

## المحاضرة الأولى

### اساسيات في هندسة الصرف الصحي

لقد حاول الإنسان ومنذ أ قدم العصور التخلص من المياه الملوثة بطرق مختلفة ومن أنجح الطرق كانت ولا تزال نقل هذه السوائل بواسطة شبكة من الأنابيب بعيدا عن المناطق السكنية المأهولة إلى الأنهار والوديان القريبة فلقد دلت الحفريات في مصر على وجود أقنية لتصريف المياه الملوثة من (٢٥٠٠ عام) قبل الميلاد كما نفذت مثل هذه الأقنية في روما والهند. إن انتشار شبكات الصرف الصحي كان له جوانبه السلبية تجلت في تلوث الأنهار شيئا فشيئا الأمر الذي أدى إلى غياب رونق المياه وتموت الأسماك هذا الأمر وأمور أخرى استوجب معالجة المياه قبل صرفها إلى الطبيعية أو إعادة استخدامها (سواء في الري أو استخدامات أخرى).

### الهندسة صحية

**تعريف الهندسة الصحية** علم تطبيقي يهدف بالدرجة الأولى إلى تأمين مياه الشرب بالنوعية والكمية المناسبة وفي كل الأوقات وإلى صرف المخلفات السائلة الناتجة عن التجمعات السكانية ومعالجتها في محطات معالجة ليتم طرحها الى البيئة دون ضرر. وفقا لهذا التعريف تقسم الهندسة الصحية إلى :

### أولاً: هندسة إمداد مياه الشرب

وهي مجموعة المنشآت الهندسية اللازمة لتأمين المياه بالكمية والنوعية اللازمة وهي:

١- منشأة المآخذ

٢- محطة التنقية

٣- خطوط جر المياه ومنشآت التخزين

٤- شبكات توزيع المياه الخارجية

٥- شبكات توزيع المياه الداخلية

### ثانياً : هندسة الصرف الصحي :

وهي مجموعة المنشآت الهندسية اللازمة لنقل مياه الصرف الصحي إلى خارج التجمعات السكانية ومعالجتها

وهي :

١- شبكات الصرف الصحي الداخلية

٢- شبكات الصرف الصحي الخارجية

٣- محطات معالجة مياه الصرف الصحي .

### مفاهيم أساسية و تعاريف في الصرف الصحي

## . المخلفات السائلة :

تعرف المخلفات السائلة بأنها المياه الناتجة عن النشاطات البشرية المختلفة والمتنوعة في التجمع السكاني ، كما تسمى بالمخلفات السائلة تلك المياه التي تسيل على الساحات والطرق في المدن نتيجة تساقط الأمطار وذوبان الثلوج .

تقسم المخلفات السائلة حسب مصدر نشوؤها إلى:

### أ. المخلفات السائلة المنزلية :

وهي المياه الناتجة عن المطابخ والمراحيض والحمامات وغسيل الملابس وشطف المباني، تنشأ هذه المخلفات في المباني السكنية والإدارية والعامّة أو في مباني الخدمات الملحقة في المعامل والمصانع وتحتوي هذه المياه بشكل رئيسي على مخلفات الإنسان وبقايا النشاء والصابون والسكر والأملاح والأتربة، تسمى هذه المخلفات أيضاً ( مياه صرف صحي منزلية )

### ب . المخلفات السائلة الصناعية :

وهي المياه الناتجة عن عملية التصنيع في الصناعات المختلفة للأغراض الإنتاجية وتختلف كمية ونوعية المياه الناتجة حسب نوع الصناعة ، تسمى هذه المخلفات أيضاً ( مياه صرف صحي صناعية )

### ج . مياه الأمطار :

تتشكل نتيجة جريان المياه الساقطة على شكل أمطار وثلوج على أسطح المباني وعلى الشوارع والساحات ( مياه مطرية )

د- مياه الصرف الصحي الزراعية : وهي المياه الناتجة عن التربية المكثفة للحيوانات مثل (تربية الابقار ، الخنازير ، الخيول ) .

خواص وتركيب المخلفات السائلة : ( مياه الصرف الصحي):

### المياه المنزلية :

فيزيائياً: مياه الصرف الصحي المنزلية الحديثة ذات لون بني فاتح (أوبني مائل إلى الصفار) ذو رائحة ضعيفة غير منفرة .

أما مياه الصرف الصحي التي مر عليها زمن طويل فلها لون بني غامق ورائحتها كريهة.

جرثومياً: تحتوي على الملايين من البكتيريا سواء الممرضة أو غير الممرضة وعلى العديد من الكائنات المجهرية وبيوض الديدان .

كيميائياً: درجة الـ PH للمياه حديثة النشوء تتراوح بين (٧,٥-٦,٥) وتحتوي على نسبة من الاوكسجين المنحل.

تركيب مياه الصرف الصحي المنزلية :

تتكون مياه الصرف الصحي المنزلية من 99,9% ماء و 0,1% ملوثات . بالإضافة للمواد الكبيرة والتي تلتقى عبثاً في الأجهزة الصحية (مثل بقايا الأقمشة ،أخشاب ،كرتون ،قشور خضار وفواكه ،ورق ) تحتوي مياه الصرف الصحي المنزلية على مواد عالقة ومواد منحلة ، هذه المواد تكون ذات منشأ عضوي أو ذات منشأ معدني . إضافة الى عدد كبير جداً من الكائنات الحية الدقيقة .

الملوثات ذات المنشأ المعدني مثل المواد الغضارية والرملية ناتجة عن التنظيف بالإضافة إلى الأملاح المنحلة (كملح الطعام) وليس لهذه الملوثات دور كبير في مياه الصرف الصحي أما الملوثات العضوية هي مركبات قابلة للتفكك مثل بقايا الطعام ومخلفات الإنسان بالإضافة إلى مركبات الأزوت والفسفور فتشكل مصدر لتلوث مياه الصرف الصحي . إن نسب توزيع هذه الملوثات في وحدة الحجم من مياه الرف المنزلية تختلف من بلد لآخر وذلك متعلق بطبيعة المجتمع وبطبيعة الغذاء .

### تركيب مياه الصرف الصناعية :

تختلف مكونات وخواص مياه الصرف الصناعي حسب نوع الصناعة وضمن الصناعة الواحدة وذلك تبعاً للمادة المستعملة في التصنيع ونوع التكنولوجيا المستخدمة فقد تكون هذه المياه ملوثة عضوياً أو معدنياً أو الاثنين معاً وقد تحوي المياه الصناعية على مواد كيميائية سامة أو ضارة بالكائنات الحية الدقيقة لذا لا يسمح بصرف المخلفات الصناعية إلى شبكات الصرف الصحي إلا إذا توافرت فيها مواصفات معينة لذا تقوم المنشآت الصناعية التي لا تحقق مياهها الصناعية هذه المواصفات على إنشاء وحدات معالجة أولية خاصة بها لتحسين خواص المياه الصناعية قبل صرفها إلى الشبكة.

إنّ صرف المياه الصناعية غير المحققة لشروط الصرف (مخالفة للمواصفات المعتمدة لذلك ) لا يؤثر فقط على الكائنات الدقيقة والتي لها دور هام في محطات معالجة مياه الصرف بل لها أيضاً تأثير سلبي على مادة أنابيب الشبكة البيتونية وقد تؤدي إلى تخريشها وتآكلها كما أن لها تأثير على أعمال الصيانة.

### تركيب مياه الأمطار :

تحتوي مياه الأمطار على مواد تحملها أثناء سقوطها أو جريانها على أسطح المباني والأراضي والسطوح المختلفة ، فتختلف ما تحمله مياه الأمطار من أتربة ورمال ومواد عضوية تبعاً لطبيعة تلك السطوح وتبعاً لزمان سقوط العاصفة خلال الموسم الماطر .

كما أن مياه الأمطار تحتوي على غازات منحلّة أديبت فيها أثناء سقوطها ومروراً بالطبقات المختلفة للغلاف المحيط بالأرض .

## المعلومات الواجب توفرها لدراسة مشروع الصرف الصحي

نستعرض فيما يلي الوثائق والمعطيات الأساسية التي يحتاجها المهندس الصحي لاعداد دراسة لمشروع صحي:  
**المخططات :**

١. **مخطط تنظيمي** محمل عليها خطوط الكونتور (خطوط التسوية ) بتباعد (١-٢) م ومن المفضل (٥,٥) م. تعد هذه المخططات عادة بمقياس (١/٥٠٠ - ١/٢٠٠٠).

تبعاً لطبيعة التجمع السكاني المدروس يعطى المخطط التنظيمي له اما على شكل بلوكات سكنية ( دون اظهار الابنية السكنية وتظهر فقط المرافق العامة) أو أن يظهر المخطط التنظيمي كل الابنية السكنية وغيرها ..  
يظهر المخطط التنظيمي ايضا الشوارع والساحات والحدائق الموجودة في التجمع المدروس ومناطق التوسع المستقبلية .

يمكن ان يظهر المخطط التنظيمي المعطى على شكل بلوكات سكنية توزع الكثافة السكانية اضافة الى جدول توصيف للمرافق العامة. وفي حال عدم بيان توزع الكثافة على هذا المخطط ياخذ هذا التوزيع من مخطط خاص ( **مخطط توزع الكثافة** ).  
أما المخططات التي تظهر كل الابنية (كما ذكر اعلاه) فيجب ان ترفق بجداول توضح نوع البناء وتوصيفه ( مثلا يتم اعطاء عدد الطوابق وعدد الشقق في كل طابق في حال الابنية السكنية ).  
ان الغاية من وجود هذا المخطط هو تخطيط شبكة الصرف الصحي عليه.

٢ - **مخطط موقع عام** موقع عليه أيضاً خطوط التسوية : من الضروري توفر هذا المخطط و بقطر يتراوح بين (٢٥-٣٠) كم تقع ضمنه التجمع المدروس ، هذا المخطط يضم كافة المعالم الطبيعية والهندسية الاصطناعية الموجودة في المنطقة المحيطة بالتجمع المدروس . الغاية من هذا المخطط هو دراسة إمكانية حل مشكلة الصرف الصحي ( محطة معالجة مركزية ) للتجمع المدروس مع التجمعات المجاورة ان وجدت . اضافة الى تحديد موقع محطة المعالجة ( المركزية أو الخاصة بالتجمع المدروس ) وأخيراً دراسة تأثير البيئة المحيطة على اختيار نظام الصرف في التجمع المدروس . مقياس هذا المخطط (١/٢٠٠٠ - ١/٥٠٠٠) وعند الحاجة ١٠٠٠ بمقياس ١/١.

٣- **مخطط الكثافة للتجمع المدروس** كما ورد اعلاه في حال عدم وضع توزع الكثافة على المخطط التنظيمي يتم اعداد مخطط خاص يوضح التقسيمات الخاصة بالكثافة السكانية ، حيث كما نعلم أن المخطط التنظيمي يشمل على مناطق مختلفة الكثافة .(سكن قديم ، سكن تجاري...) الغاية من هذا المخطط هو حساب التصريف النوعي لكل منطقة ذات كثافة واحدة على حدى .

يتم اعداد المخططات المذكورة اعلاه من قبل مختصين في تخطيط المدن ومن اختصاصين في الطبوغرافيا و الجيوديزيا .

٤- **مخطط للشبكة القديمة ( إن وجدت )** .الهدف منه هو تحديد مكان ومنسوب ربط الشبكة الجديدة مع القديمة .

٥- دراسة طرقية كاملة وتشمل المساقط الأفقية للطرق والمقاطع العرضية والتخطيط الشاقولي للمنطقة المدروسة .المقاطع الطولية تحدد ميل الطرقات ومنسوب أغطية غرف التقطيش .أما المقاطع العرضية فهي تحدد الميول العرضية للطريق وبذلك يتحدد جهة توضع البلايع المطرية .في حال تم إعداد لتخطيط شاقولي للتجمع المدروس فانه يفيد بالتحديد الدقيق لمواقع البلايع المطرية .يقوم باعداد هذه الدراسة مهندسي الطرق .

#### ب- دراسات وتقارير مختلفة :

##### ١-معلومات مناخية :

تشمل بيانات عن المطولات المطرية في المنطقة ليتم تحديد العاصفة المطرية الحسابية ، اتجاه الرياح السائد . معدلات التبخر . يتم الحصول عليها من الهيئة العامة للأرصاد الجوية .

##### ٢- تقرير ميكانيك التربة او الدراسة الجيو تكنولوجية :

الهدف منه تحديد نوع التربة وقدرة تحملها . ان نوع التربة يؤثر على:

- أ- تحديد أعماق تمديد القساطل.
- ب- واختيار مادة القسطل .
- ت- ضرورة تدعيم الخنادق او لا .
- ث- وضع وسادة رملية تحت القساطل،لانه من غير المقبول تمديد الانبوب على تربة صخرية (توضع خطي للانبوب) في هذه الحالة لا بد من زيادة عمق الخفر لتنفيذ وسادة رملية تحت الانبوب بهدف تأمين استناد مناسب للقسطل على التربة

ج- اختيار اليات الحفر التي ستستخدم في حفر الخنادق.

ح- تحديد قدرة تحمل التربة بهدف حساب اساسات للمنشآت الملحقه بالشبكة .

من ناحية اخرى في الترب الرخوة قد يكون من الضروري استبدال التربة بتربة ذات قدرة تحمل اكبر أو استخدام اوتاد مع حصيرة فوقها لتمديد القسطل عليها في حال كان الاستبدال مكلف .

ان ما يقوم باعداد التقارير والحسابات الخاصة بالتربة هم مختصو بدراسات التربة والجيو تكنيك .

##### ٣- دراسات هيدرولوجية :

ان لهذه الدراسة تأثير كبير على قرارات المهندس الصحي بما فيها اختيار نظام الصرف وتشمل هذه الدراسة:  
• دراسة عن المصب النهائي (مجرى سيل ، نهر ، بحيرة ... ) تتضمن ( في حال ان المصب مجرى مائي)  
غزارة المجرى ومناسيب المياه العظمى والصغرى فيه وقدرته على التنظيف الذاتي.  
ب-دراسة منسوب المياه الجوفية وتغيرات المنسوب لان هذا يؤثر على عمق تمديد الشبكة .  
ت-- دراسة مصادر مياه الشرب وتحديد الحرم المائية .

ث--تحديد قيمة معامل الجريان الذي يؤثر على غزارة مياه الأمطار الداخلة الى شبكة الصرف الصحي .  
ج--ضرورة تمديد شبكة دريناج لخفض منسوب المياه الجوفية او اتباع اساليب اخرى تبعا لنوع التربة  
ايضا.

ان لهذه الدراسة تأثير كبير على قرارات المهندس الصحي مثل اختيار نظام الصرف ان كل هذه المعلومات  
يقدمها علم الهيدرولوجيا

٤ -دراسات تحليلية لتقدير معدل الصرف اليومي للفرد: بالنسبة للتجمعات السكنية للمنشأة (الموجودة ) فإن  
الطريقة المفضلة في تحديد معدل الصرف الصحي هو معرفة معدل الاستهلاك الوسطي من خلال القراءات  
المتوفرة لدى المؤسسات المسؤولة عن مياه الشرب والصرف الصحي في المنطقة المدروسة أو من خلال قراءة  
العداد على الخط الرئيسي من الخزان أو غزارة المضخة وعدد ساعات عملها وفي حال عدم توفر مثل هذه  
الدراسات يتم تقدير معدل الصرف من خلال تقييم الوضع الاجتماعي والوعي الصحي ووفرة المياه ونوعيتها  
وسعرها ودرجة تجهيز المباني بالتجهيزات الصحية ومدى توفر مياه ساخنة في المنازل. كما أنه من المفيد  
معرفة فيما اذا كان بعض المستهلكين يملكون مصادر مياه خاصة (كالآبار..).

أما التجمعات الحديثة فيتم وفقاً لطبيعة المنطقة (سكنية أو سياحية أو صناعية ) تقدير معدل الاستهلاك من  
خلال المقارنة مع مناطق شبيهة ورأياً من الكودات التي تحوي على قيم لمعدلات الصرف مبنية على خبرات  
متراكمة.ومن خلال أيضا معرفة درجة التجهيز الفني للأبنية التي سيتم انشاؤها ويتم ذلك من دراسة المخططات  
الخاصة بالأبنية المختلفة.

٥-دراسات سكانية : تتضمن معرفة التعداد الحقيقي للسكان في المنطقة المدروسة و كذلك تعداد السكان في  
السنين السابقة و ذلك لتحديد نسبة تزايد عدد السكان من اجل تقدير عدد السكان التصميمي أي في نهاية الفترة  
التصميمية باستخدام قوانين علم الاحصاء .

**عدد السكان التصميمي او المستقبلي :** هو عدد السكان الذين سيستفيدوا من المشروع في نهاية الفترة  
التصميمية أي عندما تعمل كافة منشآته بكامل طاقتها .

بالنسبة للقرى والمدن المنشأة حديثاً بموجب مخططات تنظيمية موضوعة سلفاً ومنفذة بشكل مطابق لتخطيطها  
يعتمد على حساب المساحات المبنية وعلى الكثافة السكانية في كل مساحة أو في كل منطقة حيث كما نعلم  
أن المخطط التنظيمي يقسم إلى منطقت ذات وظائف مختلفة حيث تختلف الكثافة باختلاف وظيفة المنطقة .  
أما بالنسبة للمدن والقرى المبنية قديماً يتم الاعتماد على المعلومات المقررة دوائر الإحصاء و هناك عدة طرق  
لتقدير عدد السكان المستقبلي .

من المعروف أن عدد السكان يزداد نتيجة الفرق بين عدد الولادات والوفيات وهذا يتأثر بعوامل اقتصادية وصحية واجتماعية (الهجرة - الكوارث الطبيعية والحروب ..... تؤدي إلى زيادة أو نقص عدد السكان في منطقة ما) .

### العوامل المؤثرة على اختيار عمر المشروع (الفترة التصميمية للمشروع)

يصمم مشروع الصرف الصحي أو امداد مياه الشرب لتخدم ليس السكان الحاليين لفترة زمنية مستقبلية . تتراوح بين ٢٥ - ٣٠ سنة .. تسمى هذه الفترة عمر المشروع أو الفترة التصميمية وهي بالتعريف هو عدد السنوات التي بنهايتها يعمل المشروع بكل طاقته ويخدم عدد السكان المستقبلي وخلال هذه الفترة لا يحتاج المشروع الى توسيع او تعديل هناك عدة عوامل تثر على طول الفترة التصميمية :

- ١- العمر الحقيقي لأجزاء المشروع (أنابيب - مضخات . منشآت بيتونية )
- ٢- معدل تزايد عدد السكان وتزايد كميات الصرف نتيجة زيادة الاحتياجات المائية للسكان والنشاطات الاقتصادية الأخرى مثل الصناعة وغيرها . ان لهذا العامل تأثير غير كبير على عمر مشروع شبكة الصرف المشتركة بينما له تأثير اكبر على الشبكة المنزلية وشبكة مياه الشرب .
- ٣- المشاكل الفنية الممكن ظهورها ف بداية استثمار المشروع .
- ٤ كلفة تنفيذ المشروع وسعر الصرف للعملة المحلية .
- ٥- إمكانية توسع المشروع أو أجزاء منه (إضافة منشآت جديدة) . ان لكل من العوامل السابقة اثر في زيادة أو نقصان عدد سنوات الفترة التصميمية .

### طرق تحديد عدد السكان المستقبلي :

#### ١- الطريقة الحسابية (طريقة الزيادة الثابتة)

$$P = P_0 + AT$$

تتعلق من أن متوسط زيادة عدد السكان خلال فترة احصائية ثابت

حيث :

$P$	عدد السكان المستقبلي
$P_0$	عدد السكان الحالي
$A$	متوسط زيادة السكان في كل فترة احصائية
$T$	عدد الفترات الاحصائية في الفترة التصميمية للمشروع

#### ٢- الطريقة الهندسية :

$$P = P_0 (1 + r)^T$$

تتعلق من أن معدل الزيادة ثابت خلال الفترة الإحصائية

حيث :

$T$	عدد الفترات الإحصائية
$r$	معدل تزايد خلال الفترة الإحصائية الواحدة

### ٣- طريقة الفائدة المركبة

تتطلب من أن معدل تزايد عدد السكان سنويا ثابت  $P = P_0(1 + R)^n$

حيث:

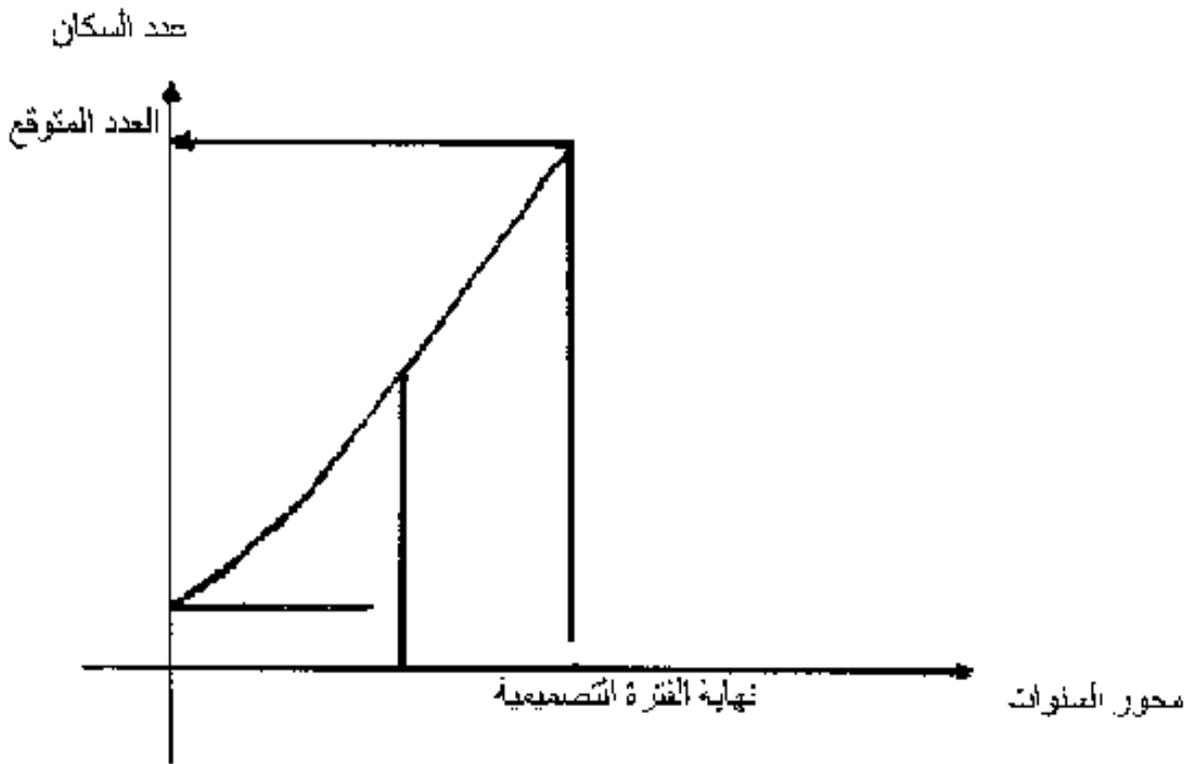
عدد السنوات	$n$
معدل تزايد السكان سنويا	$R$

الطرق البيانية في تقدير عدد السكان المستقبلي :

هناك طرائق تقريبية وأخرى دقيقة

١. الطرائق التقريبية :

١-١: من هذه الطرق رسم تطور عدد السكان للتجمع المدروس للسنوات الماضية وتقدير عدد السكان المستقبلي عن طريق تمديد المنحني المرسوم.

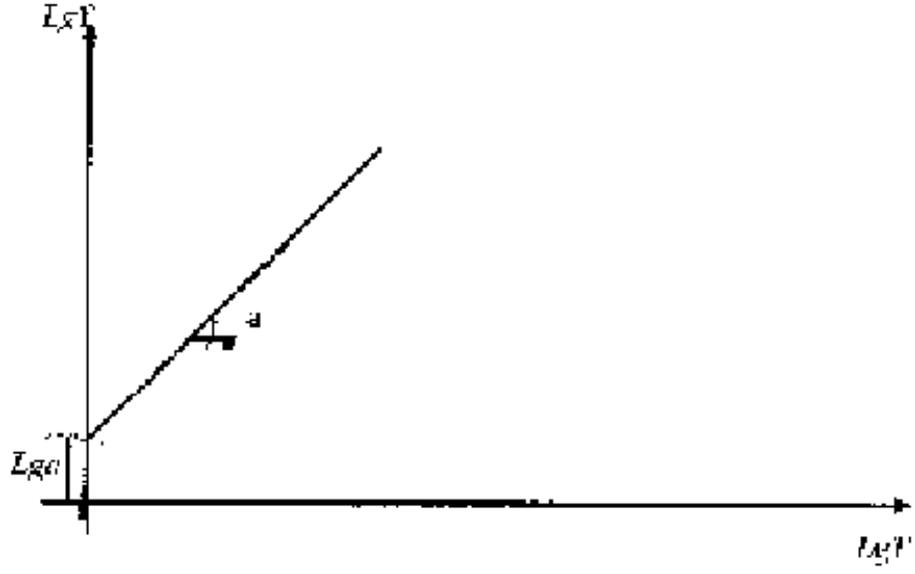


١-٢: المقارنة بين منحنى نمو التجمع بمنحنيات نمو مدن أكبر ومتشابهة معها في الظروف المعاشية وفيها يفترض أن نمو المنطقة المدروسة يشبه نمو المدن الأكبر.

٢. الطريقة الدقيقة ( الطريقة اللوغاريتمية):

أما الطريقة البيانية الدقيقة : تتمثل بتوقيع سنوات التعداد السابقة وعدد السكان المقابل على جملة إحداثيات لوغاريتمية وبهذا يتحول منحنى النمو إلى خط مستقيم معادلته :

$$\text{Log}y = b\text{Log}t + \text{Log}a \Rightarrow y = at^b$$



عدد السكان في سنة ما	$y$
الفترة الزمنية بين أول سنة أجرى فيها إحصاء وبين السنة التي تمثل نهاية الفترة التصميمية	$t$
ميل المستقيم	$b$
مبين على الشكل	$\lg a$