفسجية.

بيروكسيد الهيدروجين المحفز هو مؤكسد أقوى من ثاني أوكسيد الكلور(ClO_2) والكلور (Cl_2) وبرمنغنات البوتاسيوم($KMnO_4$) حيث بمساعدة المحفزات يمكن أن يتحوّل بيروكسيد هيدروجين إلى جذور هيدروكسية hydroxyl radicals

Table 1: Oxidation potentials *of various oxidizers*

Oxidizer	Oxidation potential
fluorine	3,0
Hydroxyl radicals	2,8
ozone	2,1
hydrogen peroxide	1,8
potassium permanganate	1,7
chlorine dioxide	1,5
chlorine	1,4

المحاضرة السادسة: محطات المعالجة ـ قسم التنقية السنة الخامسة

Sanitary & Environmental Engineering Department

التحلية وتكنولوجيا الفصل الغشائي

Desalination and Membrane Separations

Dr.Eng.Bassam Alaji Damascus 2021-2022

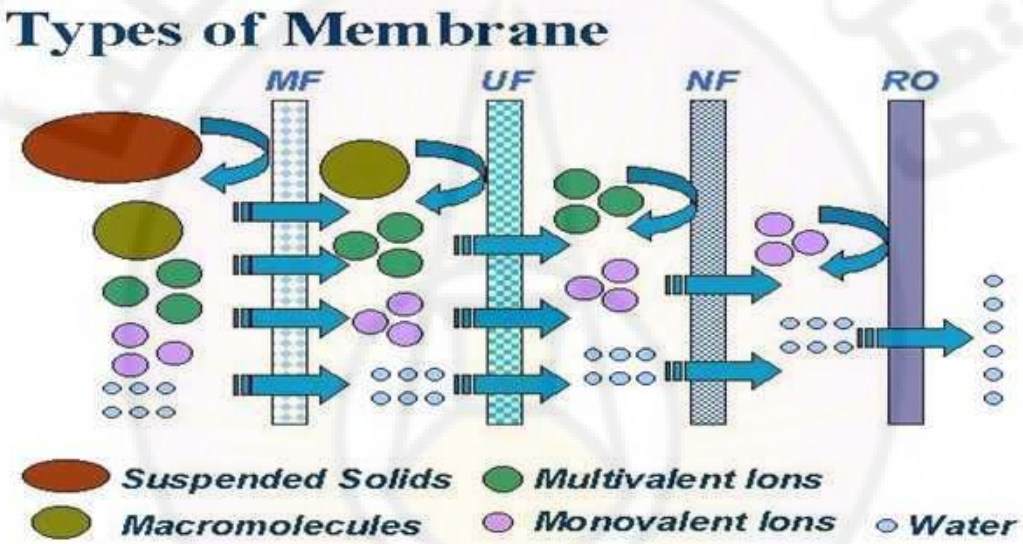
طرائق الفصل الغشائي

1-الأغشية نصف النفوذة:

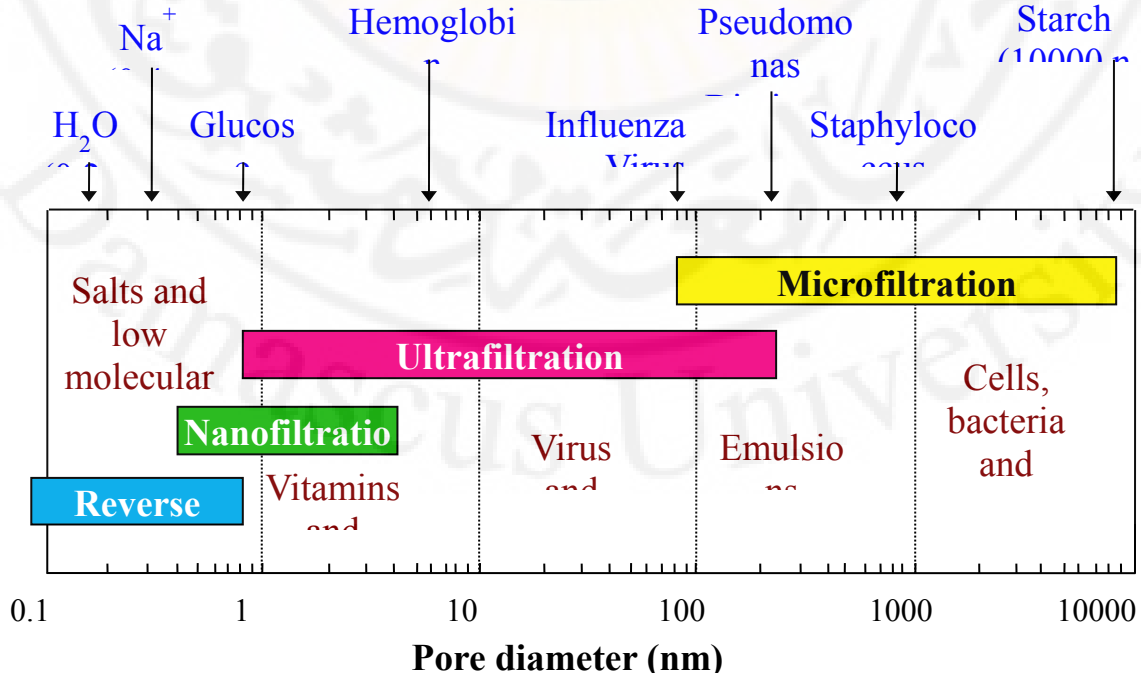
الميمبران (الغشاء): هو عبارة عن حاجز اصطفائي نصف نفوذ يسمح بتنقية أنواع محددة من السوائل باستخدام آليات الانتشار والنخل. يمكن للأغشية أن تفصل الجزيئات والجسيمات ومجال واسع من حجوم وأوزان الجزيئات .

أكثر عمليات الفصل انتشاراً هي تلك التي تستخدم إختلاف الضغط بين كلا جانبي الغشاء.

على الرغم من أن أغشية التكنولوجيات السابقة متماثلة في الشكل، إلا أن الآليات المستخدمة في الفصل يمكن أن تكون مختلف جداً.



Name of the membrane process in function of the particle size.



التناضح العكسي Reverse osmosis (RO):

يستخدم الغشاء نصف النفوذ مع طبقة رقيقة من مادّة دعم لدّنة فوق هيكل ثانوي يحوي ثقوبا أكثر. إنّ الطبقة الرقيقة ذات سماكة حوالي 0.25 micron وتملك مسامات ذات أبعاد حوالي 10 Angstrom – 5. إن الهيكل الثانوي المثقّب يؤمن دعم الجلد الرقيق. **الضغط اللازم هو الضغط التناضحي**

يقوم الجزء النشيط للغشاء بصد الأيونات المشحونة بينما ينجذب الماء إليه. سيسد الماء الممتز الممر وسيمنع مرور الأيونات. وسينتقل الماء تحت الضغط التناضحي عبر مسامات الغشاء.

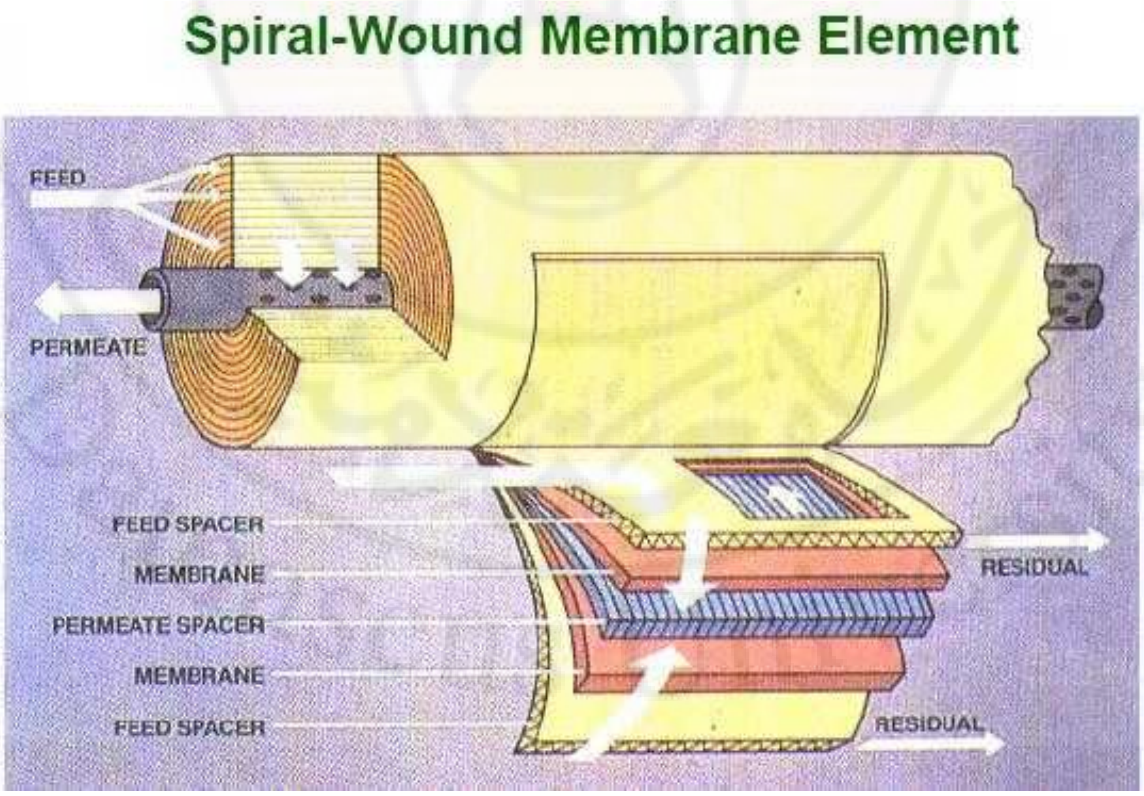
الترشيح النانوي Nanofiltration:

هي عملية مكمّلة للتناضح العكسي، حيث يسمح بمرور الأيونات أحادية التّكافؤ وترفض الأيونات ثنائية التّكافؤ. تطبق في هذه الطريقة ضغوط عالية ولكنها أقل من تلك المطبقة في طريقة التناضح العكسي . **الضغط اللازم هو الضغط التناضحي وضياعات كلية.**

الترشيح فائق الدقة Ultrafiltration والترشيح الميكروي Microfiltration

تعتمد طريقة الترشيح فائق الدقة Ultrafiltration والترشيح الميكروي Microfiltration على الإجهاد الصافي المطبق عبر مسامية الغشاء. يطبق في هذه الطريقة ضغوط أقل من تلك المطبقة في طريقة التناضح العكسي والتي تقوم بتغطية ضياعات الاحتكاك. **الضغط اللازم هو الضغط الذي يغطي ضياعات الاحتكاك.**

2-أنواع الأغشية المستخدمة:



محاسن ومساوئ النماذج الغشائية

MEMBRANE MODULES	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
SPIRAL-WOUND	منخفضة تكاليف التصنيع، سهلة التنظيف كيميائياً وهيدروليكياً، تطبيقات متعددة، صغيرة المساحة	لا يمكن معالجة مياه بعكارة عالية بدون معالجة أولية مكلفة، يمكن انسدادها بالجسيمات الدقيقة
HOLLOW FIBER	منخفضة تكاليف التصنيع نسبياً، مدمجة، صغيرة المساحة، متطلبات معقولة من الطاقة	يمكن انسدادها نظراً لصغر الفراغ بين الألياف، صعبة التنظيف، تتطلب معالجة أولية غالية، تطبيقات محدودة
TUBULAR	يمكن معالجة مياه بعكارة عالية، سهلة التنظيف نسبياً كيميائياً وهيدروليكياً، يمكن معالجة مياه ذات SS عالي مع معالجة أولية محدودة	تكاليف التصنيع عالية، تتطلب مساحة مرتفعة
PLATE AND FRAME	غشية وتجهيزات متطورة	غالية تكاليف التشغيل بوجود كميات كبيرة من الشور، صعبة التنظيف، قابلية الانسداد

Applications of Micro- and Ultrafiltration:

- المعالجة التقليدية للمياه (يمكن استبدال جميع العمليات باستثناء التطهير)
- المعالجة الأولية في طريقة التناضح العكسي
- إزالة الحديد والمنغنيز (بعد عمليات الأكسدة)

Applications for R.O. and nanofiltration:

- أهم تطبيقات طريقة التناضح العكسي هي التحلية. طريقة مناسبة بيئياً

طورت طريقة الترشيح النانوي في البداية لإزالة القساوة.

Operating pressure ranges:

- R.O./NF: 80 – 600 psig
- MF/UF: 5 – 60 psig

3-مشاكل طرائق الفصل الغشائي

a) تشكل طبقة من الوحل على الغشاء:Fouling issue

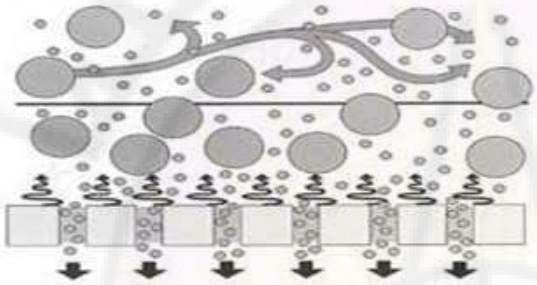
تتشكل طبقة من الجيل عبارة عن تراكم الجزيئات والمنحلات المتواجدة في المياه على الغشاء البيني مما يسبب مشكلة لهذه الطريقة وبما أن استبدال هذه الأغشية مكلف جداً لذلك يجري معالجة هذه المشكلة كما يلي :

- الإثارة النبضية الدورية للتغذية المائية

- الإثارة النبضية الدورية للراشح (backwashing) – الغسيل العكسي
- زيادة قوى القصّ بتدوير الغشاء
- إحداث ذبذبة في الغشاء (VSEP technology)
- وأشهرها قلب الجريان

b) النسبة المنخفضة للمياه النقية الناتجة عن المعالجة

تتراوح نسبة المياه النقية الناتجة عن المعالجة (85–60 %) وتصل إلى الحدود المرتفعة فقط في التكنولوجيات الغالية، مما يشير إلى النسبة المرتفعة للمياه شديدة الملوحة المطروحة إلى البيئة المحيطة **(Brine water)**



Vibrating shear
to prevent fouling

Pre-Treatment for membrane separation

- No microorganisms No oil Turbidity < 1 NTU
- Particle size < 25 micron No oxidation agents
- prevents scale formation pH = 4.5 prevents scale formation

Equipment for Pre-Treatment

- Screening of solids: prevent fouling of the membranes by fine particle or biological growth, and damage to pump. (**filtration-sand filter or microfiltration**)
- Cartridge filtration : filters used to remove 1 - 5 µm particles (**Microfiltration**)
- Antiscalant : hardness removal by using **Antiscalant** or **softening**
- Biocidal Treatment: biocides such as chlorine to kill bacteria. (**Disinfection**)
- De-chlorination: bisulfite dosing to remove the chlorine which can oxidize membrane (**De-chlorination or adsorption on activated carbon) .**
- Stabilization : **adjustment** of pH .

Equipment for post-Treatment

- Adding residual chlorine for water supply (**Disinfection**)
- Adding minimum concentration of Calcium, Magnesium and Carbonate (Alkalify) By **mixing** with raw water or **adding mar mar** powder

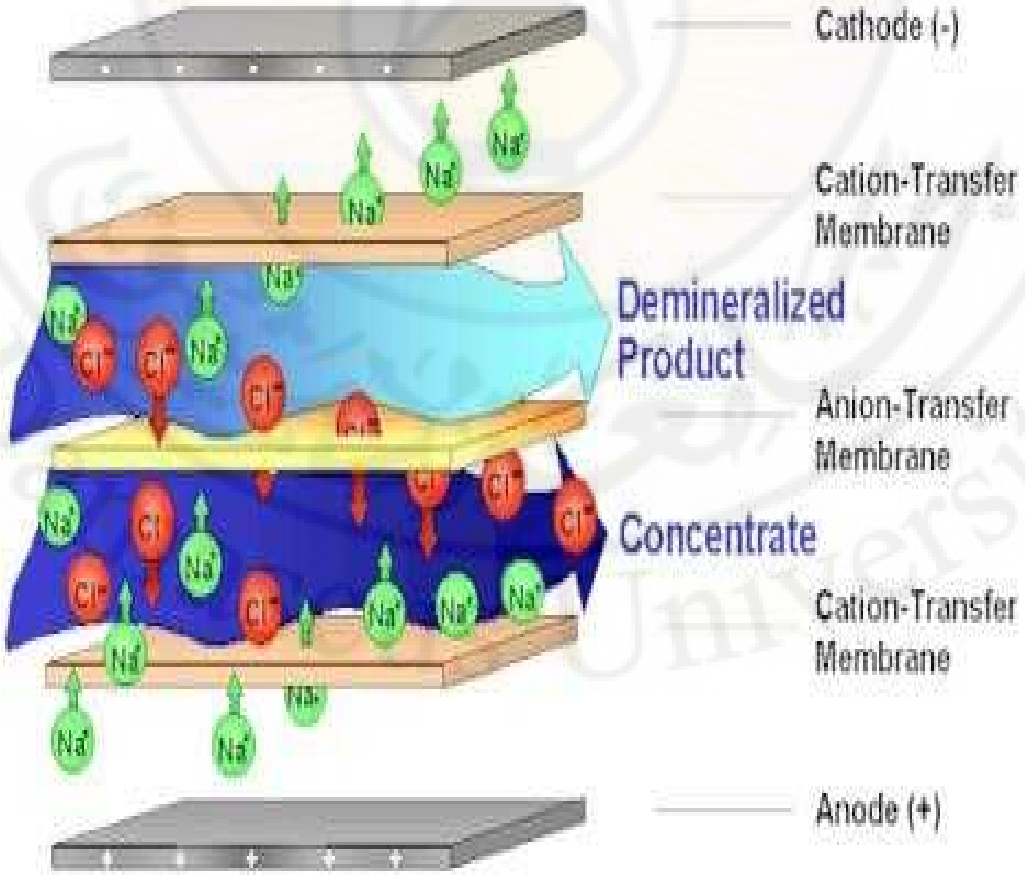
التبادل الغشائي الكهربائي

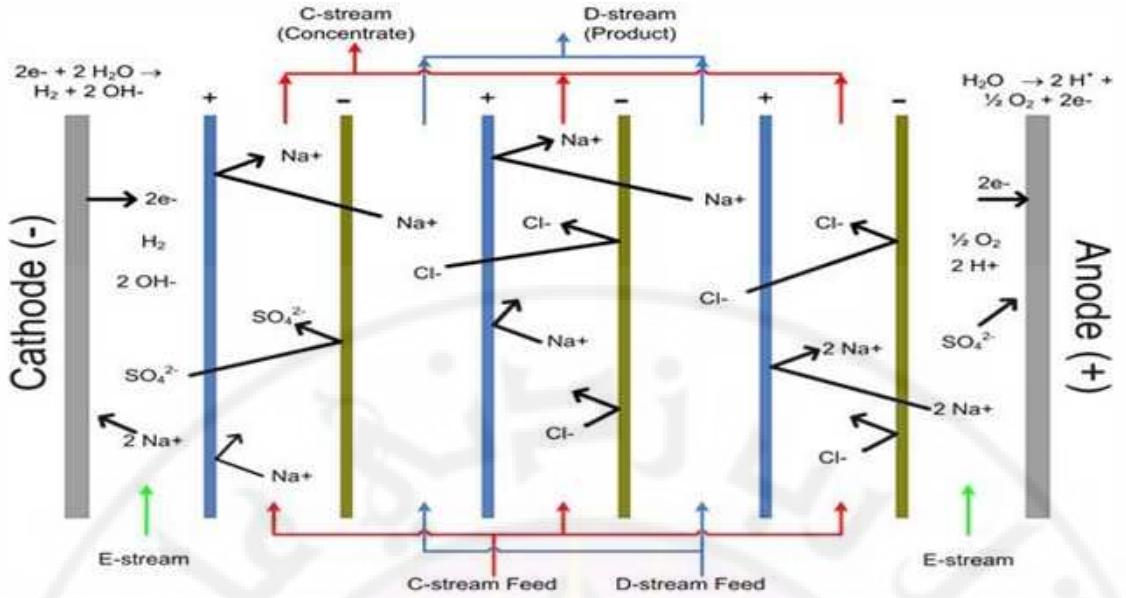
Electrodialysis

يسمح الغشاء الأيوني نصف النفوذ في عملية التبادل الغشائي الكهربائي Electrodialysis ED بمرور إما الأيونات الموجبة **cations** ويمنع مرور الأيونات المعاكسة (السالبة) أو يسمح بمرور الأيونات السالبة **anions** ويمنع مرور الأيونات المعاكسة (الموجبة).

يعاني التبادل الغشائي الكهربائي التقليدي من كثير من المشاكل نذكر منها التشكلات القشرية في قطاع المركزات **(Brine water)** نتيجة توليد أيونات الهيدروكسيل خلال الاستقطاب التركيزي للميمبرانات الأنيونية والتي تقود إلى ترسب كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيزيوم على الميمبرانات الأنيونية، والصدمة الكهربائية **(Electric shock)** .

يجري حل مشكلة القشور الرسوبية عادةً باستخدام الميمبرانات ثنائية القطب مما يسمح بالحصول على القلويات التي تعيق ترسب كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيزيوم وسيقود الحصول على الأحماض إلى التنشيط الكيميائي للمبادل الأيوني المستخدم للامتصاص الأيوني لكاتيونات القساوة والأيونات الأخرى متعددة الشحنة والمشكلة للاتحادات ضعيفة الانحلال.





التحلية باستخدام التبخير

الفكرة الأساسية لعمليات التبخير تكمن في رفع درجة حرارة المياه المالحة الى درجة الغليان وتكوين بخار الماء الذي يتم تكثيفه بعد ذلك الى ماء ومن ثم معالجته ليكون ماء صالحا للشرب .

التبخير العادي: يتم غلي الماء المالح في الخزانات بدون ضغط . ويصعد بخار الماء الى أعلى الخزان ويخرج إلى المكثف الذي يقوم بتحويل بخار الماء إلى قطرات يتم تجميعها في الخزانات النهائية. تستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الصغيرة.

التبخير الومضي متعدد المراحل: اعتماداً على معرفة أن درجة غليان السوائل تتناسب طرداً مع الضغط الواقع عيها فكلما قل الضغط الواقع على السائل انخفضت درجة غليانه . وفي هذه الطريقة تمر مياه البحر بعد تسخينها إلى غرف متتالية ذات ضغط منخفض فتحول المياه إلى بخار ماء يتم تكثيفه على أسطح باردة ويجمع ويعالج بكميات صالحة للشرب . وتستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الكبيرة.

التبخير متعدد المراحل متعدد التأثير: تقوم أجهزة التبخير المتعددة التأثيرات بالاستفادة من حرارة الأبخرة المتصاعدة من المبخر الأول للتكثف في المبخر الثاني . وعليه يستفاد من حرارة الأبخرة في المكثف الأول في غلي ماء البحر في المبخر الثاني، وبالتالي فإن المبخر الثاني يعمل كمكثف للأبخرة القادمة من المبخر الأول، وتصبح مهمة هذه الأبخرة في المبخر الثاني مثل مهمة بخار التسخين في المبخر الأول وهكذا.

الامتزاز على الكربون المنشط

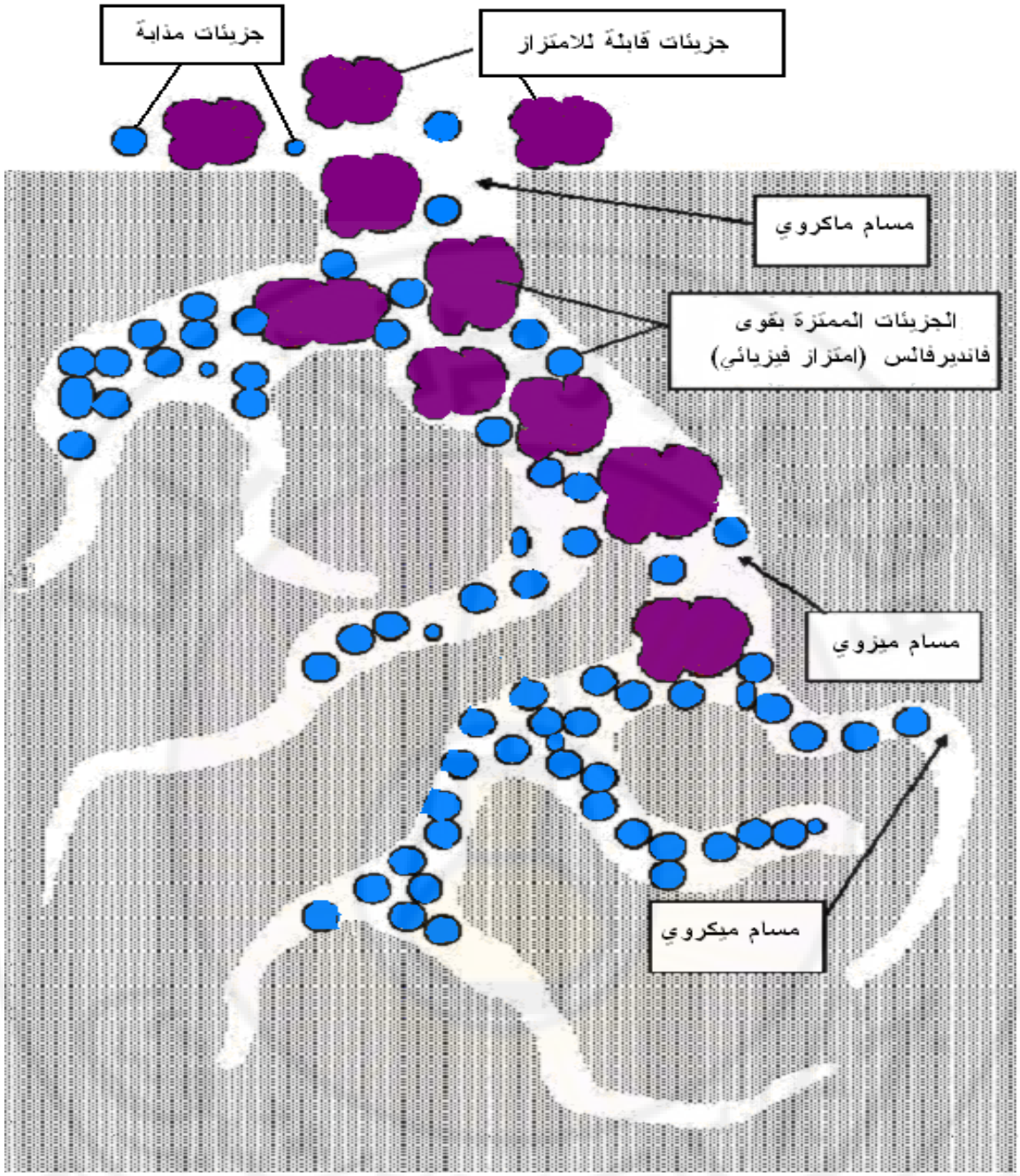
الإمتصاص Absorption : هي عملية يجري فيها انتقال المنحل solute في طور الفصل (السائل، أو الغاز، أو الصلب)، حيث يحاط المنحل بالكامل بالجزيئات المحلة solvent molecules. في هذه الحالة يمكن للمحل أن يكون غازي أو سائل أو صلب.

الامتزاز Adsorption : هي عملية مختلفة جداً، حيث يحدث تجمع المنحل على المنطقة الفاصلة بين الطورين.

ليست فكرة الامتزاز على الكربون المنشط للمواد العضوية فكرةً جديدةً، فقد بدأت منذ عام 1883 في الولايات المتحدة الأمريكية حيث جرى استخدام مرشحات الفحم الحجري لإزالة طعم ورائحة مياه الشرب (تحسين خواص استساغة المياه). يستخدم الكربون المنشط في الوقت الحالي بشكل واسع جداً وفي جميع أنحاء العالم في عمليات تحضير ومعالجة مياه الشرب والمياه الطبيعية ومياه الصرف الصناعي.

يجري خلال تصميم الأجهزة الخاصة بالكربون المنشط الاعتماد على البارامترات التالية: سرعة التيار، الضاغط، سماكة طبقة الفحم، فترة التماس. إن البارامترات السابقة هي معايير مهمة، إلا أنه لزيادة فعالية عمل الأجهزة لا بد من دراسة العملية الفيزيائية والكيميائية الجارية خلال الامتزاز، وبالتالي لا بد من أخذ مواصفات الماز والممتز ومحلول الامتزاز ، إضافة إلى شروط العملية بعين الاعتبار.

ومسامية متطورة جداً، أي مادة ذات قدرة كبيرة جداً على امتزاز المواد الكيماوية من الغازات والسوائل. استحدم الكربون المنشّط كمادة امتزاز لقرون طويلة، وقد جرت الاستخدامات المبكرة لهذه المادة في عمليات ترشيح المياه وعملية تنقية محاليل السكر. يرجع استخدام الكربون المنشّط في تنقيةِ المياه إلى العام 2000 قبل الميلاد عندما استخدمه المصريون القدماء لتنقية المياه للأغراض الطبية. ويستخدم الكربون المنشّط في الوقت الحالي في إزالة تشكيلة واسعة من العناصر والمركبات الكيميائية من المياه الملوثة، حيث يمكن لمرشحات الكربون إزالة الكثير من الملوثات من المياه.



التركيب المسامي للكربون المنشّط

الأنابيب والصمامات المستخدمة لشبكات المياه (1)

الأنابيب



سلوك الأنابيب المطمورة



تقسيم الأنابيب حسب مقاومتها للحمولات الخارجية



مواد صنع الأنابيب



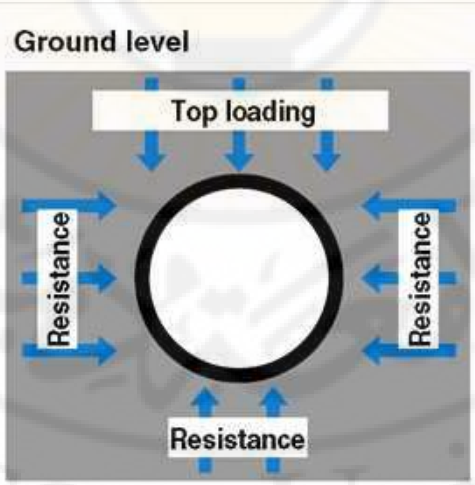
وصل الأنابيب



سلوك الأنابيب المطمورة



- لايمكن فهم السلوك الميكانيكي للأنابيب المطمورة إلا إذا أخذنا بالاعتبار العمل المشترك للأنابيب والتربة
- العمل المشترك بين الأنابيب والتربة المحيطة يتعلق بقساوة أو مرونة الأنابيب والذي يؤدي إلى تشكل الإجهادات ضمنها حسب شروط الاستناد



تقسيم الأنابيب حسب مقاومتها للحمولات الخارجية





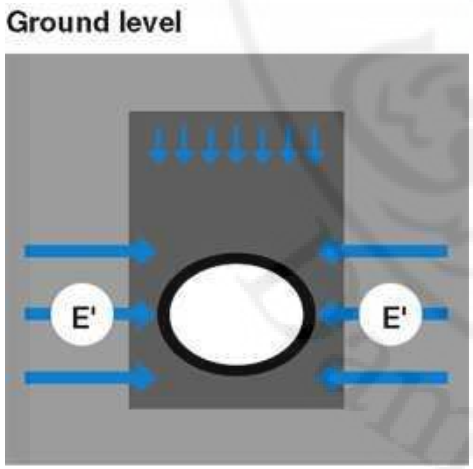


الأنابيب القاسية

- تتعرض بنتيجة الحمولات الخارجية إلى تشوه بسيط قبل تحطمها
- التشوه الحاصل غير كاف لنقل الحمولات إلى تربة الاستناد على جوانب الأنبوب
- يتم نقل كل الحمولات من التربة فوق الأنبوب عبر جداره إلى تربة الاستناد تحته
  - مما يؤدي إلى نشوء إجهادات كبيرة ضمن الجدار
  - مثالها:
    - أنابيب الحديد الصب CI
    - الأنابيب الخرسانية مسبقة الإجهاد
    - أنابيب الإسمنت الإسبستوسي AC



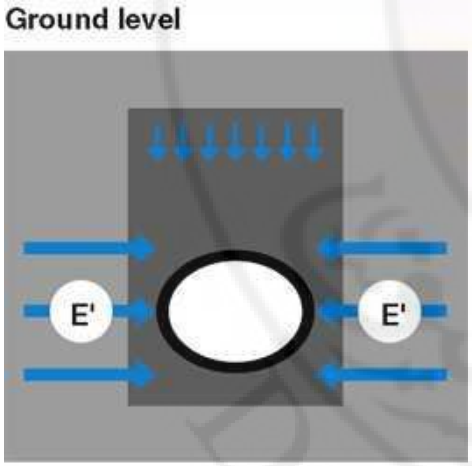
- تتعرض بنتيجة الحمولات الخارجية إلى تشوه بسيط قبل تحطمها
- التشوه الحاصل غير كاف لنقل الحمولات إلى تربة الاستناد على جوانب الأنبوب
- يتم نقل كل الحمولات من التربة فوق الأنبوب عبر جداره إلى تربة الاستناد تحته
  - مما يؤدي إلى نشوء إجهادات كبيرة ضمن الجدار
  - مثالها:
    - أنابيب الحديد الصب CI
    - الأنابيب الخرسانية مسبقة الإجهاد
    - أنابيب الإسمنت الإسبستوسي AC



الأنابيب المرنة



- تتعرض لتشوه بالاتجاه العمودي دون أن تنكسر
- بسبب هذا التشوه تنتقل الحمولات من التربة فوق الأنبوب إلى تربة الاستناد الجانبي
- يتعلق استقرار هذا النوع من الأنابيب مباشرة بقدرة تربة الردم على جوانب الأنبوب على توليد رد فعل



– مثالها: الأنابيب البلاستيكية بشكل عام

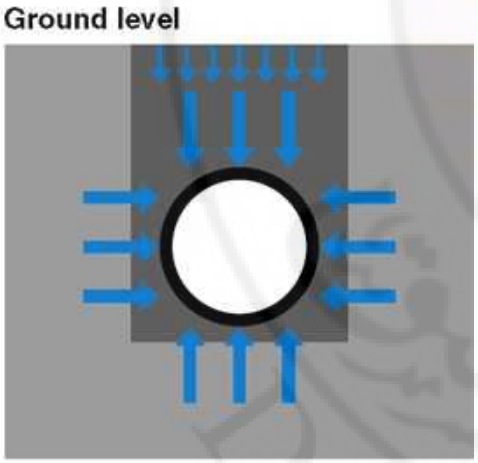
• PVC, PE, HDPE, GRP

الأنابيب شبه القاسية

- تتعرض بسبب الحمولات الخارجية إلى تشوه كاف لنقل جزء من الحمولة إلى تربة الاستناد على الجوانب وجزء إلى تربة الاستناد تحت الأنبوب
- تنشأ ردود أفعال في تربة الردم على جوانب الأنبوب إضافة لتشوه إجهادات داخلية ضمن جداره



- تتعرض بسبب الحمولات الخارجية إلى تشوه كاف لنقل جزء من الحمولة إلى تربة الاستناد على الجوانب وجزء إلى تربة الاستناد تحت الأنبوب
- تنشأ ردود أفعال في تربة الردم على جوانب الأنبوب إضافة لنشوء إجهادات داخلية ضمن جداره



- تتوزع مقاومة الأنبوب بين مقاومة الأنبوب نفسه وبين مقاومة التربة الجانبية
  - تتعلق نسبة مساهمة كل من المقاومتين بنسبة قساوة مادة الأنبوب والتربة الجانبية
  - يؤمن هذا التوزيع للحمولات بين الأنبوب والتربة أماناً ضد أي تغير للإجهاد مع الزمن أو تغير في شروط الاستناد
  - مثالها:
    - GS, DI

مواد صنع الأنابيب







أنابيب قاسية

أنابيب الاسبستوس الإسمنتي AC

- أنابيب قاسية
- تنتج من خليطة من ألياف الاسبستوس والمونة الاسمنتية
  - تغطى ألياف الاسبستوس بطبقة رقيقة من المونة الاسمنتية وتلف لتشكل أنبوباً بالسماكة المطلوبة
- انتشر استخدامها لتنفيذ شبكات المياه لفترة تزيد على 80 سنة
  - استخدمت للأقطار الصغيرة والمتوسطة (100-600mm)
  - استخدمت أيضاً لأقطار أكبر حتى 900mm

الأنابيب الخرسانية CP

- أنابيب قاسية
- تستخدم لنقل الغزارات الكبيرة
  - عادة لأقطار أكبر من 250mm، وحتى أكبر من 1500mm
  - أنابيب مسلحة أو مسبقة الإجهاد للتغلب على الإجهادات الداخلية والحمولات الخارجية
- الميزات
  1. يمكنها تحمل حمولات ثقيلة دون أن تتعرض للتلف أو التشوه
  2. وزنها الكبير يحد من تعرضها لخطر الطفو
  3. مقاومة جيدة للتآكل
- المساوئ
  1. صعوبة إصلاحها
  2. تعرض المونة الاسمنتية للتآكل يتسبب في صدأ حديد التسليح

الحديد الصب (الرمادي) [CI]

- توقف استخدامها لإنشاء شبكات المياه في العقود الأخيرة
- مازالت موجودة كأجزاء من الشبكات القديمة للأقطار المتوسطة (حتى 600mm)
- المساوئ
  1. مقاومتها المنخفضة للصدأ الداخلي والخارجي
     - يؤثر سلباً على نوعية المياه
     - يخفض الغزارة السارة
     - يمكن تحسين المقاومة للصدأ عن طريق تطيين الأنابيب بالمونة الاسمنتية
  2. كبر وزنها بسبب سماكة جدرانها

الفونت المرن [DI]

- أنابيب شبه قاسية
- تصنع من خليطة من الحديد والكربون (2-4.5%) والسيليكون (0.5-3.5%) مع تراكيز ضئيلة من المنغنيز والكبريت والفسفور
  - في حديد الصب العادي تتوزع جزيئات الكربون بشكل شفرات
  - في الفونت المرن تتوزع جزيئات الكربون بشكل عقد صغيرة منفصلة
    - مما يزيد من مقاومة الحديد بشكل ملحوظ

أنابيب الاسبستوس الإسمنتي AC

- أنابيب قاسية
- تنتج من خليطة من ألياف الاسبستوس والمونة الاسمنتية
  - تغطى ألياف الاسبستوس بطبقة رقيقة من المونة الاسمنتية وتلف لتشكل أنبوباً بالسماكة المطلوبة
- انتشر استخدامها لتنفيذ شبكات المياه لفترة تزيد على 80 سنة
  - استخدمت للأقطار الصغيرة والمتوسطة (100-600mm)
  - استخدمت أيضاً لأقطار أكبر حتى 900mm





Asbestos fibers







- الميزات:

1. رخص الثمن
2. إمكانية إنتاجها محلياً
3. خفة الوزن وسهولة التركيب
4. نعومة السطح الداخلي مما يعطيها مواصفات هيدروليكية جيدة
5. مقاومة جيدة للأثر الأكال للمياه والتربة
6. تتحمل ضغوطاً عالية
7. يمكن قطعها وثقبها بسهولة من أجل تركيب الوصلات

- المساوئ:

1. غير مقاومة للصدم والطرق
2. مقاومتها أقل من مقاومة أنابيب الحديد
3. لاتتحمل عزوم الانعطاف خاصة الأقطار الصغيرة
4. تبين لاحقاً أن استنشاق ألياف الاسبستوس يؤدي لنشوء سرطانات
5. تم منع استخدامها خلال العقود الأخيرة

- تعرض حياة العمال خلال التصنيع وقص الأنابيب خلال التركيب والصيانة للخطر
  - تطاير ألياف الاسبستوس في الهواء



الأنابيب الخرسانية CP

- أنابيب قاسية
- تستخدم لنقل الغزارات الكبيرة
  - عادة لأقطار أكبر من 250mm، وحتى أكبر من 1500mm
  - أنابيب مسلحة أو مسبقة الإجهاد للتغلب على الإجهادات الداخلية والحمولات الخارجية
- الميزات
  1. يمكنها تحمل حمولات ثقيلة دون أن تتعرض للتلف أو التشوه
  2. وزنها الكبير يحد من تعرضها لخطر الطفو
  3. مقاومة جيدة للتآكل
- المساوئ
  1. صعوبة إصلاحها
  2. تعرض المونة الاسمنتية للتآكل يتسبب في صدأ حديد التسليح





الحديد الصب (الرمادي) [CI]

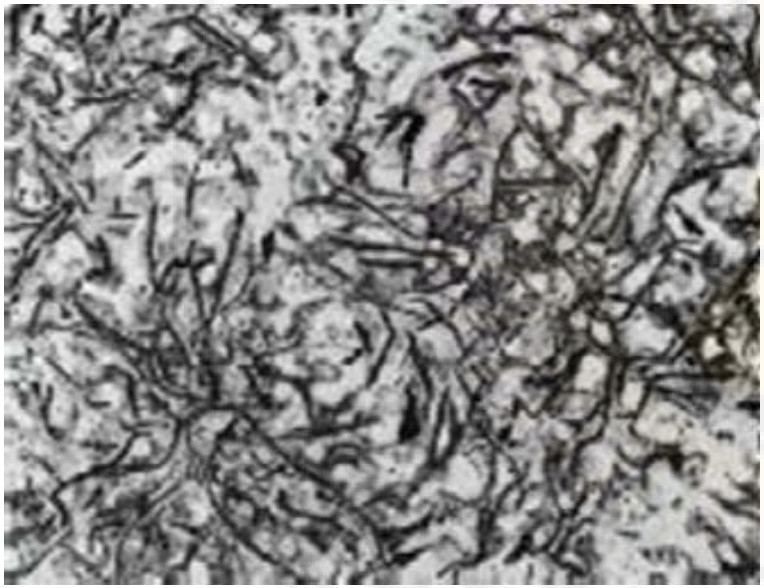
- توقف استخدامها لإنشاء شبكات المياه في العقود الأخيرة
- مازالت موجودة كأجزاء من الشبكات القديمة للأقطار المتوسطة (حتى 600mm)
- المساوئ

1. مقاومتها المنخفضة للصدأ الداخلي والخارجي
   - يؤثر سلباً على نوعية المياه
   - يخفض الغزارة المارة
   - يمكن تحسين المقاومة للصدأ عن طريق تبطين الأنابيب بالمونة الاسمنتية
2. كبر وزنها بسبب سماكة جدرانها

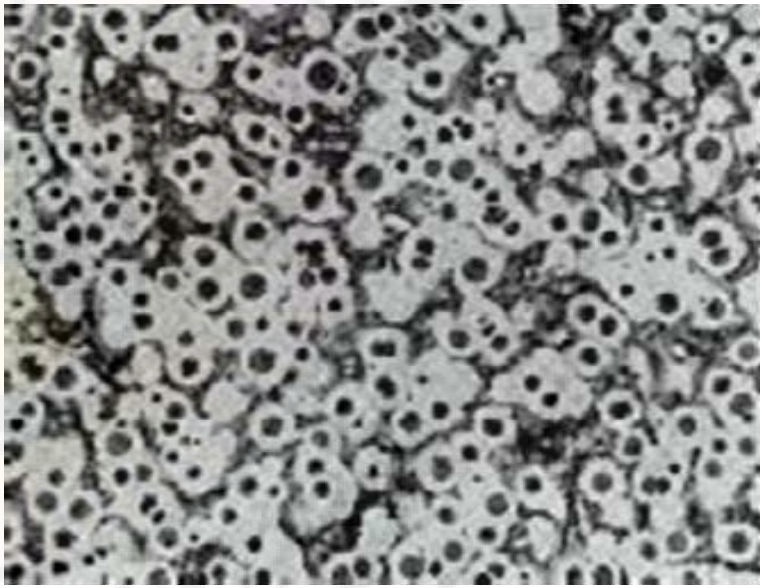
الفونت المرن [DI]

- أنابيب شبه قاسية
- تصنع من خليطة من الحديد والكربون (2-4.5%) والسيليكون (0.5-3.5%) مع تراكيز ضئيلة من المنغنيز والكبريت والفسفور
  - في حديد الصب العادي تتوزع جزيئات الكربون بشكل شفرات
  - في الفونت المرن تتوزع جزيئات الكربون بشكل عقد صغيرة منفصلة
    - مما يزيد من مقاومة الحديد بشكل ملحوظ

- تتحمل الضغوط العالية
- تنتج أنابيب الفونت المرن بشكل عام بأقطار متوسطة (100-500mm)
  - يمكن إنتاجها بأقطار تصل حتى 1500mm
- تنتج بشكل فقرات طول 6 أمتار
- يمكن استخدامها في أي نوع تربة إذا حميت من الصدأ



Grey iron



Ductile iron





- الميزات
1. مقاومة عالية
2. قابلة للتشوه دون أن تنكسر
- المساوئ
1. يمكن أن تتعرض للصدأ بسبب التربة المحيطة إذا لم تتخذ إجراءات مناسبة لحمايتها
   - تستخدم طبقة حماية من مواد اسفلتية
2. يمكن أن يتغير لون المياه وتزداد عكارتها بسبب الصدأ الداخلي
   - يمكن تبطينها بالمونة الاسمنتية لحمايتها



- تبطين أنابيب الفونت

– يبطن السطح الداخلي للأنابيب بمد طبقة من الإسمنت أو البلاستيك أو الإيبوكسي.

– التبطين الإسمنتي هو الأكثر انتشاراً بسبب رخص ثمنه وسهولة تنفيذه.

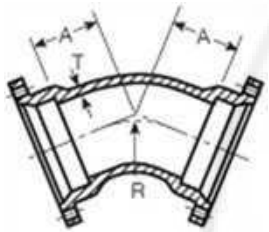
- تمد المونة الإسمنتية على السطح الداخلي للأنبوب باستخدام القوة النابذة
- يفضل تخزين الأنابيب المبطنة بهذه الطريقة في أماكن رطبة لحماية المونة من الجفاف
- تمتاز الأنابيب المبطنة بخواص هيدروليكية جيدة لاتتغير مع التقادم شرط بقاء طبقة البطانة سليمة
- لوحظ في حالات قليلة تقشر البطانة نتيجة تلامسها مع الماء

- عزل أنابيب الفونت
  - تتعرض الأنابيب للتآكل والصدأ الخارجي
    - بتأثير نوعية التربة المحيطة بالأنبوب واحتوائها على مواد أكالة
    - بتأثير نوعية المياه الجوفية المحيطة بالأنبوب ومحتواها من الغازات والأملاح المنحلة
  - يفضل عزل الأنابيب من الخارج
    - طلاؤها من الخارج بطبقة من الإسفلت
      - يفضل حمايتها بطبقة من الخيش لمنع الإسفلت من التشقق
    - تلبيسها من الخارج برقائق PE مصنعة بشكل كيس
    - يمكن طلاء الأنابيب من الخارج بطبقة من الإيبوكسي في حالات خاصة

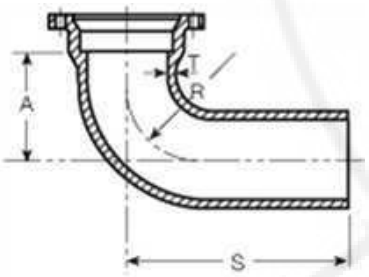




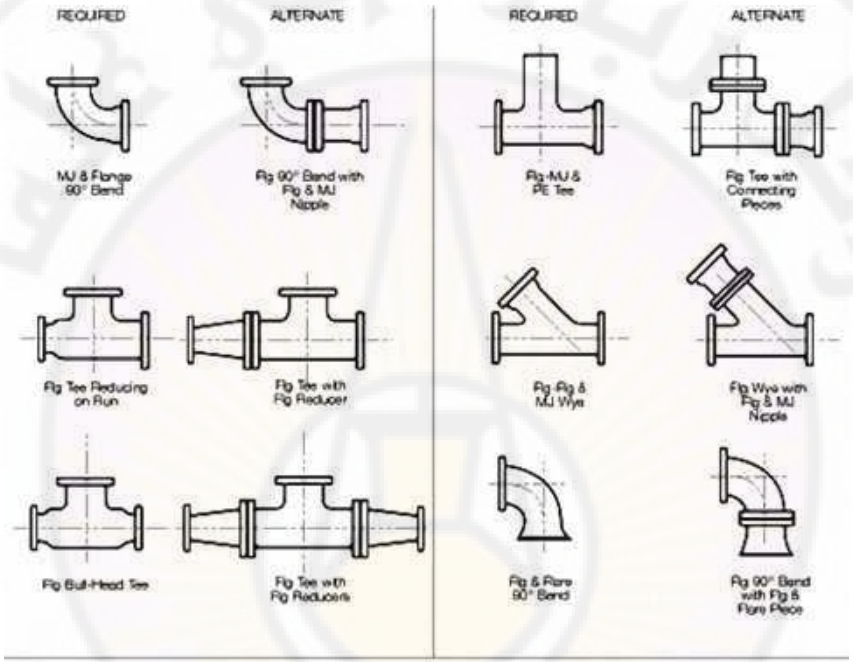

07 07 2011

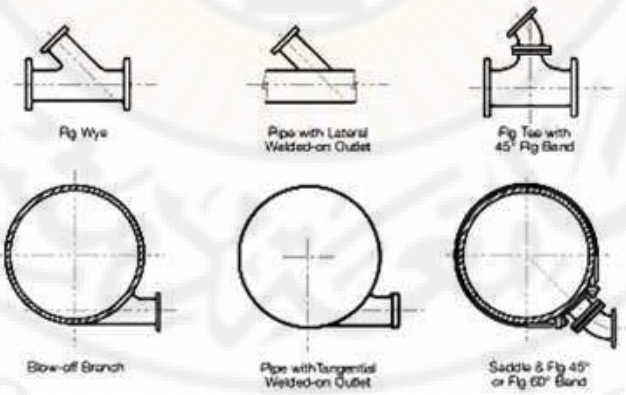


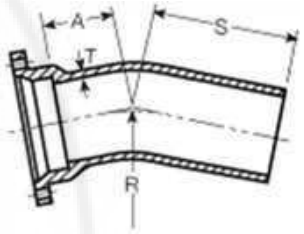
MJ and MJ



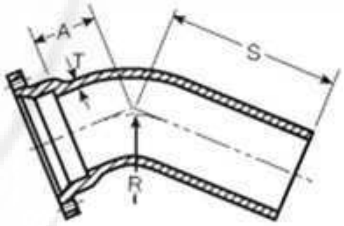
MJ and PE







MJ and PE



MJ and PE

أنابيب شبه قاسية

الأنابيب الفولاذية

- أنابيب شبه قاسية
- تصنع بإحدى طريقتين
  - الأنابيب الملحومة: لحام صفائح فولاذ تلف بشكل أنابيب أو شرائط فولاذية ملفوفة بشكل حلزوني لتشكيل أنبوب (للأقطار الكبيرة)
  - الأنابيب المسحوبة: تسحب بلوكات الفولاذ بشكل أنابيب دون لحام (للأقطار حتى 400mm)

41

PVC-U

- تصنع من البلاستيك الحراري للأقطار 20-400mm
- تنتج الأنابيب بأطوال 6, 12 m
- ينتشر استخدامها في الأماكن حيث يحد وجود التربة الأكالة أو حركة التربة من استخدام بقية أنواع الأنابيب
- يتم استبدالها بشكل متزايد بأنابيب PE

42

الأنابيب الفولاذية

- أنابيب شبه قاسية
- تصنع بإحدى طريقتين

– الأنابيب الملحومة: لحام صفائح فولاذ تلف بشكل أنابيب أو شرائط فولاذية ملفوفة بشكل حلزوني لتشكيل أنبوب (للأقطار الكبيرة)

– الأنابيب المسحوبة: تسحب بلوكات الفولاذ بشكل أنابيب دون لحام (للأقطار حتى 400mm)



welding of steel strides



welding fee steel plates

- الميزات

1. المقاومة والمرونة العاليتين
   - تسمح بمد الأنابيب ضمن شروط الحمولات الكبيرة، وحركة التربة
2. أخف وزناً من أنابيب الفونت المرن والأنابيب الخرسانية
3. يمكن إنتاجها بأطوال كبيرة
4. موثوقيتها العالية لنقل المياه بسبب قلة الأعطال
5. سهولة أعمال الصيانة
6. إمكانية وصل الأنابيب في الأماكن الضيقة

- المساوئ

1. حساسيتها للصدأ
   - يجب تأمين طبقة حماية داخلية وخارجية للأنابيب والوصلات
   - تستخدم أيضاً الحماية المهبطية
2. يمكن أن تتعرض للتشوه والانضغاط عند تعرضها لحمولات خارجية كبيرة

- استخدامها:
  - الحاجة لأنابيب خفيفة الوزن وبمقاومة عالية
  - تعرض الأنابيب لاهتزازات شديدة، كما هو الحال في محطات الضخ
  - ضمن الخزانات والأبنية السكنية ومحطات تنقية المياه
  - في الترب غير الأكالة

- تبطين وعزل أنابيب الفولاذ:

– يمكن غلفنة الأنابيب الفولاذية بطلائها بطبقة من الزنك من الداخل والخارج (أنابيب مزيبقة)
  - لحام الأنابيب يؤدي إلى تلف طبقة الغلفنة في منطقة الوصل

– يمكن تبطين الأنابيب باستخدام طبقة من المونة الاسمنتية
  - العزل الخارجي عرضة للتقشر خلال تنفيذ الشبكات

– يمكن عزل أنابيب الفولاذ بطبقة من القطران أو الإسفلت لحمايتها من الصدأ الخارجي.
  - يفضل لف الأنابيب خلال عزلها بطبقة من الخيش لمنع تشقق طبقة العزل.

– انتشر مؤخراً العزل باستخدام PE






www.LibertyMIC.com

PVC-U

- تصنع من البلاستيك الحراري للأقطار 20-400mm
- تنتج الأنابيب بأطوال 6, 12 m
- ينتشر استخدامها في الأماكن حيث يحد وجود الترب الأكالة أو حركة التربة من استخدام بقية أنواع الأنابيب
- يتم استبدالها بشكل متزايد بأنابيب PE







- الميزات

1. تصنع بأبعاد وأقطار دقيقة
2. مقاومة جيدة للتآكل
   - يتحمل pH=2-12
   - لايحتاج إلى حماية ضد الصدأ
3. خفة الوزن ($1400\ kg/m^3$)
4. نعومة عالية $k=0.007\ mm$
5. تصنع بأطوال كبيرة
6. انخفاض كلفة التركيب

- المساوئ

1. انخفاض مقاومتها في درجات الحرارة المنخفضة وتعرضها للسيلان في درجات الحرارة المرتفعة
   - تصبح الأنابيب هشة في درجات الحرارة المنخفضة خصوصاً في الدرجات $t<0°C$
2. تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية
3. تنخفض مقاومته مع الزمن
4. يمكن أن تتعرض الأنابيب ذات الأطوال الكبيرة للإنحناء
5. يجب الانتباه إلى طبقة أساس الأنبوب بحيث لاتحوي على حجارة أو كتل قاسية

6. يجب رص تربة الردم خصوصاً على جوانب الأنبوب بشكل جيد
7. لاتصنع بأقطار أكبر من 600mm
8. لاتستخدم للضغوط الكبيرة بسبب احتمال تشكل شقوق طولية قد تؤدي لتمزق الأنابيب
9. قد تظهر مشاكل تلوث مياه إذا مدت في أراضي حاوية على ملوثات عضوية (زيوت، بنزين،...) لفترات طويلة
   - بسبب نفوذية الأنابيب لهذه المواد

الأنابيب المرنة

PE

- أنابيب مرنة
- تصنع من بوليمرات بلاستيكية
- تصنع الأنابيب بشكل فقرات أطوالها 5, 6, 12 m
- يمكن صنع لفات بطول 100 m للأقطار الصغيرة حتى قطر 125mm كون المادة مرنة وقابلة للف
- الأنابيب خفيفة كثافتها 0.9-1.0 t/m^3

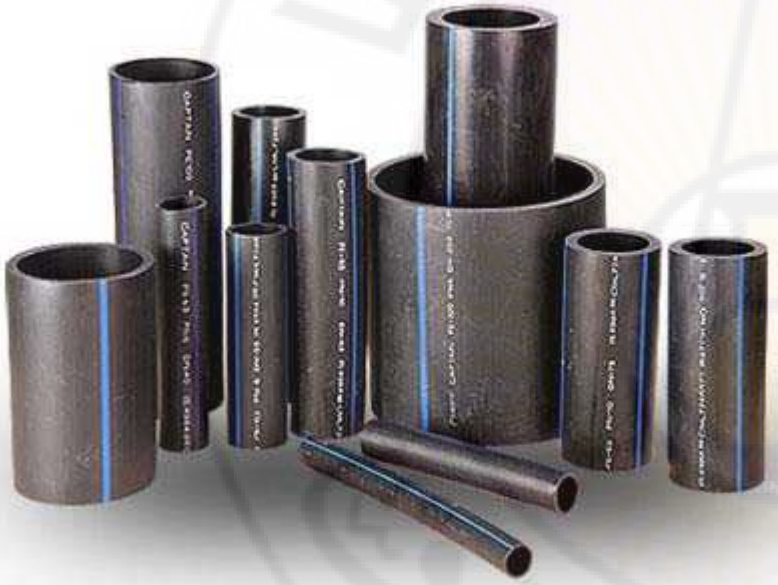
GRP

- أنابيب مرنة
- مزيج من ثلاث مركبات
  - ريزين بلاستيكي
  - ألياف زجاجية
  - رمل (يستخدم كمادة مالئة لزيادة سماكة الجدران)
- تصنع بأقطار كبيرة (أكثر من 600mm)
- تستخدم أساساً لأنابيب نقل المياه

PE

- أنابيب مرنة
- تصنع من بوليمرات بلاستيكية
- تصنع الأنابيب بشكل فقرات أطوالها 5, 6, 12 m
- يمكن صنع لفات بطول 100 m للأقطار الصغيرة حتى قطر 125mm كون المادة مرنة وقابلة للف
- الأنابيب خفيفة كثافتها 0.9-1.0 t/m^3

- توجد حسب درجات التطور ثلاثة أشكال من PE
  - LDPE –
    - PE65
    - استخدمت لوصلات الخدمة حتى قطر 50mm
  - MDPE –
    - PE80
    - تصنع بأقطار حتى 200mm
  - HDPE –
    - PE100 الأكثر استخداماً في وقتنا الراهن وتصنع بأقطار كبيرة أكبر من 800mm





HDPE Pipes

- الميزات:

1. مقاومة عالية للتشقق الناتج عن التعب
2. أداء جيد ضمن درجات الحرارة الحدية
3. نعومة عالية
4. غير قابلة للصدأ
5. مقاومة عالية للحموض
6. مرونة عالية
   - لاتحتاج إلى أكواع عند تغيير الاتجاه

7. قابلية جيدة للحام
8. مقاومة عالية للضغوط المرتفعة

- المساوئ

1. حساسة للزيوت والشحوم
2. يمكن أن تنحل بالبنزين ضمن درجات حرارة معينة
3. تعب مناطق اللحام قد يؤدي إلى نفاذيتها للماء بعد فترة من الزمن
4. يجب إخذ إجراءات خاصة عند استخدام الوصلات الميكانيكية
5. لاتتأثر بأشعة الشمس

GRP

- أنابيب مرنة
- مزيج من ثلاث مركبات
  - ريزين بلاستيكي
  - ألياف زجاجية
  - رمل (يستخدم كمادة مالئة لزيادة سماكة الجدران)
  - تصنع بأقطار كبيرة (أكثر من 600mm)
  - تستخدم أساساً لأنابيب نقل المياه





- مقارنة مع أنابيب الفولاذ والخرسانة تملك الميزات التالية
  1. أخف وزناً
  2. أكثر مرونة
  3. مقاومة عالية للتآكل
  4. نعومة عالية k=0.01 mm
  5. يمكن استخدامها لنقل المواد الكيميائية، والمياه الأكالة وفي الترب الأكالة
- مادة مطورة حديثة لذا لاتوجد معلومات كافية عن أدائها

وصل الأنابيب

- تصنف الوصلات بشكل مشابه للأنابيب إلى صنفين
  - قاسية
    - تنقل القوى المحورية
  - مرنة
    - لاتنقل القوى المحورية، وتنفك الوصلة في حال وجود قوى محورية
- يمكن إكساب خطوط الأنابيب المشكلة من أنابيب قاسية مرونة باستخدام وصلات مرنة
- يمكن لحام الأنابيب المرنة من أجل تأمين وصلات كتيمة

تصنيف الوصلات

الوصلات القاسية



الوصلات المرنة



- تصنف الوصلات بشكل مشابه للأنابيب إلى صنفين
  - قاسية
    - تنقل القوى المحورية
  - مرنة
    - لاتنقل القوى المحورية، وتنفك الوصلة في حال وجود قوى محورية
- يمكن إكساب خطوط الأنابيب المشكلة من أنابيب قاسية مرونة باستخدام وصلات مرنة
- يمكن لحام الأنابيب المرنة من أجل تأمين وصلات كتيمة

تصنيف الوصلات





الوصلات القاسية

الوصل باللحام

- وصلة قاسية
- تستخدم أساساً لوصل أنابيب الفولاذ وأنابيب PE
- من أجل أنابيب الفولاذ بأقطار أكبر من 600mm:
  - أرخص أشكال الوصل
  - قوية كفاية لتحمل ضغوط مياه عالية والانحراف الطولي للمسار
  - يجب تركيب قطعة خاصة من أجل أي تغير في الاتجاه

الوصل بفلنجات



- وصلة قاسية
- يشكل رأس وذيل الأنبوب بشكل صفيحة معدنية مثقبة (فلنجة)
- يتعلق قطر الفلنجة وسماكتها، عدد البراغي وأقطارها بالإجهاد المطبق ضمن الأنابيب
- يمكن أن تكون الفلنجة جزءاً من الأنبوب، ويمكن أن تثبت عليه باللحام أو بوصلة بسن

الوصل باللحام

- وصلة قاسية
- تستخدم أساساً لوصل أنابيب الفولاذ وأنابيب PE
- من أجل أنابيب الفولاذ بأقطار أكبر من 600mm:
  - أرخص أشكال الوصل
  - قوية كفاية لتحمل ضغوط مياه عالية والانحراف الطولي للمسار
  - يجب تركيب قطعة خاصة من أجل أي تغير في الاتجاه





Welding of steel pipes

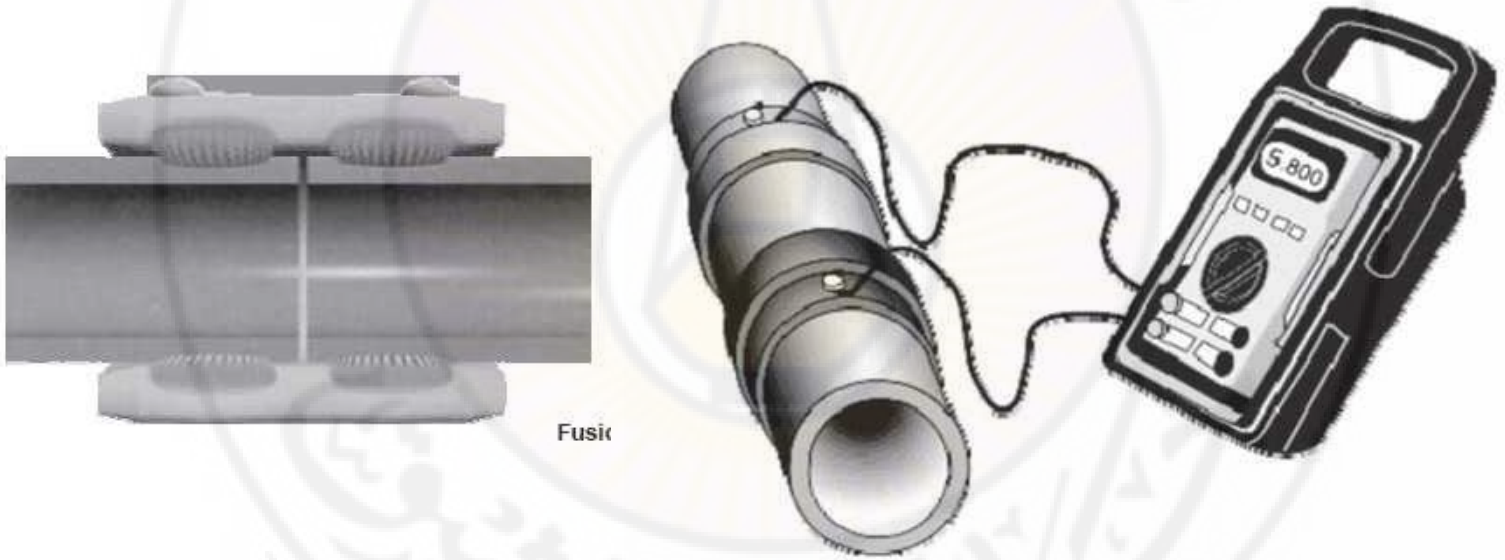
- يتم لحام أنابيب PE باستخدام:
  - اللحام الحراري والضغط
  - اللحام الحراري الكهربائي
- يمكن لحام أنابيب PE
  - قبل وضعها في الخندق
  - يمكن لحام أنبوبين من كثافتين مختلفتين





Fusion welding of PE pipes

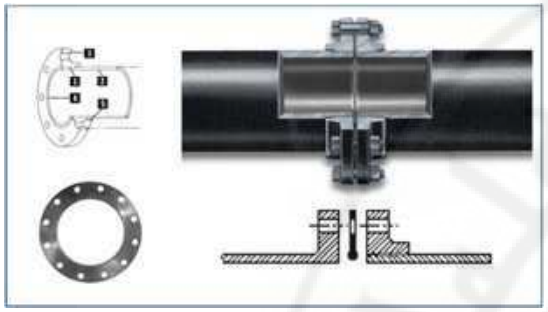
اللحام الحراري



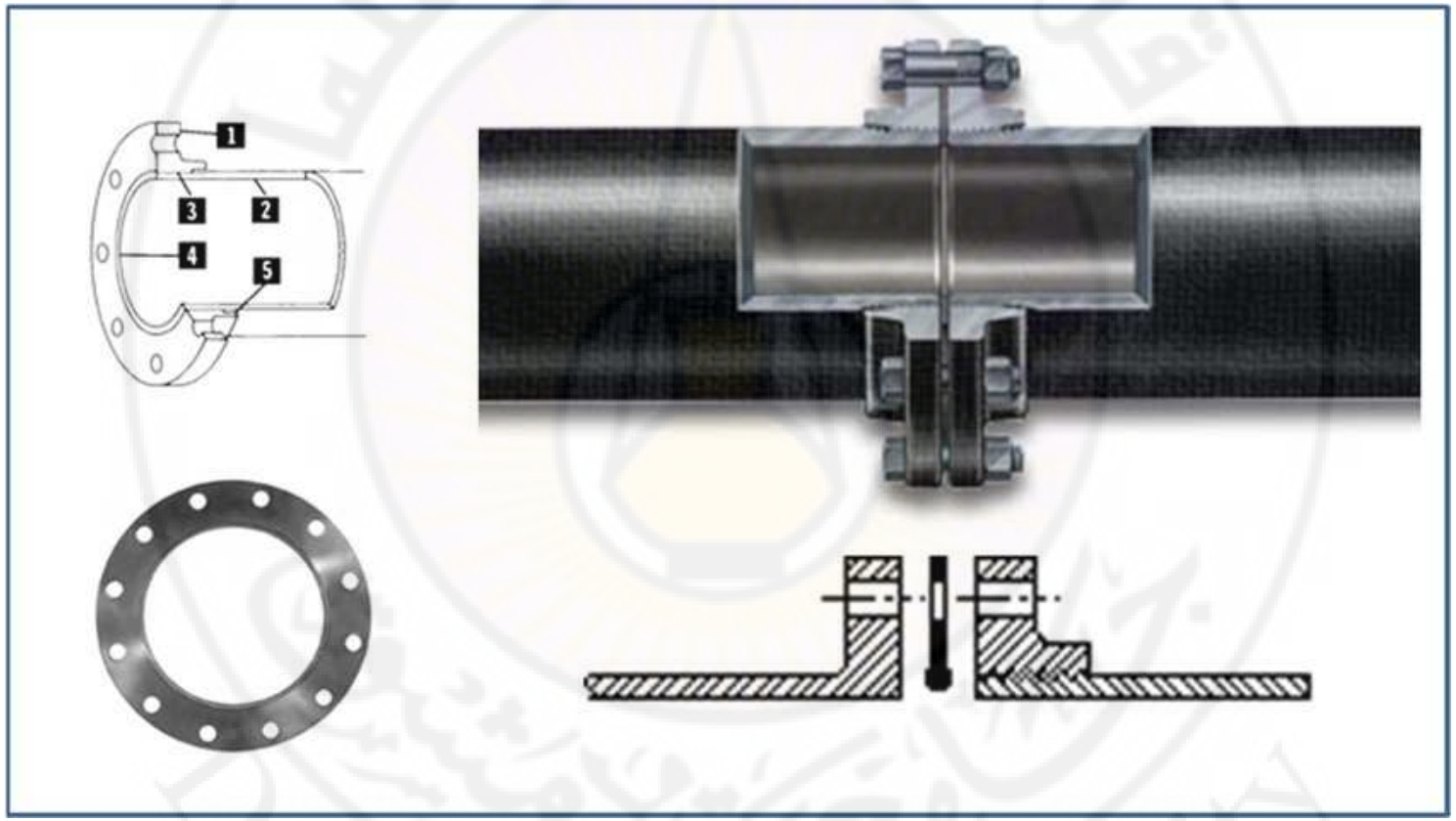
Electro-fusion welding of PE pipes

اللحام الحراري الكهربائي

الوصل بفلنجات



- وصلة قاسية
- يشكل رأس وذيل الأنبوب بشكل صفيحة معدنية مثقبة (فلنجة)
- يتعلق قطر الفلنجة وسماكتها، عدد البراغي وأقطارها بالإجهاد المطبق ضمن الأنابيب
- يمكن أن تكون الفلنجة جزءاً من الأنبوب، ويمكن أن تثبت عليه باللحام أو بوصلة بسن


1
2
3
4
5

- طريقة الوصل:
  - توضع نهايات الأنابيب خلف بعضها بحيث تتواجه الفلنجات
  - يجب أن تكون الوجوه المتقابلة للفلنجات ناعمة تماماً لتأمين كتامة جيدة ضد الماء
  - يوضع بين كل فلنجتين متقابلتين قرص تكتيم رقيق لزيادة الكتامة
  - تجمع الفلنجات المتقابلة بالبراغي
- يصنع قرص التكتيم من المطاط الطبيعي أو الصنعي

- يستخدم الوصل بفلنجات لأنابيب الفولاذ ، CI, DI
- يمكن استخدامه أيضاً لوصل أنابيب PE
- تمتاز الوصلة بالتالي

1. مقاومة عالية للقوى المحورية ولعزوم الانعطاف
2. يجب أن تكون محاور قطع الأنابيب المتتالية على استقامة واحدة ولاتسمح هذه الوصلة بأي انحراف
3. يتم تغيير اتجاه الأنابيب باستخدام القطع الملحقة الخاصة
4. لايؤدي هبوط الأنابيب إلى انفصال الوصلة وقد يؤدي إلى تأذي الأنبوب نفسه

- يمكن استخدامها في الحالات التالية

– تستخدم أساساً لوصل الأنابيب القاسية حيث يطلب فك سهل وسريع للأنابيب
  - محطات الضخ، غرف الوصل، الصمامات

– وصل الأنابيب المعرضة لضغوط عالية جداً

– في المنحدرات كبيرة الميل خاصة إن كانت الأنابيب مكشوفة أو لايمكن إنشاء مساند



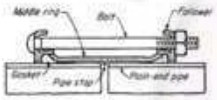


الوصلات المرنة

وصلة رأس وذيل

- وصلة مرنة
- تستخدم حيث يطلب السماح بانحراف محاور الأنابيب الموصولة
- وصف الوصلة
  - يشكل أحد طرفي الأنبوب بشكل جرس منفوخ يسمى رأس
  - يبقى الطرف الأخر للأنبوب دون تشكيل ويسمى ذيل
- طورت هذه الطريقة حالياً وأصبح لها العديد من الأشكال
  - شمل التطوير طريقة الوصل ومواد ملء الفراغ بين الرأس والذيل

وصلة جيبولت



- وصف الوصلة:
  - حلقة وسطية
  - حلقتان مطاطيتان
  - حلقتان معدنيتان طرفيتان متقبتان
- طريقة الوصل:
  - تدخل الحلقتان المعدنيتان الطرفيتان إلى نهايتي الأنبوبين
  - تدخل الحلقتان المطاطيتان إلى طرفي الأنبوبين
  - تدخل كل من نهايتي الأنبوبين ضمن الحلقة المعدنية الوسطية
  - تقرب الحلقتان المعدنيتان الطرفيتان إلى الحلقة الوسطية فتحصر بينها الحلقتين المطاطيتين
  - تشد الحلقتان الطرفيتان إلى بعضهما بالبراغي فتتشكل وصلة كتيمة

وصلات الفك Dismantling joints

- عبارة عن وصلة متغيرة الطول تركب على أنابيب المياه تتألف من ثلاثة أجزاء:
  - يثبت الجزءان الطرفيان على أنابيب الشبكة
  - يسمح الجزء الوسطي بتعديل المسافة بين الجزئين مع الحفاظ على الكتامة

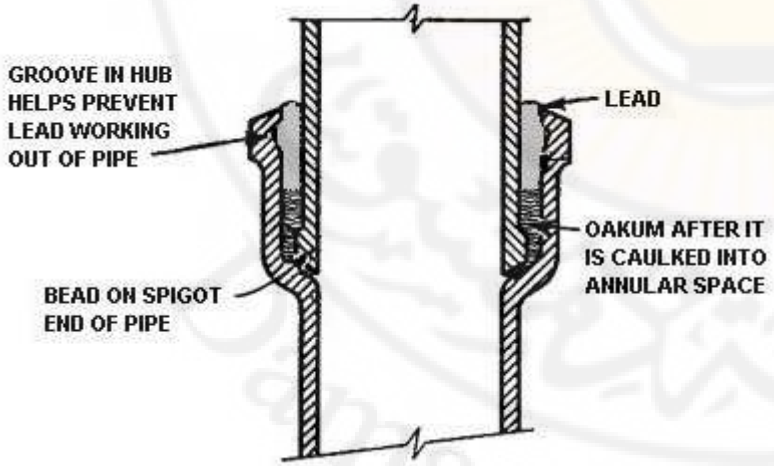


- تعد عنصراً هاماً من أجل تأمين الفراغ الكافي على أنابيب المياه لتركيب وإزالة الصمامات والمضخات وملحقات الشبكة

وصلة رأس وذيل

- وصلة مرنة
- تستخدم حيث يطلب السماح بانحراف محاور الأنابيب الموصولة
- وصف الوصلة
  - يشكل أحد طرفي الأنبوب بشكل جرس منفوخ يسمى رأس
  - يبقى الطرف الآخر للأنبوب دون تشكيل ويسمى ذيل
- طورت هذه الطريقة حالياً وأصبح لها العديد من الأشكال
  - شمل التطوير طريقة الوصل ومواد ملء الفراغ بين الرأس والذيل

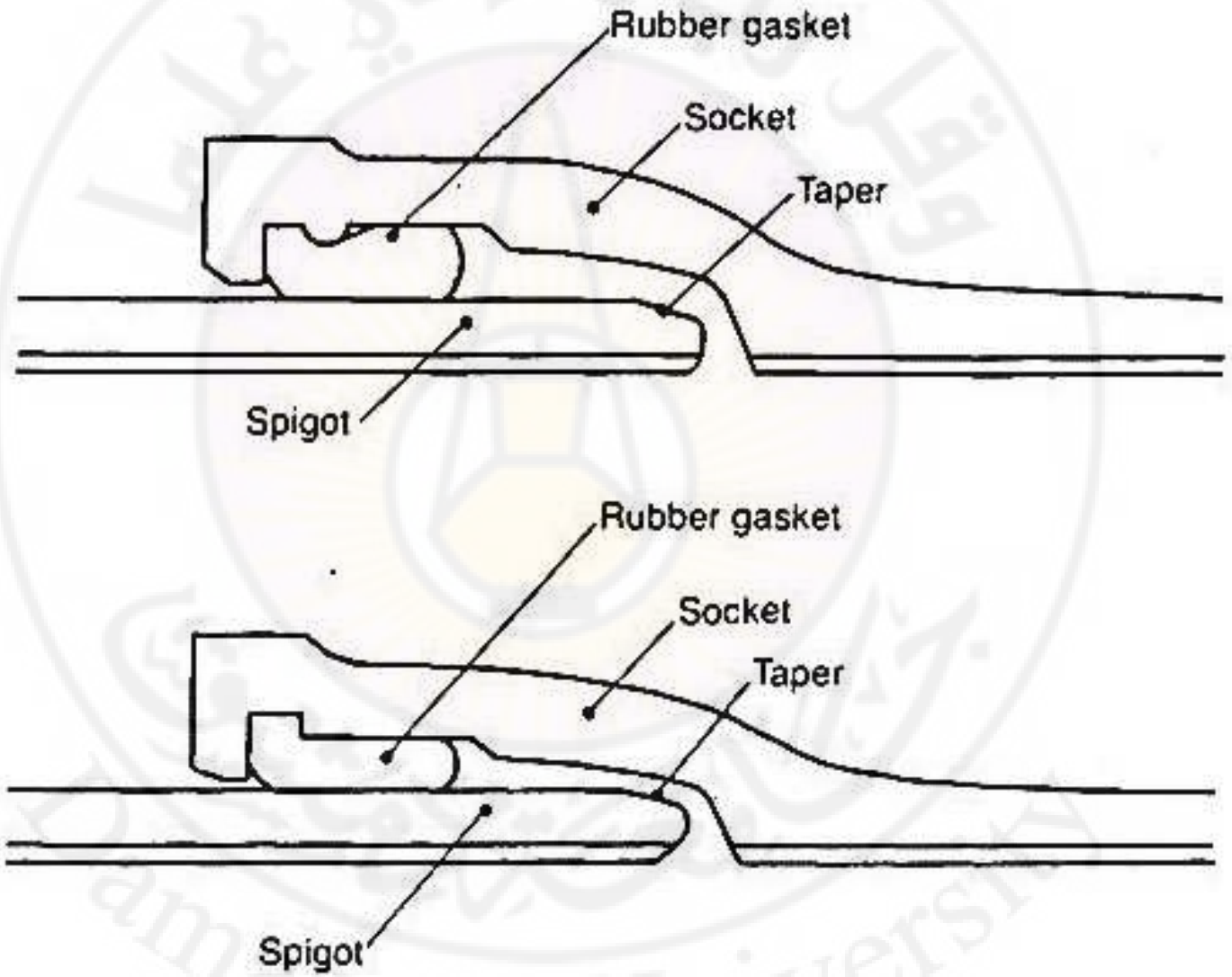
- وصلة الرصاص المصهور
  - استخدمت سابقاً في وصل أنابيب حديد الصب
    - استخدم الكتان المقطرن أو الاسبستوس كمادة تكتيم للوصلة
    - يملأ الفراغ المتبقي باستخدام الرصاص المصهور من أجل تماسك الوصلة





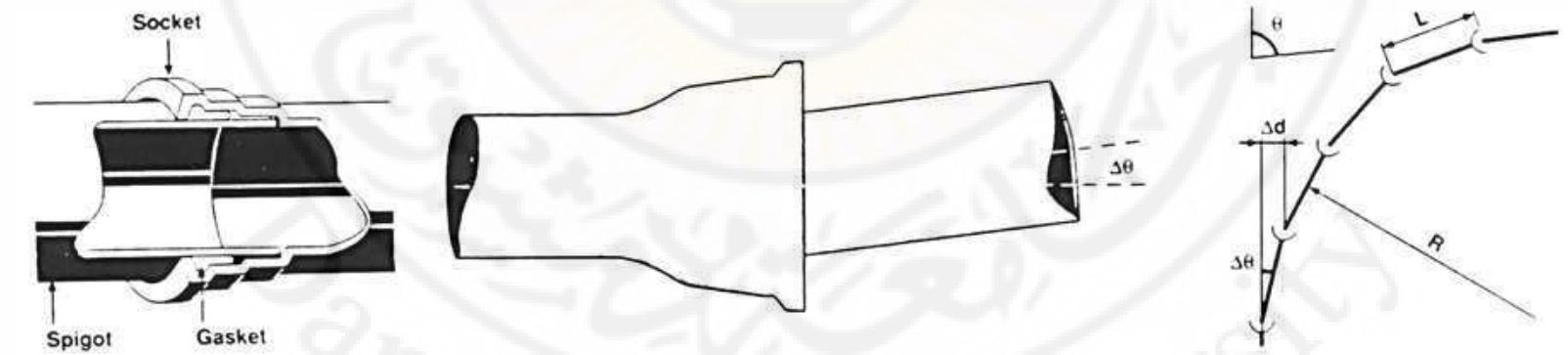
- وصلة التدكيك Push-on
  - تتألف الوصلة من:
    - مانعة مطاطية توضع ضمن أخدود مشكل ضمن رأس الأنبوب
    - تدهن بزيت خاص ويدفع رأس الأنبوب التالي ضمنها فيضغط المانعة ويشكل وصلة كتيمة وموثوقة
  - وصل الأنابيب بهذه الطريقة سهل وسريع
  - تستخدم لوصل أنابيب الخرسانة مسبقة الإجهاد، DI، PVC، GRP
  - تسمح هذه الوصلة بانحراف الأنابيب بحدود 1°-5° حسب مادة الأنبوب
- الوصلة الأكثر انتشاراً في إنشاء شبكات المياه




Rubber gasket
Socket
Taper
Spigot
Rubber gasket
Socket
Taper
Spigot

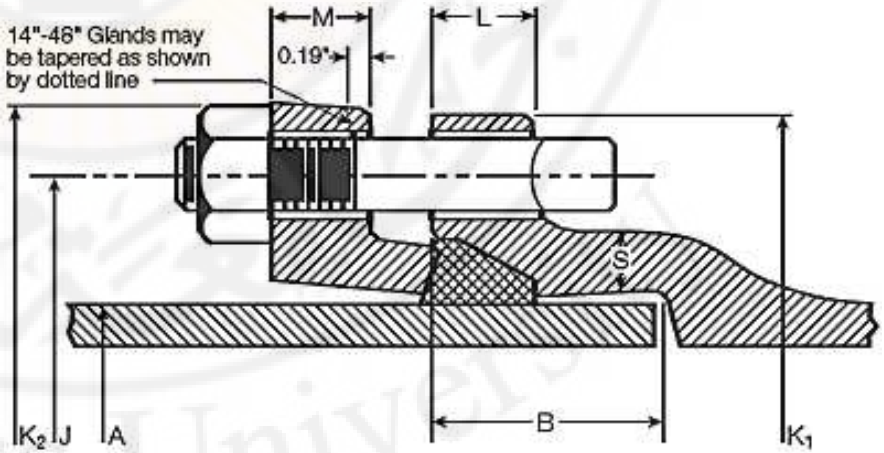
- ميزاتها:

1. أبسط أنواع الوصلات وأسرعها إنجازاً
2. تسمح الوصلة بانحراف محوري الفقرتين المتتاليتين بحدود -3° 5° وذلك حسب قطر الأنبوب دون استخدام قطع ملحقة

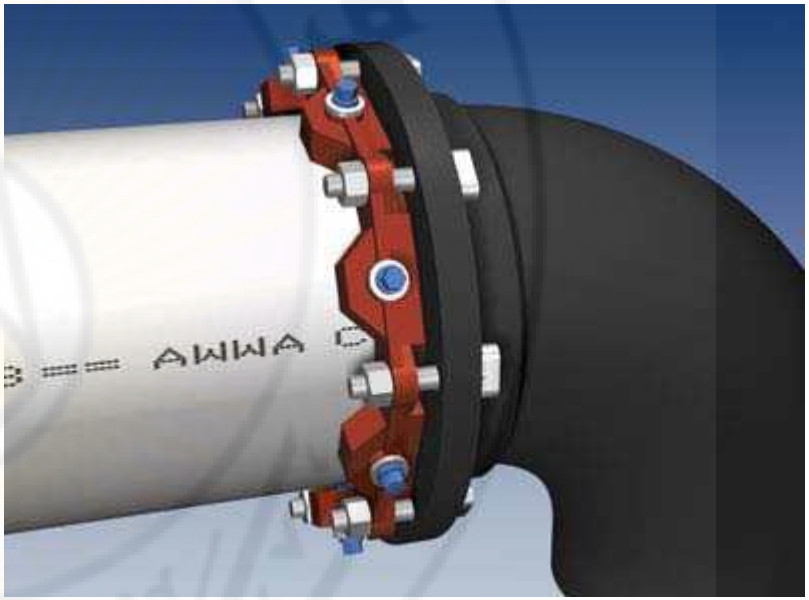


- الوصلة الميكانيكية
  - تحتاج هذه الوصلة إلى تشكيل رأس الأنبوب بشكل جرس
  - يتم ضغط الحلقة المطاطية ضمن فراغ رأس الأنبوب الأول وذيل الأنبوب التالي باستخدام حلقة معدنية تثبت إلى الرأس بالبراغي
  - لاتتحمل هذه الوصلة قوى محورية
  - تسمح بانحراف محاور الأنابيب المتتالية بحدود 4°-6°
  - تستخدم لوصل أنابيب DI، AC، والأنابيب الفولاذية






ELECTROSTEEL

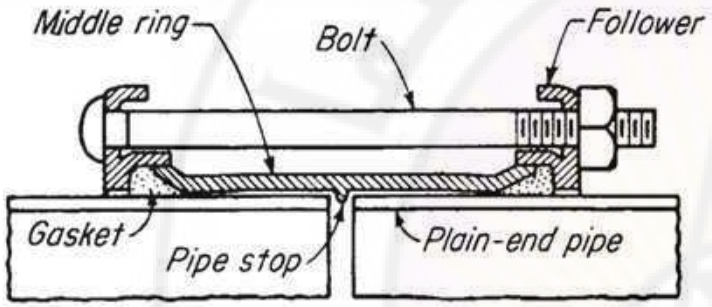

AWWA

- ميزاتها:

1. تسمح بحركة عدة سنتيمترات للأنابيب دون تأثرها
   - التمدد والتقلص الحراري على سبيل المثال
2. تسمح بانحراف محوري فقرتين متتاليتين بشكل مشابه لوصلة رأس وذيل

- يقتصر استخدام هذه الوصلة عملياً على تركيب القطع الملحقة

وصلة جيبولت



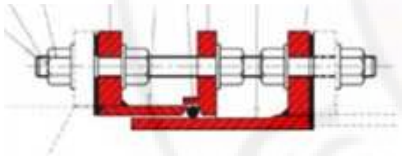
- وصف الوصلة:
  - حلقة وسطية
  - حلقتان مطاطيتان
  - حلقتان معدنيتان طرفيتان مثقبتان
- طريقة الوصل:
  - تدخل الحلقتان المعدنيتان الطرفيتان إلى نهايتي الأنبوبين
  - تدخل الحلقتان المطاطيتان إلى طرفي الأنبوبين
  - تدخل كل من نهايتي الأنبوبين ضمن الحلقة المعدنية الوسطية
  - تقرب الحلقتان المعدنيتان الطرفيتان إلى الحلقة الوسطية فتحصر بينها الحلقتين المطاطيتين
  - تشد الحلقتان الطرفيتان إلى بعضهما بالبراغي فتتشكل وصلة كتيمة



- استخداماتها:
  - تعد من الوصلات ذات الاستعمال الخاص
  - تستخدم في وصل الأنابيب غير المشكلة الرؤوس
  - كما يمكن أن تستخدم في وصل أنبوبين من مادتين مختلفتين
  - يمكن استخدامها عند استبدال قطعة من أنبوب خلال أعمال صيانة الشبكة

وصلات الفك Dismantling joints

- عبارة عن وصلة متغيرة الطول تركب على أنابيب المياه تتألف من ثلاثة أجزاء:
  - يثبت الجزءان الطرفيان على أنابيب الشبكة
  - يسمح الجزء الوسطي بتعديل المسافة بين الجزئين مع الحفاظ على الكتامة



- تعد عنصراً هاماً من أجل تأمين الفراغ الكافي على أنابيب المياه لتركيب وإزالة الصمامات والمضخات وملحقات الشبكة

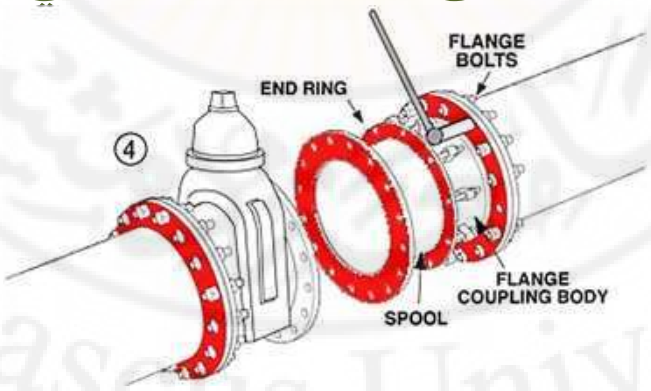


- تركيب الوصلة

– يجب أن يكون الفراغ المخصص لتركيب الصمام على أنبوب الشبكة أكبر قليلاً من أبعاد الصمام بحيث يسمح بحرية الحركة

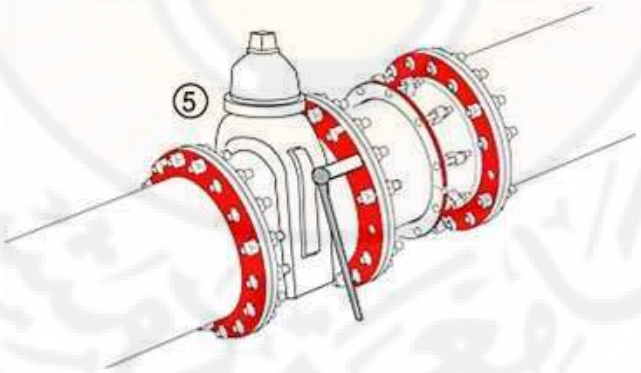
– يثبت طرف الصمام الأول على أنبوب الشبكة في طرف الفراغ الأول

– يثبت طرف الوصلة على أنبوب الشبكة في الطرف الثاني للفراغ

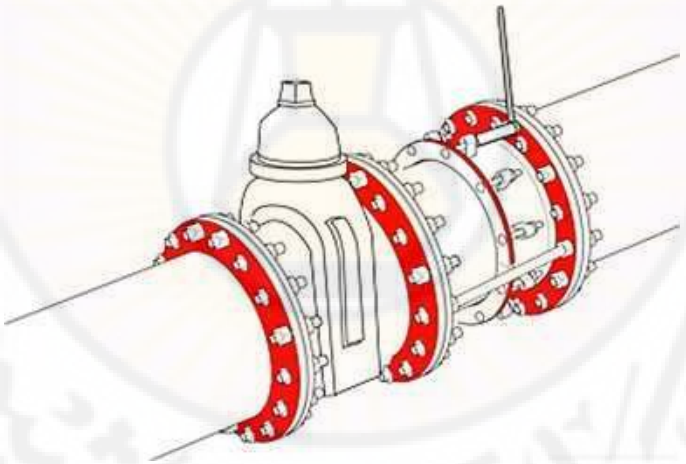


– يعدل طول الوصلة بحيث يثبت طرفها الثاني على الطرف الثاني للصمام بحيث يغلق الفراغ تماماً

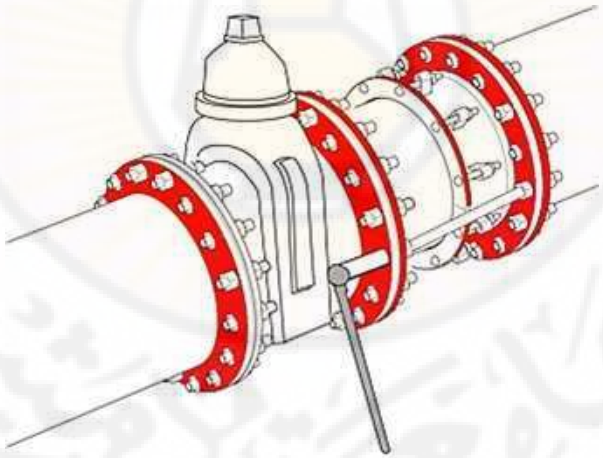
– يثبت الجزء المتحرك من الوصلة لإحكام الكتامة



– يثبت الجزء المتحرك من الوصلة لإحكام الكتامة



– تثبت أجزاء الوصلة إلى بعضها



- يكرر نفس العمل بشكل معكوس عند الرغبة بفك الصمام
- يمكن استخدام وصلة الفك لتركيب المضخات إلى خط السحب المثبت ضمن جدار الخزان