المحاضرة الأولى

تعريف علم هندسة المساحة

يبحث علم هندسة المساحة في الطرق المختلفة لتمثيل سطح الأرض تمثيلاً كاملاً لما يحتويه من معالم طبيعية كالجبال والهضاب والوديان والأنهار والبحار والغابات ، ومعالم صناعية أو مدنية كالمنشئات الهندسية المختلفة من مباني وطرق ومطارات. ويتم هذا التمثيل بإسقاط الجزء الذي تجري دراسته من سطح الأرض على مستوى أفقي بمقياس رسم معين يوافق الغرض المطلوب ، و يطلق على المسقط الأفقي الذي نحصل عليه "الخريطة المساحية" والتي يمكن أن يبين عليها أيضاً ارتفاع أو انخفاض المعالم الطبيعية أو الصناعية بالنسبة لسطح مقارنة أفقي معين وفي أغلب الأحيان يستعمل السطح الوسطي للبحر كمرجع لمقارنة الارتفاعات.

وكما تبحث هندسة المساحة في كيفية تمثيل سطح الأرض و ما عليه من ظواهر طبيعية ومنشئات مدنية على الخرائط في عملية يطلق عليها عملية "الرفع" فإنها تبحث كذلك في عملية تنفيذ المشروعات الهندسية المختلفة على سطح الأرض و ذلك بتوقيع أو تخطيط حدود ومسارات المنشئات في الطبيعة من واقع لوحات التصميم الهندسي في عملية يطلق عليها عملية "التوقيع".

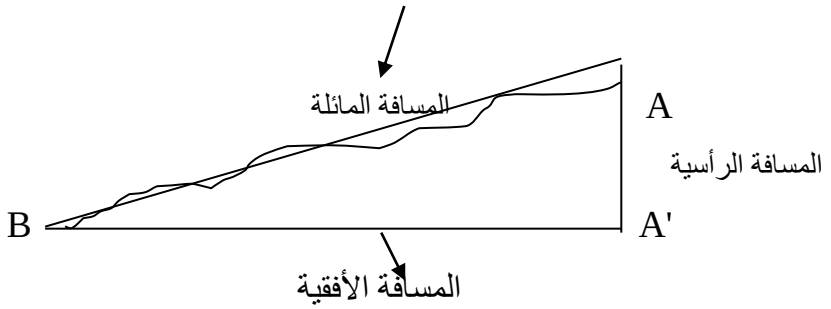
أهمية علم هندسة المساحة

يعتبر علم المساحة هو الأساس لتخطيط وتنفيذ ومتابعة معظم المشاريع الهندسية ذات الصلة بسطح الأرض مثل المباني والطرق والمطارات والسدود وقنوات الري. كما وأنها ذات أهمية لمهن غير هندسية لها اتصال مباشر أو غير مباشر بالأعمال المساحية مثل علوم الجغرافيا والجيولوجيا وعلوم البحار والمحيطات وعلوم الغابات والزراعة والعلوم العسكرية

المساحة المستوية : وهي التي يتم العمل المساحي فيها لمساحات صغيرة نسبياً ومحدودة بحيث لا تؤثر خاصية كروية الأرض في نتائج القياس

قياس المسافات الأفقية

يعتبر قياس المسافات هو الأساس لكل الأعمال المساحية . يوضح الشكل 1.2 نقطتين A و B على ارتفاعين مختلفين . المسافة المباشرة بينهما AB تعرف بالمسافة المائلة والمسافة بين مسقط النقطة A على المستوى الأفقي ('A) و النقطة B هي المسافة الأفقية A'B وهي ما نحتاجه في الأعمال المساحية لعمل الخرائط التفصيلية . أما المسافة 'AA فهي المسافة الرأسية أو فرق الارتفاع بين النقطتين.



الشكل 1.2 المسافة الأفقية بين النقطتين A و B .

2.2 طرق قياس المسافات الأفقية

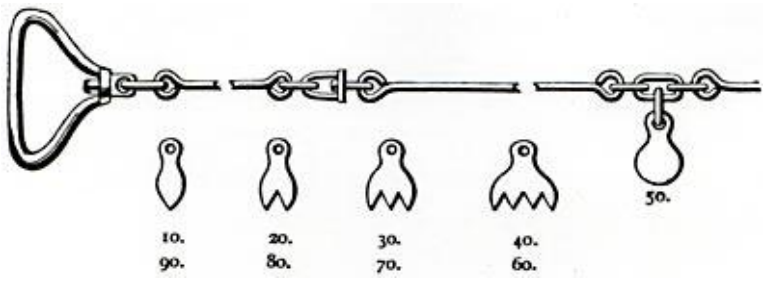
هنالك طرق مختلفة لقياس المسافات الأفقية: **1- طرق القياس المباشر** والتي يستخدم فيها الجنزير أو الشريط ، 2- **طرق غير مباشرة** وتستخدم فيها أدوات قياس بصرية أو أدوات قياس إلكترونية.

وفي هذا الفصل سيكون التركيز على الطرق المباشرة لقياس المسافات الأفقية والتي يستخدم فيها الجنزير والشريط و التي تستخدم في جمع بيانات التفاصيل الميدانية لعمل الخريطة المساحية . وسنبدأ باستعراض الأدوات المستخدمة في القياس المباشر للمسافة والأدوات المساعدة في القياس وفي أخذ التفاصيل.

3.2 الأدوات المستخدمة في القياس المباشر للمسافات

1- الجنزير(السلسلة)

وهو عبارة عن أسلاك من الحديد أو الصلب (يطلق على كل منها العقلة link) قطرها 3 ملم وطول كل منها 20 سم تتصل كل عقلة بالأخرى بحلقات من نفس السلك (الشكل 2.2) . وينتهي الجنزير بقبضتين من النحاس وعند نهاية كل مترين ، أي 10 عقل ، توجد علامة نحاسية ذات عدد من الأسنان يدل على الطول المقاس من بداية الجنزير وحتى العلامة. ويتراوح طول الجنزير من 10 إلى 30 متر. وقد كان الجنزير أكثر أدوات القياس استعمالاً إذ أنه رخيص الثمن وكثير التحمل . إلا أنه اليوم لا يستعمل إلا في القياسات التي لا تتطلب دقة عالية [1] .



الشكل 2.2 الجنزير [1].

ومن عيوب الجنزير التي أدت إلى الاستغناء عنه بالشريط ومن ثم أدوات القياس غير المباشر هي: تعرضه لتغير طوله نتيجة شده بقوة و لتأثير تغير درجة الحرارة ، كما وأن ثقله يجعله صعب الفرد ويصعب من وضعه أفقياً عند القياس على أرض شديدة الانحدار.

2- الشريط

والشريط (الشكل 3.2) يوجد بأطوال تتراوح من 10 ، 20 ، 30 ، 50 إلى 100 متر. ويوضع الشريط داخل علبة من الجلد للمحافظة عليه.

الشكل 3.2 الشريط الصلب 50 متر [2].

ويستخدم الشريط في قياس المسافات التي تحتاج إلى دقة أعلى من تلك التي يستخدم فيها الجنزير.

وهنالك ثلاث أنواع من الشريط حسب المادة التي يصنع منها:

1- الشريط التيل أو الكتان : يحفظ داخل علبة من الجلد ويقسم إلى أمتار وديسيمترات وسنتمترات وينتهي أحد طرفيه بحلقة نهايتها تسمى صفر الشريط ويستعمل في قياس أبعاد المباني وأعمال التفاصيل.

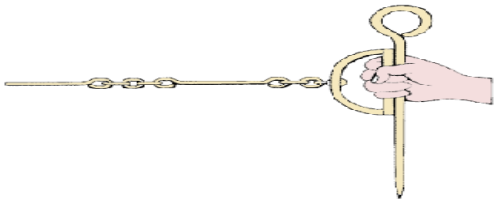
2- الشريط الفايبر:

3- الشريط الصلب : وهو نوعين : شريط صلب ملفوف حول بكرة و تقسيمه مدموغ على الشريط مباشرة و يستعمل في القياسات التي تحتاج لدقة أعلى من الجنزير.

4- الشريط الإنفار : هو شريط مصنوع من سبيكة معدنية من النيكل و الصلب لها معامل تمدد صغير جداً حتى لا تتأثر بتغير درجة الحرارة. ويستعمل في قياس المسافات التي تحتاج إلى دقة عالية.

4.2 الأدوات المساعدة في قياس المسافات

1- **الشوكة أو السهم** : هي عبارة عن قطعة من الحديد أو الصلب طولها حوالي 30 سم وسمكها يتراوح ما بين 3- 6 ملم يكون أحد طرفيها مدبب لتسهيل غرسها في الأرض والطرف الآخر على شكل حلقة مستديرة تستخدم كمقبض وتستعمل في بيان عدد مرات القياس بالشريط أو الجنزير.

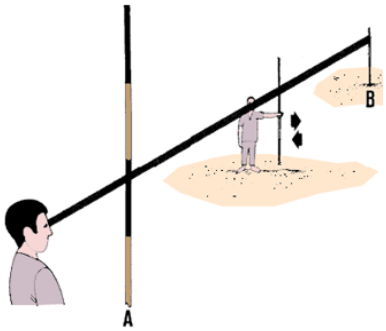


الشكل 4.2 السهم و مقبض الجنزير [3].

2- **الشاخص** : وهو عمود أسطواني من الخشب أو الحديد قطره في حدود 5سم وطوله يتراوح بين 1.5 متر و 3 متر وأحد طرفيه مدبب لتسهيل عملية غرسه في الأرض (الشكل 5.2) . و يتم طلاؤه بلونين أحمر و أسود أو بلونين أحمر و أبيض وربما يتم ربط راية أو علم في أعلاه حتى تسهل رؤيته من مسافات بعيدة.

الشكل 5.2 : الشاخص – عمود مدبب عند أحد طرفيه [3].

ويستخدم الشاخص في تعيين اتجاهات الخطوط على الطبيعة وهو ما يعرف بعملية التوجيه . ويوضح الشكل 6.2 شاخصين مثبتين عند نقطتي الخط A و B و آخر بينهما لعملية التوجيه .

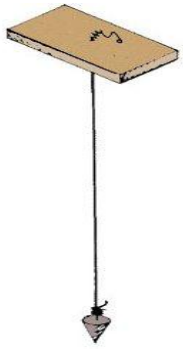


الشكل 6.2 الشاخص يستعمل في عمل التوجيه [3].

3- **الوتد :** وهو قطعة من الخشب بشكل أسطواني أو منشوري بطول 20 إلى 30 سم مدببة من أحد طرفيها للغرس في الأرض (الشكل 7.2) . يستعمل الوتد في الدلالة على النقطة الثابتة التي دائماً ما تكون أحد طرفي الخط المساحي .

الشكل 7.2: حزمة أوتاد خشبية [2].

4- **الشاقول :** وهو عبارة عن ثقل مخروطي الشكل مربوط بخيط متين لتعليقه رأسياً ويستعمل في عملية التسامت (الشكل 8.2) .



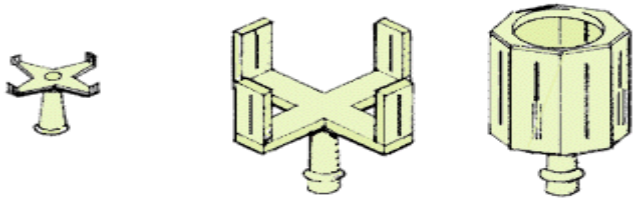
الشكل 8.2 الشاقول – ثقل مخروطي بطرف الخيط [2].

وهنالك أدوات تستخدم في إنشاء وإسقاط الأعمدة (الخطوط العمودية) على الخطوط المساحية الأساسية تعتبر مهمة في عمليات رفع التفاصيل باستخدام قياس المسافات وفي عمليات قياس المسافات عند وجود عوائق للقياس.

5.2 الأدوات المستخدمة في إقامة وإسقاط الأعمدة

1- المثلث المساح :

هو عبارة عن أذرع متعامدة على كل ذراع شرخ أو فتحة طولية . يتم النظر والتوجيه من خلال كل شرخين متقابلين . وهنالك تصميمات مختلفة لهذا الجهاز مثل المثلث المكشوف (أو الرأس المعدنية) والرأس ذو الثمانية أوجه ، وتسمى الرأس المثمنة (الشكل 9.2) .



الرأس المثمنة الرأس المعدنية ذات الذراعين المتعامدين

الشكل 9.2 : المثلث المساح [3].

2- المثلث ذو المرآة :

ويتركب من أسطوانة بها ثلاث فتحات ومرآتين مثبتتين بزاوية 45 درجة إحداهما مفضضة (الشكل 10.2). وهو أكثر دقة من المثلث المساح.

الشكل 10.2 : المثلث ذو المرآة [2].

3- **المنشور المرئي** :

المنشور المرئي شبيه في تصميمه بالمثلث ذو المرآة إلا أن المرآتين تم استبدالهما بمنشور خماسي الأوجه له وجهان متعامدان ووجهان آخران بينهما زاوية 45 درجة (الشكل 11.2) ، وهو أيضاً أكثر دقة من المثلث المساح .

الشكل 11.2 المنشور المرئي [2].

6.2 إقامة و إسقاط الأعمدة

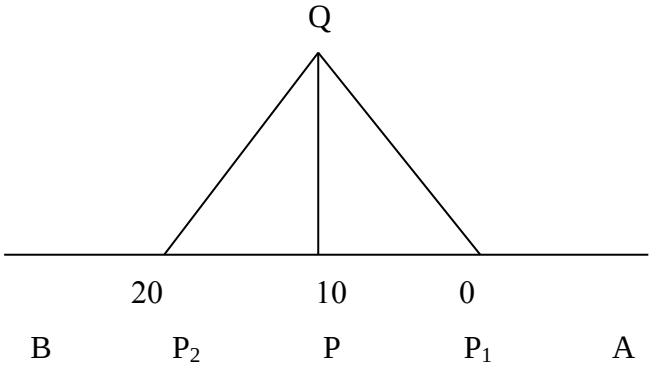
أ- استخدام الشريط و الجنزير:

إقامة الأعمدة:

1) طريقة المنصف العمودي للخط: إذا كان المطلوب هو إقامة عمود من النقطة P التي تقع على الخط AB الذي عليه الجنزير (الشكل 12.2) فنتبع الخطوات التالية:

نقيس مسافتين متساويتين من P على الخط AB في اتجاه كل من A و B هما PP_1 و PP_2 بحيث:

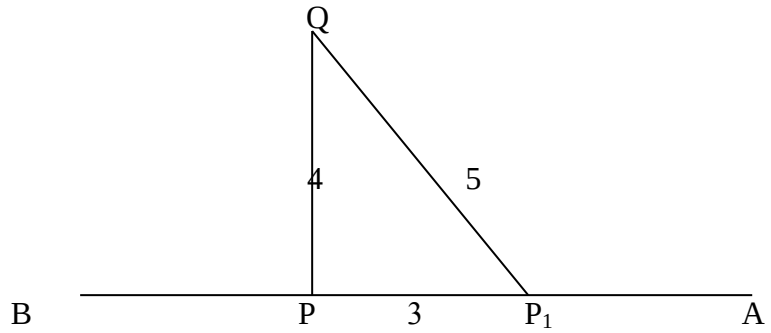
$$PP_1 = PP_2$$



الشكل 12.2: إقامة عمود PQ من النقطة P على الخط AB.

نثبت صفر الشريط عند النقطة P_1 ونهايته في النقطة P_2 ثم نشد الشريط من منتصفه فنحدد النقطة Q فيكون PQ هو العمود المطلوب إقامته.

2) طريقة المثلث قائم الزاوية: يمكن أيضاً استخدام طريقة المثلث قائم الزاوية الذي أطوال أضلاعه هي: 3 و 4 و 5 متر فنفرد الشريط بطول 12 متر (هي مجموع أطوال أضلاع المثلث) ونثبت صفر الشريط عند النقطة P_1 التي تبعد عن P المراد إقامة العمود منها مسافة 3 متر على الخط AB . ثم نثبت القراءة 3 متر في نقطة P والقراءة 12 متر عند النقطة P_1 ونشد الشريط جيداً عند القراءة 7 متر فنحصل على نقطة Q (الشكل 13.2) و يكونPQ هو العمود المطلوب .

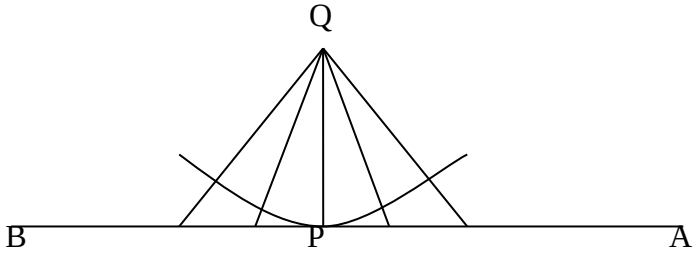


الشكل 13.2 : طريقة المثلث قائم الزاوية لإقامة العمود من النقطة P.

إسقاط الأعمدة:

1- طريقة أقصر بعد :

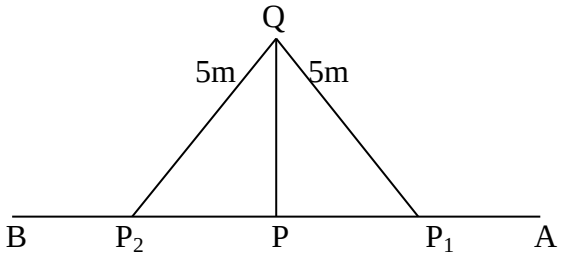
المراد إسقاط عمود من النقطة Q التي تقع خارج الخط المساحي AB على الخط AB: نضع صفر الشريط عند النقطة Q ، ثم نحرك الطرف الثاني للشريط فوق الجنزير (على الخط AB) ونراقب قراءات الشريط وهو مشدود (الشكل 14.2) فتكون أقل قراءة نلاحظها هي موضع نهاية العمود (النقطة P على الخط AB).



الشكل 14.2: طريقة أقصر مسافة هي العمود.

2) طريقة المثلث متساوي الضلعين :

بطول ثابت من الشريط (5 متر مثلاً) من النقطة Q نحدد نقطتين P_1 و P_2 على الخط AB . ثم ننصف المسافة P_1P_2 عند النقطة P (الشكل 15.2) ، وبذلك يكون QP هو العمود المطلوب.



الشكل 15.2 : إسقاط العمود من Q على الخط AB.

7.2 قياس المسافة باستخدام الشريط أو الجنزير

هنالك عدة حالات لقياس المسافة بالجنزير أو الشريط:

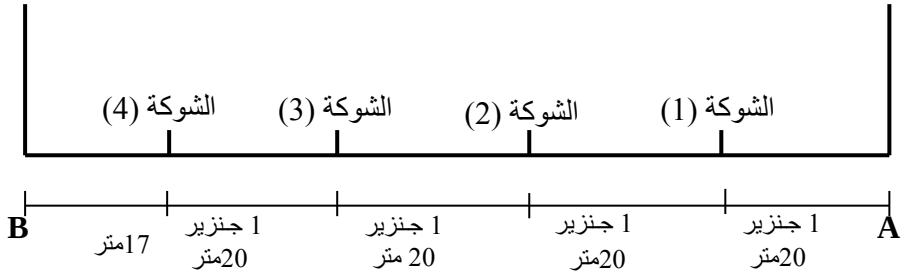
الحالة الأولى : إذا كانت الأرض منبسطة :

أولاً يوضع في كل نقطة من نقطتي نهاية الخط شاخص (الشكل 19.2) ويقوم بالقياس اثنان من المساحين يأخذ الأول (الأمامي) عدداً من الشوك معه ويفرد الجنزير أو الشريط في اتجاه النقطة الثانية (B) قابضاً بيده اليمنى على نهاية الشريط أو الجنزير، ويمسك المساح الآخر (الخلفي) المقبض الآخر أو صفر الشريط ويثبته فوق النقطة (A) ويوجه الأمامي حتى تصبح الشوكة التي بيده أو الشاخص في اتجاه الخط AB ثم يثبت الأمامي الشوكة على الأرض مع نهاية الشريط ثم يسير بالجنزير أو الشريط في

اتجـاه النقطة B ويسير الخلفي من ورائه إلى أن يصل إلى موضع الشوكة الأولى وعندها يضع صفر الشريط ويسير الأمامي بالجـنزير أو الشريط إلى أن يصل إلى نهاية الجنزير أو الشريط و يشده ويغرس عند نهايته الشوكة الثانية في الأرض وتستمر هذه العملية حتى يصل الأمامي إلى مقربة من النقطة B حيث تكون المسافة المتبقية من آخر شوكة إلى النقطة B أقصر من طول الشريط فيثبت الخلفي صفر الشريط مع الشوكة الأخيرة و يسير الأمامي حتى يصل النقطة B فيشد الجنزير أو الشريط و يقرأ ما تبقى من مسافة . فتكون المسافة من A إلى B هي:

المسافة AB = عدد الشوك المغروسة × طول الشريط + المسافة من آخر شوكة إلى النقطة B.

ويلاحظ أن عدد الشوك المغروسة يساوي عدد مرات طرح الجنزير كاملاً على الأرض.



الشكل 19.2 : المسافة AB أطول من طول الجنزير و الأرض بين النقطتين منبسطة

ومن الشكل 19.2 فإن المسافة AB بالمتر = عدد الشوك × 20 متر + طول الجـزء المتبقي بالمتر (17 متر)

$$= 4 \times 20 + 17 = 98 \text{ متر .}$$

<u>الحالة الثانية : إذا كانت الأرض منحدرة ومنتظمة الانحدار</u>

لما كان المطلوب هو رسم مسقط أفقي للمناطق المطلوب رفعها لذا يجـب الحصول على المسافات الأفقية المقابلة للمسافات المائلة التي تم قياسها ، لذلك تقاس المسافة المائلة S بين النقطتين A و B (الشكل 20.2) بالطريقة السابقة ثم تحسب المسافة الأفقية بينهما (D) بعد ذلك بإحدى الطريقتين الآتيتين :

<u>أ- بمعلومية ارتفاع طرفي الخط</u>

إذا قيس البعد الرأسي بين طرفي الخط (h) بواسطة الشريط أو تم ذلك عن طريق جهاز الميزان فإنه يمكن حساب المسافة الأفقية (D) بين النقطتين A و B كالآتي :

$$D = [(S^2 - h^2)]^{1/2}$$

حيث h = البعد الرأسي بين طرفي الخط

D = المسافة الأفقية

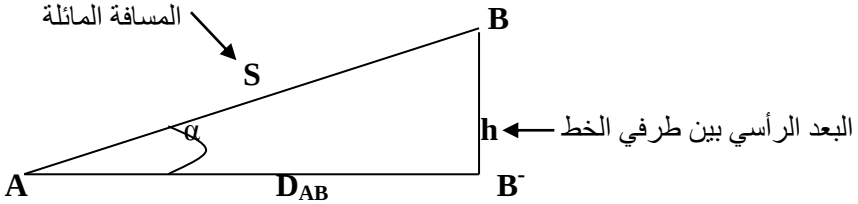
S = المسافة المائلة

ب – بمعلومية زاوية انحدار سطح الأرض

إذا كانت زاوية الانحدار هي α فإن المسافة الأفقية D يمكن حسابها من المعادلة:

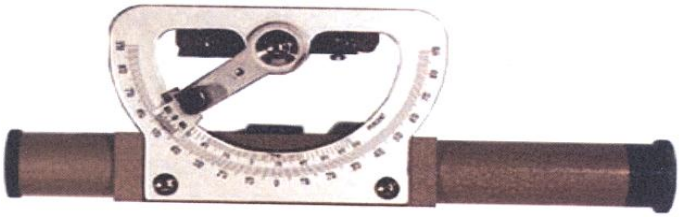
$$D = S * \cos\alpha$$

وتقاس زاوية الميل α بأجهزة مختلفة أبسطها جهاز الكلينوميتر أو جهاز قياس الميل وهو يتركب من لوحة خشبية مستطيلة مثبت عليها منقلة نصف دائرية دقتها حتى نصف درجة ويتدلى من مركزها خيط شاقول وهذه اللوحة مثبتة في قاعدة أفقية من الخشب - يأخذ خيط الشاقول وضعاً رأسياً فينطبق بذلك على قراءة المنقلة فنحصل على زاوية الميل المطلوبة .



الشكل 20.2: قياس المسافة المائلة S و تحويلها إلى مسافة أفقية D_{AB}

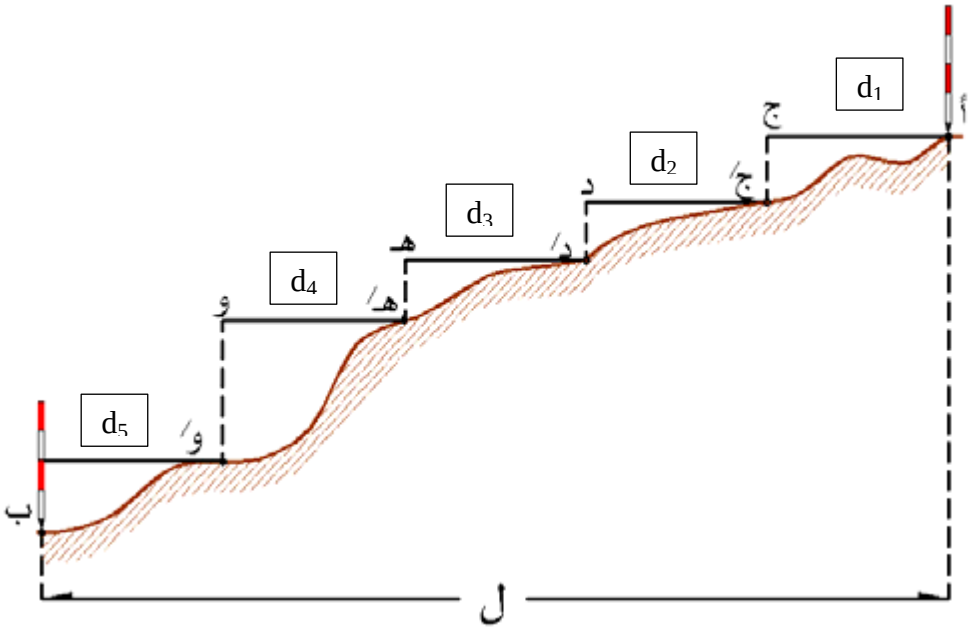
ويمكن أيضاً استخدام جهاز ميزان أبني Abney level وهو تطوير لجهاز الكلينوميتر حيث تم استبدال اللوحة الخشبية بمنظار أسطواني على أحد طرفيه عينية للراصد وعلى الأخرى عدسة مكبرة تكون في اتجاه الطرف الآخر للخط المطلوب رصد زاوية انحداره (الشكل 21.2).



الشكل 21.2: جهاز ميزان إبني Abney (الكلينوميتر البصري) [2].

ثالثا : حالة الأرض المنحدرة والانحدار غير منتظم

إذا كان ميل الأرض غير منتظم و المسافة المطلوب قياسها طويلة مقارنة بطول الشريط فإننا نتبع طريقة السلالم (الشكل 22) للحصول على المسافة الأفقية حيث يتم تقسيم المسافة إلى أجزاء (كل جزء منها أقصر من طول الشريط) ويبدأ قياس طول كل جزء من النقطة العليا ، فيمسك الخلفي بمقبض الجنزير أو بداية الشريط (صفر الشريط) ويمسك الأمامي المقبض الآخر ويشد الشريط أفقيا في الاتجاه أ ب عند النقطة ب ويستعمل الشاقول للتأكد من أفقية الشريط ، كما هو واضح في الشكل 23.2 ، هذا إذا كانت المسافة أقل من طول الشريط أو الجنزير.



الشكل 22.2 : الأرض بين A و D مائلة ميلان غير منتظم قسمت إلى أربعة أجزاء.

طول الخط AD = $d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5$

المحاضرة الثانية

عوائق القياس والتوجيه

رابعا : القياس على أرض بها عوائق :

في كثير من الأحيان تظهر عوائق (موانع) – إما طبيعية أو صناعية – في عمليات القياس بالشريط أو الجنزير . يمكن تقسيم هذه العوائق إلى ثلاثة أقسام:

(أ) المانع يعترض التوجيه فقط .

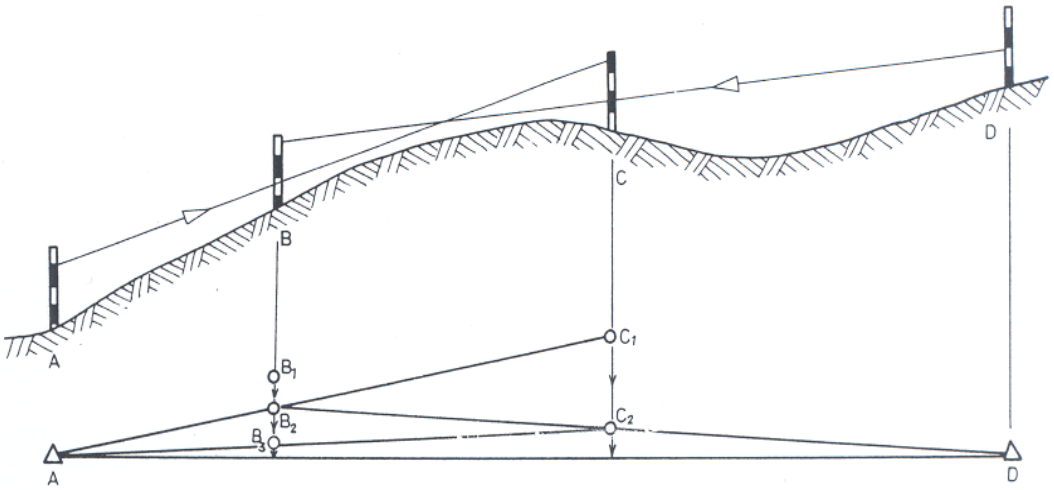
(ب) المانع يعترض القياس فقط .

(ج) المانع يعترض القياس والتوجيه معاً.

(أ) العائق يعترض التوجيه فقط

مثال لذلك تل أو جبل يسهل الطلوع عليه ويصعب رؤية النقطة A من D لأنهما على طرفي التل لذلك يتعذر التوجيه المباشر بينA و D (الشكل 24.2).

لذلك نستعين بشاخصين نضعهما عند B_1 و C_1 بحيث يمكن رؤية الشاخص A من كل من النقطتين ثم نحرك الشاخص الأول من الوضع B_1 إلى B_2 بحيث يكون B_2 و C_1 على استقامة واحدة مع A ، ثم نحرك الشاخص C_1 إلى C_2 بحيث يكون B_2 و C_2 على استقامة واحدة مع D ، ثم نحرك B_2 إلى B_3 بحيث يكون C_2 و B_3 على استقامة واحدة مع A و تستمر هذه العملية حتى نحصل على الوضع النهائي الذي يكون فيه C و B على استقامة واحدة مع A و D.

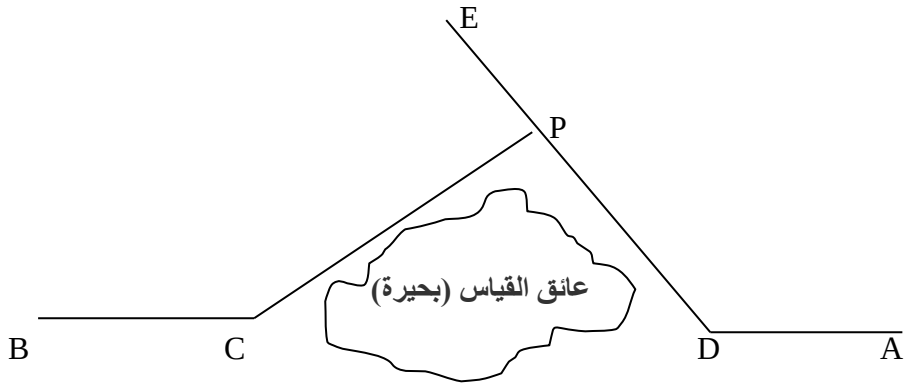


الشكل 24.2: القياس حول عائق التوجيه.

(ب) العائق يعترض القياس فقط

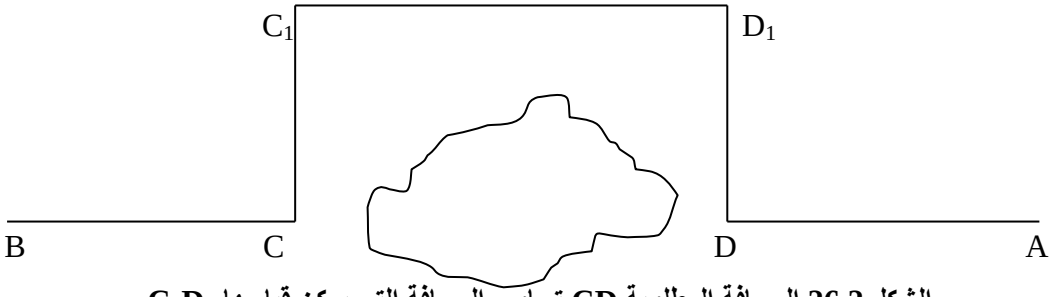
في حالة وجود بحيرة على سبيل المثال عرضها أطول من طول الشريط وهي تعترض القياس بين النقطتين A و B كما في الشكل 25.2.:

1- يتم القياس من A على D ومن B إلى C بالطريقة العادية ، ثم نقيم خطاً من D إلى أي نقطة P ونسقط عموداً من C على الخط DE وليكن هو CP . نقيس الخط PD والخط CP ونحسب طول المسافة المطلوبة CD باستخدام نظرية فيثاغورس.



الشكل 25.2 لقياس المسافة التي يعترضها عائق القياس

2- بطريقة أخرى يمكن إقامة عمود من النقطة D على الخط AD و عمود من C على الخط BC ، كما في الشكل 26.2 و تعيين النقطتين D_1 و C_1 بحيث يكون DD_1 مساوياً ل CC_1 في الطول ،

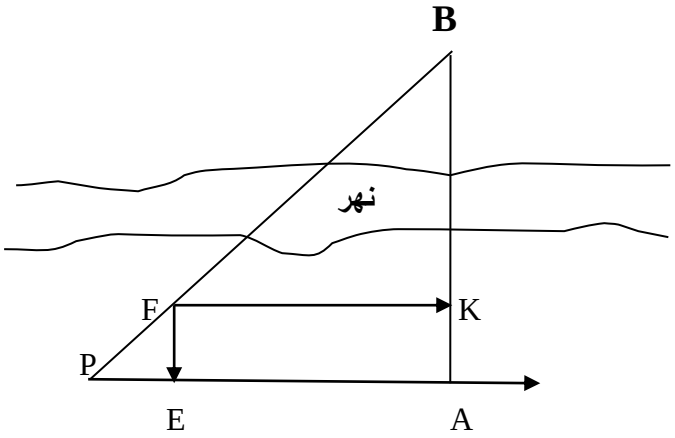


الشكل 26.2 المسافة المطلوبة CD تساوي المسافة التي يمكن قياسها C_1D_1

(ج)- في حالة القياس والخط يعترضه عرض نهر أو ترعه:

نختار أي نقطة K على الخط AB المطلوب قياس طوله والذي يعترضه النهر (الشكل 27.2) ونقيم منها عمود بطول معين إلى النقطة F ، ومن النقطة A نقيم عمود آخر على AB ونتحرك عليه حتى نكون على استقامة واحدة مع كل من النقطتين F و B فيكون موقعنا على النقطة P، ثم نقيس طول المسافة PA و المسافة FE . و من تشابه المثلثين BFK و FPE نستطيع أن نحسب طول الخط AB :

$$AB = FE * AP / EP$$

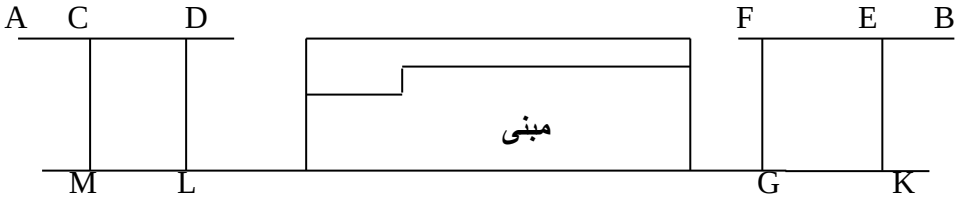


الشكل 27.2 نهر يعترض القياس من A إلى B

(د)- العائق يعترض القياس والتوجيه

في هذه الحالة استعمال الجنزير أو الشريط لا يعطي دقة عالية لذلك لا نلجأ لهما إلا في حالة عدم وجود الجهاز الخاص بقياس وتوقيع الزوايا (الثيودوليت) .

باستخدام الشريط أو أحد الطرق التي تم شرحها في هذا الباب أقم عمودين من النقطتين C و D على الخط AB المطلوب مده حول المبنى الذي يعوق التوجيه و القياس معاً (الشكل 28.2) و ثبت نقطتين M و L على هذين العمودين بحيث يكون العمودان CM و DL متساويين في الطول . ثم على امتداد الخط ML حدد نقطتين K و G و أقم منهما عمودين KE و GF على الخط MG طول كل منهما يساوي طول CM . في هذه الحالة تكون النقطتان E و F على استقامة الخط AB ويكون طول الخط DF هو طول LG الذي يمكن قياسه.



الشكل 28.2: العائق للقياس و التوجيه

المحاضرة الثالثة

5.3مقياس رسم الخريطة

من المعلوم أنه لا يمكن توقيع المسافات التي تم قياسها في الطبيعة وقد تصل إلى مئات الأمتار على لوحة الخريطة مباشرةً التي لا يتعدى أبعاد حدودها 1 متر × 1 متر. ولذلك لا بد من تصغير هذه المسافات بنسبة معلومة و ثابتة تناسب أبعاد لوحة الرسم ، و يطلق على هذه النسبة مقياس رسم الخريطة.

إذن يمكن تعريف مقياس رسم الخريطة رياضياً كالتالي:

مقياس رسم الخريطة = المسافة على الخريطة ÷ المسافة التي تمثلها في الطبيعة.

ويتم اختيار مقياس رسم الخريطة بناءً على:

(1) نوع الخريطة من حيث الغرض.

(2) أهمية العمل المراد إنشاء الخريطة من أجله.

(3) أبعاد اللوحة التي ترسم عليها الخريطة.

أنواع المقاييس

من ناحية عامة هنالك نوعان من المقاييس هما : المقياس العددي والمقياس التخطيطي.

1- **المقياس العددي**

وهذا أيضاً يمكن أن يقسم إلى نوعين: المقياس العددي النسبي (الكسر البسيط) والمقياس الهندسي.

أ- **المقياس الكسري أو النسبي** :

وهو نسبه ثابتة ويبين بكسر اعتيادي بسطه الواحد ومقامه العدد الدال على مقدار الطول الطبيعي المساوي له.

فإذا كان لدينا بعد بين نقطتين في الطبيعة هو 50 متر بينما هو في الخريطة 1سم فإن هذا المقياس يكتب : 1سم يمثل 50 متر أو 1سم =50متر ويكون مقياس الرسم هو : كنسبه يكتب على الشكل: 1: 5000 أو ككسر يكتب على الشكل: 1/5000

يلاحظ أن الرقم في البسط يعبر عن مسافة على الخريطة و الرقم في المقام يعبر عن المسافة المقابلة لها في الطبيعة و كلاهما بوحدة القياس نفسها.

ب –المقياس الهندسي :

أما المقياس الهندسي فيكتب الطول على الخريطة كوحدة قياسية واحدة وما تمثله على الطبيعة من وحدات قياس المسافات على الطبيعة ، فنقول مقياس رسم الخريطة هو: ا سم يمثل 50 متر ، أو 1 سم : 50 متر .العددي النسبي فيبين بكسر اعتيادي بسطه واحد صحيح و مقامه مقدار الطول في الطبيعة الذي يعادل وحدة القياس على الخريطة. فإذا افترضنا أن مسافة مائة متر في الطبيعة يمثلها واحد متر في

الخريطة فيمكن أن نعبر عنها بالمقياس النسبي 1:100 . والمقياس الهندسي يذكر فيه وحدة القياس في الخريطة ووحدة القياس في الطبيعة فنعبر عن هذا المقياس هندسياً بقولنا 1 سم على الخريطة تمثل 5000 سم على الطبيعة أو 1 سم على الخريطة تمثل 50 متر على الطبيعة.

مثال

قيست مسافة AB على الطبيعة وبعد كل التصحيحات المطلوبة وجد أن الطول الأفقي لهذا الخط هو 258 متراً . إذا كان المطلوب توقيع هذا الخط على خريطة مقياس رسمها 1:2500 ، كم يكون طول الخط الذي يمثلها على الخريطة؟

الحل:

مقياس رسم الخريطة = 1 ÷ 2500 = طول الخط على الخريطة ÷ طول الخط في الطبيعة.

طول الخط في الخريطة = طول الخط في الطبيعة × معامل التحويل × مقياس الرسم

$$= 258 \times 100 \times (2500/1)$$

$$= 2500/25800$$

$$= 10.32 \text{ cm}$$

أي كل 258 متر في الطبيعة تعادل 10.32 سم على الخريطة

ويلاحظ أن المسافة أو الطول على الخريطة يعبر عنه بالسم أو الملم وليس بالمتر الذي يستخدم في التعبير عن الأطوال في الطبيعة.

مثال :-

استخدمت خارطة مقياس رسمها 1:2000 لقياس مسافة بين نقطتين E و F و كان طول المسافة على الخريطة 70 ملم ، كم تكون المسافة على الطبيعة بين النقطتين ؟

الحل:

المسافة على الطبيعة = المسافة على الخريطة/ معامل التحويل × مقلوب مقياس الرسم

$$= 1/2000 \times 1000/70$$

$$= 1000/140000$$

$$= 140 \text{ m}$$

أي كل 70 مم أو 7 سم على الخريطة تعادل 140 متر في الطبيعة

مثال :-

قطعة أرض مستطيلة الشكل أبعادها على الخريطة 30 ملم × 80 ملم ، أوجد مساحتها على الطبيعة إذا كان مقياس رسم الخريطة 1:500؟

الحل:

المساحة على الطبيعة = المساحة على الخارطة / مربع معامل التحويل × مربع مقلوب مقياس الرسم

$$= 30 \times (1000)^2/80 \times (1/500)^2$$

$$= 2400 / 1000000 \times 1/250000$$

$$= 600000000 / 1000000$$

= 600 متر مربع

أي كل 2400 مليمترمربع أو 24 سنتيمتر مربع على الخارطة يعادل 600 متر مربع على الطبيعة

2 - **المقياس التخطيطي:**

هذا المقياس يتم رسمه على لوحة الخريطة وتعين منه المسافات مباشرةً ، فاستخدامه أسهل من المقياس العددي ومن مزايا هذا المقياس أنه :

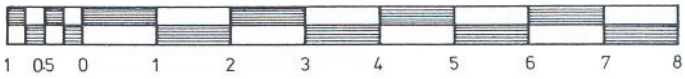
1- أسهل من المقاييس العددية من حيث أن استخدامه لا يحتاج لحسابات.

2- تسهيل العمل وتوفير الوقت وقله الخطأ.

3- يرسم المقياس في أسفل الخريطة وبذلك يتلاشى تأثير التمدد والانكماش على الأطوال المعينة بالمقياس التخطيطي.

وتنقسم المقاييس التخطيطية إلى قسمين :

أولاً : **المقياس البسيط** : هذا المقياس هو أبسط أنواع المقياس التخطيطي و يوضح الشكل 6.3 مقياس تخطيطي بسيط للمقياس 1:100 و يقرأ حتى 0.25 م .



الشكل 6.3: المقياس التخطيطي البسيط

ويمكن شرح إنشاء المقياس التخطيطي البسيط بالمثال التالي :

مثال :-

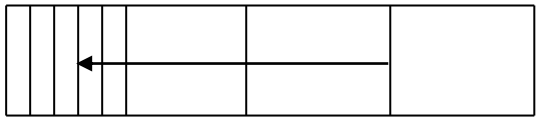
أرسم مقياس تخطيطي بسيط 1:1000 ليقرأ 2 متر ووضح عليه المسافة 24 متر.

الحل :-

هذا المقياس معناه أن 1سم على الخريطة يقابلها في الطبيعة 1000سم.

بمعنى أن 1سم على الخريطة يقابلها في الطبيعة 10متر.

نرسم خط مستقيم بطول مناسب ونأخذ عليه عده أقسام متساوية طول كل قسم منها 1سم ويكتب عليها ما تساويه في الطبيعة وهو 10متر.



الشكل 7.3: مقياس بسيط 1:1000 يقرأ 2م – السهم يمثل مسافة 24 م

وبهذا المقياس يكون أصغر قسم يمكن معرفته هو 10متر ولكن المطلوب مقياس يبين 2متر ولذلك نأخذ القسم الموجود على يسار الصفر ونقسمه إلى 5 أجزاء كل منها يساوي 2متر كما هو موضح في الشكل 7.3 . أما المسافة 24 متر والمطلوب تحديدها بهذا المقياس والمشار إليها بالسهم في الرسم فتمثل بطول 20 متر من الجزء الرئيسي للمقياس على يمين الصفر وبإضافة 4 متر من الجزء الفرعي يسار الصفر.

ثانيا : **المقياس الشبكي (القطري):**

يستعمل هذا المقياس لنفس الغرض إلا أنه يساعد في تعيين المسافات بدقة أكبر من المقياس البسيط. وفي هذا المقياس يتم تقسيم القسم الذي على اليسار من الصفر إلى العدد المطلوب من الأقسام والذي تحدده دقة القراءة المطلوبة.

مثال:-

المطلوب رسم مقياس تخطيطي شبكي لخريطة لها مقياس رسم 2000:1 يبين أمتار صحيحة

الحل :-

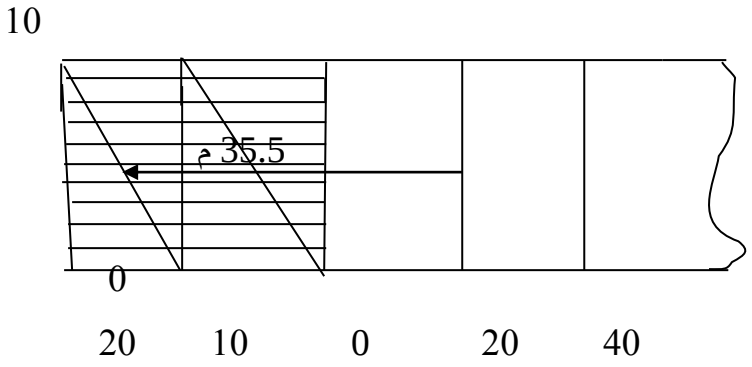
1متر في الخريطة يقابله في الطبيعة 2000متر

100سم في الخريطة يقابله في الطبيعة 2000 متر

1 سم في الخريطة يقابله في الطبيعة 20 متر

وترسم مستقيماً أفقياً على الخريطة ونقسمه إلى أقسام رئيسية متساوية كل منها يساوي 1سم ويمثل 20 متراً في الطبيعة ويبين الأبعاد المقابلة لها ابتداءً من صفر , 20, 40 وهكذا .

ونأخذ قسماً على يسار الصفر قيمته 20متر وهو في الخريطة يساوي 1سم فنقسمه إلى 20قسم – وبما أنه من الصعب تقسيم 1سم إلى 20 قسم بدقة ، لذلك نقسم الجزء الأساسي على يسار الصفر إلى قسمين مثلاً كل منهما يساوي 10متر ونقيم عمود على المقياس الأساسي على القراءة 10 متر فيصبح عندنا مستطيلين ونأخذ عليهما 10 أقسام أفقية متساوية ونرسم منها خطوط موازية للمقياس الأساسي (كل قسم من هذه الأقسام يمثل 1 متر) ثم نوصل قطري المستطيلين كما هو مبين في الشكل 8.3 .



الشكل 8.3: مقياس شبكي لخريطة 1:2000 يقرأ 1 متر

السهم على المقياس يقرأ مسافة قدرها 35.5 متر .

ويلاحظ أنه يمكن التحكم في أقل وحده على المقياس الرئيسي وبذلك يمكن تحديد عدد الأقسام الرأسية كي يمكن الحصول على أقل قراءة :

عدد الأقسام الرأسية = أقل وحدة على المقياس الرئيسي ÷ أقل قراءة مطلوبة

في المثال السابق ، أقل وحده على المقياس الرئيسي = 10متر

أقل قراءة مطلوبة = 1 متر

عدد الأقسام الرأسية للحصول على أقل قراءة = 10 ÷ 1 = 10 أقسام

ويمكن أن تكون الأقسام 5 أفقية و 4 رأسية أو 4 أفقية و 5 رأسية وهي الأقسام من 1 إلى 10

مثال :-

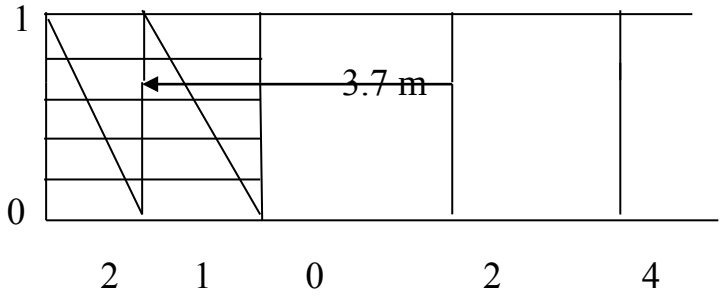
أرسم مقياس شبكي 200:1 يقرأ إلى 0.2 متر وبين عليه القراءة 3.7 متر

الحل:-

نرسم خط يبين المقياس الرئيسي 1 سم يمثل 2 متر. إذن أقل وحده على المقياس الرئيسي = 2متر

أقل قراءة مطلوبة = 0.2 متر.

عدد الأقسام الرأسية = 2 ÷ 0.2 = 10 أقسام ، و يمكن أن تقسم 2 أفقي و 5 رأسي كما هو في الشكل 9.3 . كل خط داخل المقياس الشبكي يمثل 0.2 متر.



الشكل 9.3: مقياس شبكي يقرأ إلى 0.2 متر
السهم يقرأ مسافة قدرها 3.7 متر

حساب المساحات

في كثير من الأحيان تكون هنالك حاجة ماسة لمعرفة مساحة قطعة أرض ذات حدود معينة. وربما تكون حدود هذه الأرض موقعة على خريطة بمقياس رسم معلوم. وهنالك طرق مختلفة لإيجاد مساحة قطعة الأرض : بعضها يستخدم في إيجاد المساحة من الخريطة وبعضها يستخدم عند القياس المباشر على الطبيعة . وبعضها يناسب الحدود ذات الخطوط المستقيمة التي تشكل أشكال هندسية منتظمة وبعضها يناسب الحدود ذات الخطوط غير المنتظمة.

أما إيجاد المساحة من الخريطة فهي الطريقة الأكثر استعمالاً إذ أن القياسات المطلوبة كلها تتم من على لوحة الخريطة واستخدام مقياس رسم الخريطة إن كان معلوماً دون الرجوع إلى الموقع . إلا أن عيب هذه الطريقة هو تراكم الأخطاء التي تنتج من توقيع الخريطة نفسها و من القياس على الخريطة . ومع أن هذه المشكلة يمكن علاجها باستخدام الطريقة الثانية وهي أخذ القياسات من الموقع مباشرةً إلا أن ذلك يتطلب تكلفة مادية و جهد عملي أكبر ، ولذلك تظل الطريقة الأولى هي الأكثر استعمالاً .

أما التصنيف الآخر لإيجاد المساحة فهو الذي يتم بالنظر إلى طريقة حساب المساحة . وذلك يمكن أن يتم بالطرق الرياضية والتخطيطية والآلية. أما الطرق الرياضية فيمكن استخدامها مع القياسات التي تتم في الموقع على الأرض كما يمكن استخدامها مع القياسات التي تتم على الخريطة ، وأما الطريقتين الأخريين وهما التخطيطية والآلية فلا بد من استخدامهما مع الحدود الموقعة على الخريطة بالمقياس المعلوم.

2.4 الطرق الرياضية لإيجاد المساحة

إذا كانت المنطقة تحد بحدود هندسية منتظمة فيمكن استخدام النموذج الرياضي المناسب للشكل الهندسي للحدود ، أما إذا كانت لا تشكل حدوداً هندسية منتظمة فيمكن استخدام طرق رياضية يتم تطبيقها لإيجاد المساحة تقريبياً.

1- النماذج الرياضية للأراضي ذات الحدود المنتظمة:

هنالك نماذج رياضية تناسب المنطقة ذات الحدود الهندسية المنتظمة مثل تلك التي تشكل شكل مثلث أو مربع أو مستطيل أو معين أو متوازي أضلاع أو شبه منحرف أو أي شكل محدد بخطوط مستقيمة أو دائرية أو قطاع من دائرة أو أي تركيب من هذه الأشكال.

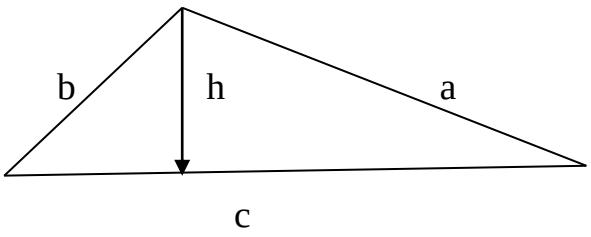
1- المثلث (الشكل 1.4):

أ) إذا تم قياس أضلاع المثلث الثلاثة (a,b,c) فإن مساحة المثلث (A) تحسب من القانون الرياضي التالي:

$$A = [s*(s-a)*(s-b)*(s-c)]^{1/2}$$

حيث :s هي نصف محيط المثلث

$$s = (a + b + c) / 2$$



الشكل 1.4 قطعة الأرض على شكل مثلث أطوال أضلاعه a،b،c.

ب) وإذا تم قياس قاعدة المثلث (أحد أضلاعه الثلاثة ، c مثلاً) وتم قياس العمود النازل عليها من الركن المقابل (ارتفاع المثلث h) فإن المساحة A تحسب من القانون التالي:

$$A = (1/2) * c * h$$

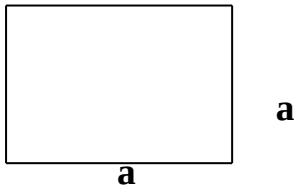
ج) وإذا تم قياس طولي ضلعين متجاورين من المثلث (الضلعين a و b مثلاً) و الزاوية المحصورة بينهما (زاوية C) فإن المساحة A تحسب من العلاقة التالية:

$$A = (1/2) * a * b * \sin C$$

2- الأشكال الهندسية غير المثلث:

أ- <u>المربع</u>: الشكل (2.4) إذا كان طول ضلع المربع يساوي a فإن مساحته تساوي الضلع في نفسه :

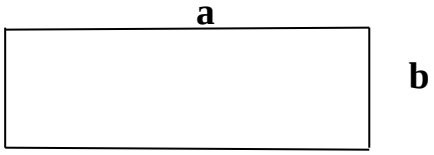
$$A = a^2$$



الشكل 2.4: قطعة الأرض على شكل مربع طول ضلعه a .

ب- <u>المستطيل</u>: (الشكل 3.4) إذا كان طوله يساوي a وعرضه يساوي b فإن مساحته A هي:

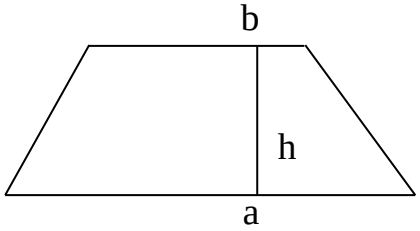
$$A = a * b$$



الشكل 3.4: قطعة الأرض على شكل مستطيل.

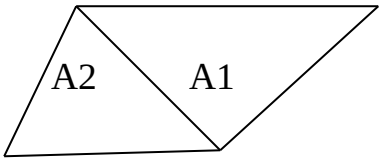
ج- <u>شبه المنحرف</u>: إذا كان طول القاعدة a وطول القاعدة الأخرى الموازية لها يساوي b وارتفاعه (المسافة بين القاعدتين) يساوي h (الشكل 4.4) فإن المساحة A هي:

$$A = (1/2) * (a + b) * h$$



الشكل 4.4 : قطعة الأرض على شكل شبه المنحرف.

د) إذا كان شكل قطعة الأرض يمثل أي شكل هندسي مكون من أكثر من ثلاثة أضلاع مستقيمة (الشكل 5.4) ، مثل الشكل الرباعي أو الخماسي أو السداسي ، فيمكن تقسيمه إلى مثلثات يتم قياس أضلاعها وحساب مساحة كل مثلث ثم جمع هذه المساحات لإيجاد المساحة الكلية.



الشكل 5.4 قطعة الأرض ذات الحدود المستقيمة.

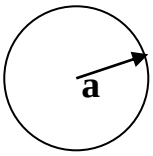
مساحة قطعة الأرض ذات الشكل الرباعي الذي يظهر في الشكل 5.4 تساوي مجموع مساحتي المثلثين:

$$\mathbf{A = A_1 + A_2}$$

هـ- <u>الشكل الدائري</u>:

- مساحة الدائرة (الشكل 6.4) التي نصف قطرها a تحسب من العلاقة:

$$\mathbf{A = \pi * a^2}$$



نصف قطر الدائرة =

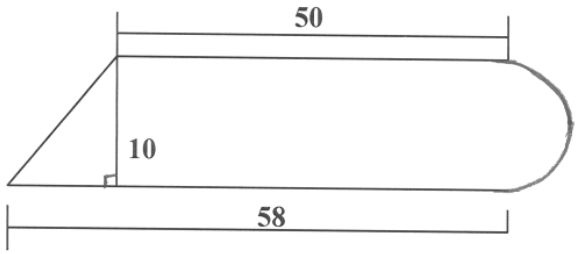
الشكل 6.4: قطعة الأرض ذات الشكل الدائري

- مساحة القطاع من هذه الدائرة الذي زاويته عند المركز تساوي α راديان (أو α * 360 درجة ستيني):

$$\mathbf{A = \pi * a^2 * \alpha}$$

مثال :-

أوجد مساحة قطعة الأرض التي تظهر حدودها في الشكل 7.4 والتي يمكن تقسيمها إلى نصف دائرة قطرها 10 متر ومستطيل طوله 50متر وعرضه 10 متر ومثلث قائم الزاوية.



الشكل 7.4 : قطعة أرض مكونة من نصف دائرة و مستطيل و مثلث قائم الزاوية

الحل:

مساحة نصف الدائرة = $0.5 \times \pi \times (10/2)^2$ = 39.27 متر مربع

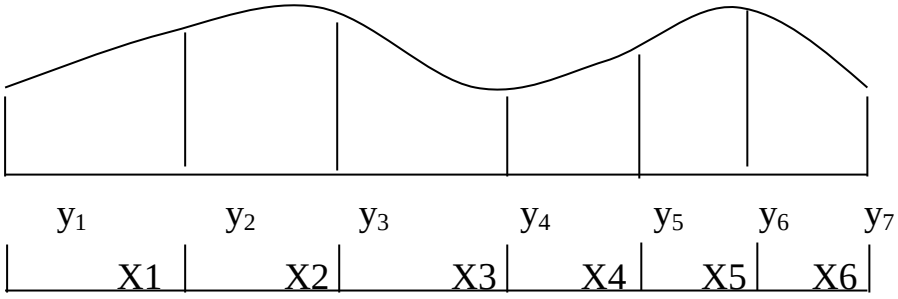
مساحة المستطيل = 50×10 = 500 متر مربع

مساحة المثلث قائم الزاوية = $10 \times 8 / 2$ = 40 متر مربع

المساحة الكلية للقطعة = 40.00 + 500.00 + 39.27 = 579.27 متر مربع.

2 – النماذج الرياضية للأراضي ذات الحدود غير المنتظمة: -

في الكثير من الحالات تكون لقطعة الأرض حدود لا تتشكل من خطوط مستقيمة أو أقواس دائرية بحيث يمكن تطبيق النموذج الرياضي المناسب كما تم في الفقرة السابقة. في هذه الحالة نقوم بمد محور على طول المنطقة ونقيم عليه أعمدة – على مسافات متساوية - إلى حدود الأرض كما يتضح في الشكل (8.4).



الشكل 8.4 قطعة أرض ذات حدود غير منتظمة

إذا علمنا المسافة بين كل عمود والذي يليه (x مثلاً) و بقياس أبعاد هذه الأعمدة من حدود المنطقة (y_i) (لكل عمود i من 1 إلى n عمود (n = 7 في الشكل 8.4) يمكن حساب المساحة حساباً تقديرياً بالطريقة التي توائم شكل حدود المنطقة من الطرق التالية:

1- طريقة متوسط أطوال الأعمدة:

نحسب أولاً متوسط أطوال الأعمدة Y من العلاقة:

$$\mathbf{Y = [\, y_1 + y_2 + y_3 + \ldots + y_n \,] / n}$$

ومن ثم نحسب المساحة A من العلاقة التالية:

المساحة الكلية = متوسط أطوال الأعمدة [Y] × طول المحور [x * (n – 1)]

2- طريقة أشباه المنحرفات

وهذه الطريقة أكثر دقة من الأولى ، ونعتبر فيها أن كل مساحة بين عمودين هي مساحة شبه منحرف ، فمثلاً مساحة الجزء الأول من اليسار هي :

$$A_1 = x * (y_1 + y_2) / 2$$

ومساحة الجزء الثاني هي:

$$A_2 = x * (y_2 + y_3) / 2$$

ومساحة الجزء الأخير هي:

$$A_{n-1} = x * (y_{n-1} + y_n) / 2$$

وبجمع مساحات كل الأجزاء التي تكون المنطقة نوجد المساحة :

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \ldots\ldots + A_{n-1}$$

أو:

$$A = (x/2) * [y_1 + 2 * y_2 + 2 * y_3 + \ldots.. + 2* y_{n-1} + y_n]$$

3- طريقة سيميسون:

وتعتبر أكثر دقة من سابقتيها إذا كانت حدود المنطقة منحنية أو أشبه بالمنحنى من الخط المستقيم ، ويراعى عند تطبيقها أن يكون عدد الأعمدة n عدداً فردياً.

$$A = (x/3) * [y_1 + 4*y_2 + 2*y_3 + 4*y_4 + 2*y_5 + \ldots.. + 4*y_{n-1} + y_n] \quad (11.4)$$

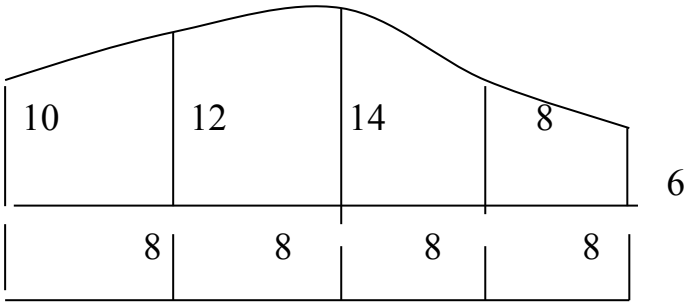
ويمكن صياغتها لفظياً على النحو التالي:

المساحة = (x/3) * (طول العمود الأول + طول العمود الأخير + ضعف مجموع الأعمدة الفردية غير الأول و الأخير + أربعة أضعاف مجموع الأعمدة الزوجية).

ملاحظة: يلاحظ أن الطريقة الثانية يمكن استخدامها لتقدير مساحة القطعة التي تشكل حدودها خطوطاً مستقيمة بين الأعمدة ، في حين أن الطريقة الأخيرة تعبر أكثر عن الحدود التي تكون في شكل منحنى بين الأعمدة.

مثال:-

قسمت مساحة قطعة أرض إلى 4 أجزاء كما هو مبين في الشكل 9.4 . كل القياسات بالأمتار. أوجد مساحة قطعة الأرض باستخدام كل من الطرق الثلاث.



الشكل 9.4 : قطعة أرض حدودها غير منتظمة قسمت إلى 4 أجزاء

الحل:-

1- طريقة متوسط أطوال الأعمدة :

متوسط أطوال الأعمدة Y :

$$Y = [6 + 8 + 14 + 12 + 10] / 5$$

$$= 10 \text{ متر}$$

طول المحور = عدد الأجزاء × طول الجزء الواحد = $x * (n-1)$

$$= 4 \times 8 = 32 \text{ متر}$$

المساحة = متوسط أطوال الأعمدة × طول المحور

$$10 \times 32 = 320 \text{ متر مربع}$$

2- طريقة أشباه المنحرفات:

المساحة = $(8/2) [10 + 6 + 2x(8 + 14 + 12)]$

$$= 4 \times 84 = 336 \text{ متر مربع}$$

3- طريقة سيمسون:

المساحة = $(8/3) [10 + 6 + 4(8 + 12) + 2x14]$

$$= 8 \times 124 \div 3 = 330.67 \text{ متر مربع}$$

المحاضرة الرابعة

التسوية

من العمليات الأساسية في علم المساحة دراسة تضاريس سطح الأرض والتعرف على مكوناته من جبال وتلال وهضاب ووديان ومجاري أنهار وغير ذلك . ويتم ذلك بإيجاد الأبعاد الرأسية بين نقاط سطح الأرض المختلفة ثم مقارنة ارتفاعات هذه النقاط وانخفاضاتها عن مستوى ثابت نطلق عليه مستوى سطح المقارنة. وفي معظم البلدان يستخدم متوسط منسوب سطح البحر كمستوى لمقارنة هذه الارتفاعات.

ومن المعلوم أن معرفة تضاريس سطح الأرض وفروق ارتفاعات نقاط سطح الأرض من المعلومات الهامة و الأساسية لأعمال المشاريع الهندسية ذات الصلة بسطح الأرض مثل: تخطيط وإنشاء الطرق والجسور والمطارات وخطوط السكة الحديدية وعمليات تسوية الأراضي لقواعد المباني و تسوية الأراضي للري وإنشاء و تطهير الترع وقنوات الري والمصارف .

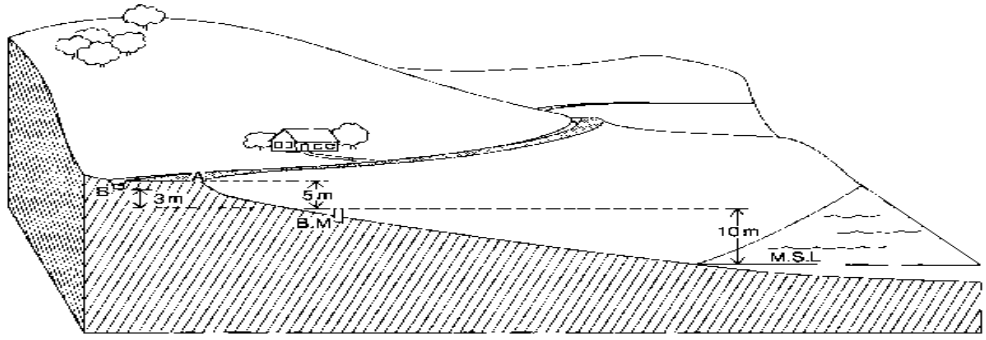
هذا الباب سيكون الحديث شرحاً لعملية قياس فروق الارتفاعات و إيجاد مناسيب النقاط باستخدام جهاز الميزان وهي الطريقة الأكثر استخداماً في عمليات المساحة الأرضية التفصيلية ، ويطلق عليها الميزانية. وسنبدأ بتعريف بعض المصطلحات المهمة لهذا الدرس.

تعريف مصطلحات التسوية(مهمة)

1- **مستوى المقارنة:** هو المستوى الذي ينسب إليه ارتفاع نقطة ما على سطح الأرض . وتتخذ كل دولة من دول العالم مستوى للمقارنة خاص بها تنسب إليه ارتفاعات جميع أراضيها ، وفي الغالب يكون هذا المستوى هو السطح الوسطي للبحر.

2- **منسوب النقطة:** هو البعد الرأسي بين أي نقطة على سطح الأرض و بين مستوى المقارنة ، ويأخذ هذا البعد إشارة موجبة إذا كانت النقطة فوق مستوى المقارنة وإشارة سالبة إذا كانت النقطة تحت مستوى المقارنة.

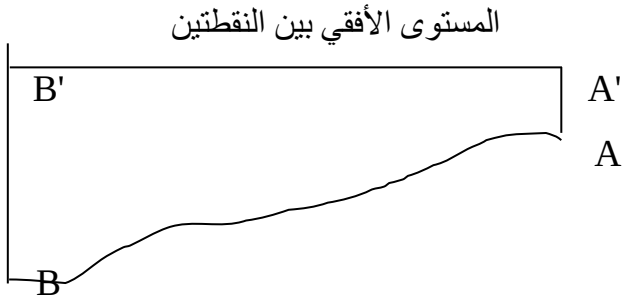
3- **نقطة مرجع التسوية (الروبير):** هو نقطة سبق إيجاد منسوبها بالنسبة لمستوى المقارنة (السطح الوسطي للبحر) بدقة عالية وتتخذ كنقطة مرجعية لقياس مناسيب النقاط الأخرى



الشكل 3.5: نقطة الارتفاع المرجعية الأرضية BM ارتفاعها 10 متر فوق السطح الوسطي للبحر [3]

نظرية التسوية

لإيجاد فرق الارتفاع بين نقطتين A و B مثلاً (الشكل 4.5) نحتاج لتعيين مستوى أفقي (A'B') ثم نقوم بقياس المسافة الرأسية بين كل نقطة من النقطتين A و B والمستوى الأفقي (AA' و BB'). ثم نوجد الفرق بين القيمتين ليكون هو فرق الارتفاع المطلوب [10] .

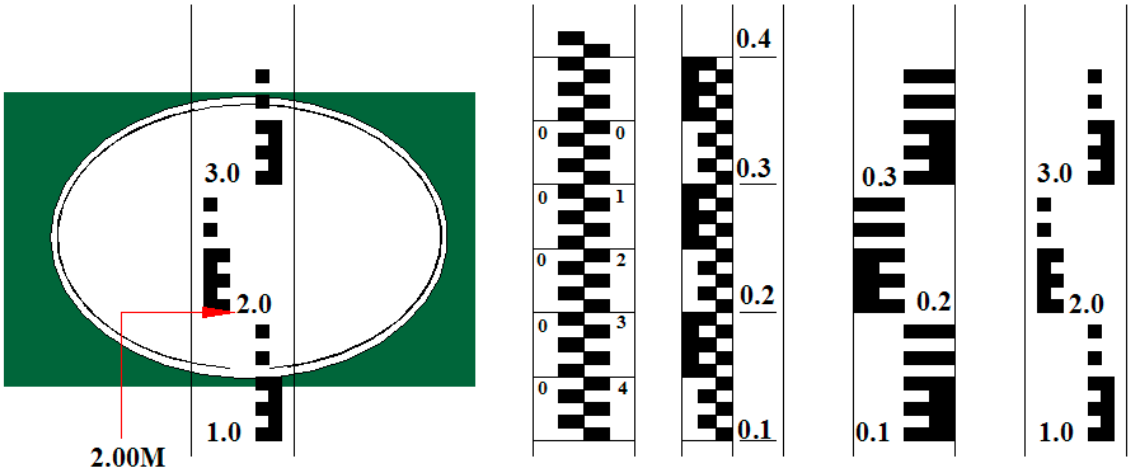


الشكل 4.5: وضع المستوى الأفقي بين النقطتين A و B

وعلى هذا الأساس نجد أننا في حاجة إلى جهاز التسوية (level) لإنشاء المستوى الأفقي والقامة (staff) لتساعد في قياس فرق الارتفاع بين كل نقطة والمستوى الأفقي .وفيما يلي نلقي نظرة سريعة على كل منهما ثم نتعرف على طريقة استخدامهما لقياس فرق الارتفاع بين النقطتين.

القامة Staff

عبارة عن مقياس بطول 3-4 متر مصنوعة من خشب عليه طبقة سميكة من الطلاء لحفظه من العوامل الجوية وهي مدرجة إلى أمتار ودسم وسم وتطلى أقسام التدريج بلونين مختلفين للتمييز بينهما وتوجد علامة عند كل دسم وأحياناً يثبت في ظهر أو جانب القامة ميزان تسوية دائري صغير حتى يمكن جعل القامة رأسية تماماً أثناء العمل . ويوضح الشكل 5.5 نوع من أجهزة القامة المستخدمة في عمليات الميزانية.



الشكل 5.5: جهاز القامة المدرجة (تدريج متري) [2]

جهاز التسوية (الميزان)

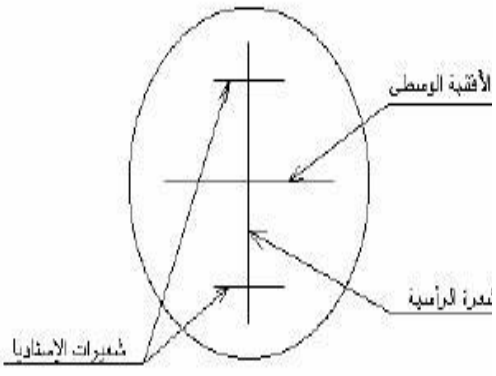
هو الجهاز الذي بواسطته يمكن الحصول على مستوى أفقي مهما دار الجهاز حول محوره الرأسي، هذا المستوى الأفقي يقطع القامة في القراءة المطلوبة ومنها نستنتج مناسيب وفروق الأبعاد الرأسية المطلوبة. وهنالك أنواع كثيرة من أجهزة التسوية منها جهاز التسوية البصري العادي والدقيق و جهاز التسوية الأتوماتيكي والرقمي وميزان الليزر.

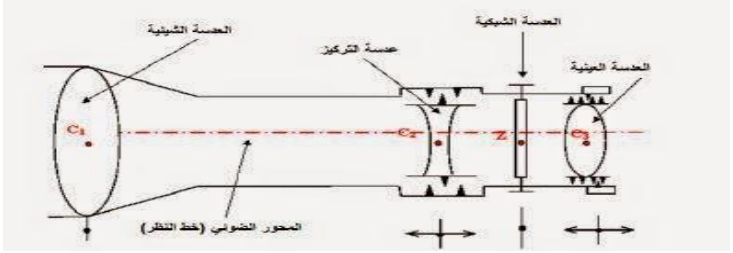
ويتكون أي جهاز تسوية مهما كان نوعه من ثلاثة أجزاء رئيسية :

1- منظار مساحي .
2- ميزان التسوية .
3- قاعدة جهاز التسوية .

1- المنظار المساحي(مشاهدة) :

يتركب المنظار المساحي من أسطوانة معدنية مثبت في أحد طرفيها العدسة الجسمية وفي الطرف الآخر العدسة العينية. والغرض من العدسة الجسمية الحصول على صورة مقلوبة مصغرة وأما العينية فتكبر هذه الصورة ويضع الراصد عينه عليها ليرى صورة القامة بتدريجاتها. وداخل أسطوانة المنظار توجد عدسة إضافية وظيفتها تطبيق مستوى الصورة على مستوى حامل الشعرات بواسطة لولب التطبيق (وتكبيرهما). وأمام العدسة العينية داخل المنظار يوجد حامل الشعرات وهو عبارة عن حلقة مركب عليها شعرات متعامدة أو لوح زجاج محفور عليه خطوط متعامدة والغرض منه تحديد محور المنظار لتقع عليه صورة المرئيات (القامة) وهو مثبت في أسطوانة المنظار بواسطة أربعة لوالب.





2- جهاز ميزان التسوية الزئبقي(مشاهدة) :

وهو عبارة عن وعاء أسطواني سطحه العلوي يمثل سطح برميلي الشكل (الشكل 6.5-a) . والوعاء مملوء بسائل زئبقي وتوجد علامات تبعد عن بعضها بمقدار 2 ملم لتحديد مدى ضبط الأفقية ، ويستعمل في الضبط الدقيق لأفقية الجهاز. ويوجد أيضاً ميزان تسوية مستدير يستعمل في الضبط التقريبي لأفقية الجهاز (الشكل 6.5-b) .

إذا وضع الجهاز على سطح أفقي ثبتت الفقاعة في منتصف الوعاء وإذا وضع في مستوى مائل اتجهت الفقاعة نحو الطرف الأعلى من الوعاء .

(b) (a)

الشكل 6.5: (a) زئبقية أسطوانية و (b) زئبقية دائرية [2]

3- قاعدة جهاز التسوية(مشاهدة)

وتسمى قاعدة الجهاز وتتكون من قطعتين من المعدن: الأولى عبارة عن القاعدة المثبت فيها المحور الرأسي للجهاز المستعمل والثانية هي التي ترتكز على رأس الحامل ذي الثلاث أرجل و يربط بينهما ثلاث لوالب تستخدم في عملية تسوية الجهاز يطلق عليها لوالب التسوية (الشكل 7.5) . و يمكن بواسطة هذه اللوالب إمالة القاعدة لضبط المحور الرأسي بواسطة ميزان التسوية الذي قد يكون مثبت في القاعدة نفسها أو على الجهاز نفسه .

الشكل 7.5: قاعدة جهاز التسوية (لاحظ لوالب التسوية الثلاثة) [2]

وتثبت القاعدة السفلى للجهاز على حامل ثلاثي الأرجل (الشكل 8.5) . يتكون الحامل من ثلاثة أرجل خشبية أو معدنية. ويمكن إطالة أي من هذه الأرجل ليتسنى وضع جهاز التسوية في مستوى أفقي بالتقريب. و أما الضبط الدقيق لأفقية الجهاز فيتم باستخدام لوالب التسوية مع ملاحظة وضع الفقاعة في ميزان التسوية.

الشكل 8.5: الحامل ثلاثي الأرجل [2]

شروط صحة جهاز التسوية(للأطلاع) :

قبل استعمال جهاز التسوية لتعيين مناسيب النقاط يجب أن تتوفر فيه الشروط التالية :

1- انطباق خط النظر على المحور البصري (الضوئي) للمنظار فيكون الناتج هو خط الانطباق.

2- الموازاة بين محور ميزان التسوية وبين خط الانطباق.

3- تعامد المحور الرأسي للجهاز مع المحور الطولي لميزان التسوية الرئيسي.

وتعرف هذه الشروط بالشروط الدائمة لجهاز التسوية وتسمى العمليات التي تجرى لتحقيقها بالضبط الدائم لأنها إذا سويت مرة واحدة لا تتغير إلا إذا أسيئ استعمال الجهاز ولا يحتاج إلى تكرارها إلا بعد فترة من الاستعمال.

الضبط المؤقت لجهاز التسوية(مهم)

وهو ما يجب إجراؤه في الحقل كلما أعد الجهاز للرصد ويشمل:

1- ضبط أفقية الجهاز.

2- التطبيق وتصحيح خطأ الوضع.

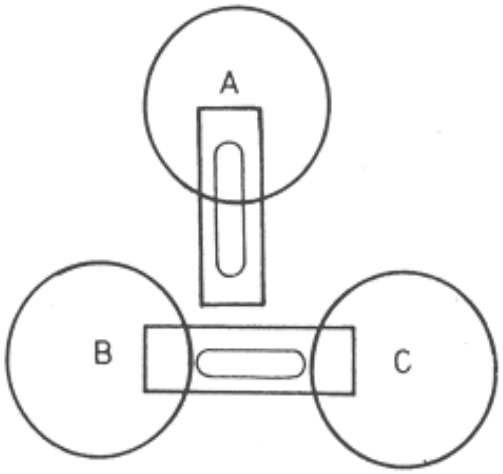
أولاً : ضبط الأفقية :

أثناء وضع الجهاز في النقطة المفروض وضعه عليها نحاول أن نضبط بالتقريب الأفقية بتحريك أرجل الحامل أو برفع أو خفض أحد أرجل الحامل مع ملاحظة فقاعة ميزان التسوية .

إن طريقة الضبط باستخدام لوالب التسوية تختلف باختلاف نوع جهاز التسوية. ففي الأجهزة من نوع جهاز دمبي وجهاز كوك نجعل المنظار موازياً لاتجاه أي لولبين من لوالب التسوية الثلاثة (B و C مثلاً كما في الشكل 9.5) ونلف هذين اللولبين إما للداخل أو للخارج معاً وذلك لتتحرك الفقاعة في اتجاه الخط الواصل بينهما حتى تثبت الفقاعة في منتصف مجراها تماماً. ثم ندير المنظار 90 درجة فيصير عمودياً على وضعه الأول ونلف لولب التسوية الثالث (اللولب A) فتتحرك الفقاعة أيضاً حتى تثبت في المنتصف تماماً في هذا الوضع الجديد. ثم نرجع المنظار إلى موضعه الأول ونكرر نفس العملية مرة أخرى حتى تثبت فقاعة ميزان التسوية في منتصف مجراها تماماً في أي وضع .

أما بالنسبة للموازين ذات الإمالة والتي تكون مزودة بميزان تسوية دائري للضبط الأولي وآخر أسطواني للضبط الدقيق فنقوم بتحريك لولبين من لوالب التسوية إما للداخل أو للخارج معاً كما هو

مشروح أعلاه حتى تصبح الفقاعة في منتصف مجراها بالنسبة للولبين ومن ثم نحرك اللولب الثالث لضبط الفقاعة في المنتصف تماماً وذلك من دون تحريك المنظار. ويتم ضبط ميزان التسوية الطولي قبل القراءة مباشرةً باستخدام لولب خاص بذلك.



الشكل 9.5: وضع ميزان التسوية بالنسبة للوالب التسوية لضبط أفقية الجهاز [1]

ثانياً : التطبيق (ضبط الرؤية) و تصحيح خطأ الوضع

إن خطأ الوضع هو عبارة عن عدم ثبات الصورة تبعاً لتحريك العين وذلك لعدم سقوط الصورة المتكونة من العدسة الجسمية على مستوى حامل الشعرات تماماً بحيث إذا حرك الراصد عينه إلى أعلى أو إلى أسفل أمام عينية المنظار يشاهد أن الشعرة الأفقية تتحرك على قراءات أقسام القامة.

ولتصحيح هذا الخطأ تحرك العدسة العينية إلى الداخل أو إلى الخارج حتى تظهر الشعرات في أوضح حالاتها ثم تحرك لولب التطبيق حتى تبدو أقسام القامة واضحة جداً وبذلك ينعدم حدوث اهتزاز بين الشعرة الأفقية وبين أقسام القامة.

الاحتياطات الواجبة عند أخذ الأرصاد بجهاز التسوية(مهمة)

للحصول على نتائج دقيقة ولتفادي بعض الأخطاء في الجهاز نفسه يجب إتباع الإرشادات التالية :

1- وضع الجهاز في منتصف المسافة تقريباً بين كل قراءة أمامية وخلفية للتخلص من أخطاء الجهاز نفسه.

2- يجب ألا تزيد المسافة بين الجهاز والقامة عن 100 متر وذلك لتمييز تقاسيم القامة جيداً وسهولة القراءة عليها بدون أخطاء.

3- يجب التأكد من أن الفقاعة في منتصف ميزان التسوية تماماً .

4- أن توضع القامة رأسياً تماماً على الأرض.

5- يجب أن تكون النقطة التي عليها القامة أرضاً صلبةً حتى لا تهبط القامة خاصة عند تدويرها لقراءتها من اتجاه آخر والأفضل استعمال القاعدة الحديدية الثابتة التي توضع تحت القامة.

6- يجب عدم الضغط على الجهاز وأن يثبت حامل الجهاز (الحامل ذو الثلاث أرجل) في الأرض جيداً وأن يكون الجهاز في وضع بعيد من حركة المرور.

هنالك بعض المصطلحات الخاصة بعمليات التسوية و التي يجب التعرف عليها قبل شرح عملية الرصد الميداني و عمل جدول التسوية لتدوين البيانات:

1- القراءة الخلفية :

وهي القراءة التي تؤخذ بعد ضبط الجهاز مباشرة " ضبط مؤقت". و هي أول قراءة قامة يتم رصدها من أي وضع جديد لجهاز التسوية.

2- القراءة الأمامية :

وهي آخر قراءة على القامة تؤخذ من وضع جهاز التسوية .

3- **القراءة المتوسطة** :

وهي قراءة أو أكثر تؤخذ ما بين القراءة الخلفية و القراءة الأمامية .

4- **نقطة الدوران** :

هي النقطة التي توضع عليها القامة و يؤخذ عندها قراءتان إحداهما أمامية والأخرى خلفية أي عند هذه النقطة ينقل الجهاز ويدور حول القامة بينما تظل القامة ثابتة في مكانها لذلك يجب مراعاة أن تكون القامة عند هذه النقطة على أرض صلبة حتى لا تتعرض للهبوط وتؤثر على دقة الأرصاد.

طرق تعيين مناسيب النقاط

1- طريقة منسوب سطح الجهاز: في هذه الطريقة نتبع الخطوات التالية:-

1- نحسب منسوب خط نظر جهاز التسوية من قراءة القامة على النقطة المرصودة أولاً (A خلفية) ومن منسوبها المعلوم(B.M) ، ونسجل منسوب سطح الجهاز في عمود الحسابات في صف النقطة A التي حسبناه عندها إذ أنَّ **منسوب خط النظر (منسوب سطح الجهاز) = منسوب الروبير(B.M) + القراءة الخلفية للنقطة A.**

فلو فرضنا أنَّ منسوب الـ B.M هو 25 متر وكانت قراءة الجهاز الأولى(القراءة الخلفية عند النقطة A هي 0.6 فإنَّ منسوب خطر النظر= 25 + 0.6 = 25.6 متر.

2- لو أردنا أن نأخذ عدة قراءات بعد القراءة الأولى فإنَّ هذه القراءات تسمى بالقراءات الوسطية وهي جميع القراءات المأخوذة بعد القراءة الأولى(الخلفية) وقبل القراءة الأخيرة(الأمامية).

وأنَّ **منسوب أي قراءة وسطية = منسوب خط النظر – القراءة الوسطية**

فلو كان لدينا قراءة وسطية B = 2.75 متر و C = 2.55 متر فإنَّ مناسيبها كالاتي:

منسوب النقطة B = 25.6 – 2.75 = 22.85

منسوب النقطة C = 25.6 – 2.55 = 23.05

4- لو أخذنا آخر قراءة وهي تمثل نهاية العمل لساعات عدة فإنَّ هذه القراءة تمثل القراءة الأمامية، وأنَّ منسوبها = منسوب خط النظر – القراءة الأمامية

فلو كانت القراءة الأخيرة D = 1.25 متر فإنَّ منسوبها = 25.6 – 1.25 = 24.35 متر

وكما هو موضح في الجدول التالي:-

النقطة	القراءة الخلفية	القراءة الوسطية	القراءة الأمامية	إرتفاع خط النظر	المنسوب	الملاحظات
A	**0.6**			**25.6**	**25**	**B.M**
B		**2.75**			**22.85**	
C		**2.55**			**23.05**	
D			**1.25**		**24.35**	

للتحقق من صحة الحسابات التي أجريت في الجدول نحسب الفرق بين مجموع القراءات في عمود الخلفية و مجموع القراءات في عمود الأمامية . هذا الفرق يجب أن يساوي الفرق بين منسوب آخر نقطة و منسوب أول نقطة.

مجموع القراءات الخلفية – مجموع القراءات الأمامية = 0.6 – 1.25 = - 0.65 متر

منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = 24.35 - 25 = - 0.65 متر

<u>ملاحظة:-</u> أحيانا نحتاج الى نقل الجهاز الى موقع جدبد كأن تكون المسافة بعيدة والرؤية غير واضحة بواسطة الجهاز وبذلك نقرّب الجهاز للتمكن من أخذ القراءات. وقبل نقل الجهاز تكون آخر قراءة تم أخذها هي قراءة أمامية منسوبها هو 24.35 متر، يبقى حامل المسطرة ماسكاً لها ويقوم بقلب وجه المسطرة باتجاه الجهاز في الموقع الجديد وبعد موازنة الجهاز وضبطه نأخذ قراءة المسطرة(قراءة خلفية) جديدة وبذلك يكون لدينا **منسوب خط نظر جديد = منسوب نقطة الدوران + القراءة الخلفية**

فلو كان لدينا منسوب نقطة D(نقطة دوران) = 24.35 متر قراءتها الخلفية 2.5 متر، فإنَّ منسوب خط النظر عند نقطة الدوران(D) = 24.35 + 2. 5 متر = 26.85 متر

ولو أخذنا قراءة وسطية جديدة بعد نقل الجهاز ولتكن E = 1.2 **متر فإنَّ منسوبها = منسوب خط النظر الجديد – القراءة الوسطية أي منسوب النقطة E = 26.85 – 1.2 = 25.65 متر**

اما منسوب القراءة الأمامية F(القراءة الأخيرة بعد نقل الجهاز) = 26.85 – 2.60 = 24.25 متر

وكما موضح في الجدول التالي:-

النقطة	القراءة الخلفية	القراءة الوسطية	القراءة الأمامية	إرتفاع خط النظر	المنسوب	الملاحظات
A	0.6			25.6	25	B.M
B		2.75			22.85	
C		2.55			23.05	
D	2.5		1.25	26.85	24.35	دوران(منسوب خط نظر جديد)
E		1.2			25.65	
F			2.60		24.25	

ويمكن التحقق من صحة القياس بنفس الطريقة السابقة

مجموع القراءات الخلفية – مجموع القراءات الأمامية = منسوب آخر قراءة – منسوب أول قراءة

جدول عمل قياس المناسيب الأرضية بطريقة منسوب سطح الميزان

النقطة	القراءة الخلفية	القراءة الوسطية	القراءة الأمامية	إرتفاع خط النظر	المنسوب	الملاحظات
A						B.M
B						
C						
D						
E						
F						

المحاضرة الخامسة

2- طريقة فرق الارتفاع والانخفاض:

في هذه الطريقة نسمي عمود الحسابات عمود فروق الارتفاع ونقسمه إلى عمودين أحدهما للارتفاع والثاني للانخفاض. فإذا رصدنا النقطة الأولى A – الخلفية – وكانت أعلى من النقطة الثانية B - الأمامية ح(أو المتوسطة لأمثلة أخرى) فإن قراءة القامة على A تكون أقل من قراءة القامة على النقطة الأدنى B وذلك واضح من الجدول ويكون فرق الارتفاع في هذه الحالة انخفاض ويسجل فرق القراءتين (وهو فرق الارتفاع بين النقطتين) في عمود الانخفاض في صف النقطة B .

فرق الارتفاع = 1.20 – 1.62 = - 0.42 متر ، ويسجل في عمود الانخفاض و يعطى علامة سالب (-) . ولحساب منسوب النقطة B نطرح قيمة الانخفاض من منسوب النقطة A ونسجله في عمود المنسوب في صف النقطة B كما هو واضح في الجدول التالي:

(كل البيانات بالأمتار)

النقطة	الخلفية	المتوسطة	الأمامية	الارتفاع (+)	الانخفاض (-)	المنسوب
A	1.20					615.20
B			1.62		0.42	614.78
المجموع	1.20		1.62	0.00	0.42	

وللتحقق من صحة الحسابات التي أجريت في الجدول ، يجب أن يتحقق الشرط التالي:

مجموع القراءات الخلفية – مجموع القراءات الأمامية = مجموع الارتفاعات – مجموع الانخفاضات = منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة.

ولتطبيق ذلك على الجدول

مجموع القراءات الخلفية - مجموع القراءات الأمامية = 1.20 – 1.62 = 0.42 متر.

مجموع الارتفاعات – مجموع الانخفاضات = 0.00 - 0.42 = - 0.42 متر.

منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة = 614.78 - 615.20 = - 0.42 متر.

ولتساوي القيم الثلاث نكون قد تأكدنا من صحة تدوين البيانات و الحسابات في الجدول.

مثال محلول:-

النقطة	خلفية	أمامية	ارتفاع +	انخفاض -	منسوب	ملاحظات
A	1.20				612.50	معلومة المنسوب
B	2.50	2.70		1.50	611.00	نقطة دوران
C	1.80	2.25	0.25		611.25	نقطة دوران
D		3.20		1.40	609.85	آخر نقطة
المجموع	5.50	8.15	0.25	2.90		للتحقق

التحقيق الحسابي :

للتأكد من العمليات الحسابية في جدول الأرصاد يجب توافق النتائج التالية :

مجموع الارتفاعات – مجموع الانخفاضات = 0.25 - 2.90 = - 2.65 م

مجموع الخلفية – مجموع الأمامية = 8.15 - 5.50 – 8.15 = - 2.65 م

منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = 609.85 - 612.50 = - 2.65 م

مقارنة بين طريقة سطح الجهاز وطريقة فرق الارتفاع :

1- طريقة منسوب سطح الجهاز أسهل في العمل وتوفر الوقت والحساب عن طريق الارتفاع والانخفاض.

2- يجب تحقق ثلاثة شروط للتأكد من صحة الحسابات بطريقة الارتفاع والانخفاض ، ولذلك هي أكثر استخداماً عندما نحتاج إلى التسوية الدقيقة .

عند تسجيل القراءات في الجدول يجب مراعاة التالي:

- أول رصده تكتب في جدول الأرصاد هي خلفية وآخر رصده تكتب عبارة عن أمامية.
- على نفس السطر المكتوب عليه آخر خلفية يكتب منسوب سطح الجهاز.
- أي نقطة دوران يجب أن يقابلها قراءة خلفية على نفس السطر.
- في كل وضع للجهاز تؤخذ أمامية واحدة وخلفية واحدة وبذلك يجب أن يكون عدد القراءات الخلفية يساوي عدد القراءات الأمامية كم ذكرنا من قبل. ويعتبر هذا أول تحقيق لصحة تدوين البيانات في الجدول.

أمثلة :-

مثال 1:- الجدول التالي يوضح بيانات ميزانية تم رصدها بين A وG المطلوب إيجاد مناسيب النقاط B ، C، D، E، F، G بطريقة منسوب سطح الميزان إذا علمت أن منسوب النقطة A = 531.100 علما ان القياسات بالأمتار.

النقطة	القراءة الخلفية	القراءة الوسطية	القراءة الأمامية	إرتفاع خط النظر	المنسوب	الملاحظات
A	1.074				531.100	B.M
B		2.651				
C	2.596		0.912			
D		2.873				
E		1.810				
F		0.812				
G			1.654			
المجموع						

مثال 2:- تم الرصد بأعمال الميزانيات بين النقطتين A و B لخمس قراءات للمسطرة كما في الجدول التالي إحسب مناسيب النقاط بطريقة منسوب سطح الميزان مرة وبطريقة الأرتفاع والأنخفاض مرة أخرى. (القياسات بالأمتار)

النقطة	القراءة الخلفية	القراءة الوسطية	القراءة الأمامية	إرتفاع خط النظر	المنسوب	الملاحظات
A	3.250				550.170	B.M
1		3.000				
2		2.850				
3	1.820		2.750			
4		2.130				
5		0.780				
B			0.680			B.M
المجموع						

المحاضرة السادسة

رسم المقطع الطولي للمشروع

خطوات رسم المقطع الطولي للمشروع:

المقطع الطولي هو الذي يتبع مساره خطاً سبق تعيينه وتأشيره أي الخط المركزي للمشروع المقترح مثل طريق أو سكة حديد أو قناة ري أو خط أنابيب وغيرها وهو الوسيلة التي بواسطتها نتمكن من دراسة العلاقة بين سطح الأرض الفعلي ومناسيب العمل المطلوب على امتداد واتجاه طوله.

*يمكن رسم المقطع الطولي بعد الحصول على مناسيب النقاط المرصودة على خط المقطع المطلوب. تبدأ عملية تشكيل المقطع برسم خط أفقي مستقيم(المحور السيني) يمثل (المسافات الأفقية بين النقاط المرصودة) ومنسوب هذا الخط يكون منسوب مستوى المقارنة أو منسوب أدنى نقطة على المقطع العرضي. تؤشر عليه النقاط التي رصدت مناسيبها حسب أبعادها الأفقية وبموجب مقياس الرسم المستخدم.

*يرسم خط عمودي على كل نقطة يمثل منسوبها حسب مقياس الرسم المستعمل(يكون طول الخط العمودي يساوي الفرق بين منسوب النقطة ومنسوب المحور السيني).

*نصل نهايات الخطوط العمودية المتجاورة بعضها ببعض بخطوط مستقيمة وهذه الخطوط المستقيمة مجتمعةً تمثل شكل المقطع الطولي.

مقياس الرسم الأفقي = عرض الورقة(سم) بعد استبعاد حواف الورقة / طول المقطع الطولي(سم)

مقياس الرسم العمودي = أرتفاع الورقة(سم) بعد استبعاد الحواف / (أعلى منسوب – أدنى منسوب)

وفيما يلي خطوات حساب المقطع التصميمي للمشروع:-

1- فرق المنسوب بين البداية والنهاية = نسبة الميل × طول المسافة الأفقية.

2- نسبة الميل = (فرق المسافة الأفقية / فرق المسافة العمودية) × 100.

3- فرق المنسوب بين نقطتين = نسبة الميل × المسافة بين نقطتين.

4- المنسوب التصميمي لأي نقطة = فرق المنسوب بين نقطتين + منسوب النقطة السابقة.

ملاحظة/ إذا كانت المسافة بين النقاط ثابتة يتم حساب الفرق بين منسوب أول نقطتين ويضاف الناتج إلى منسوب النقطة الأولى لينتج منسوب النقطة الثانية، ثم يضاف الناتج إلى منسوب النقطة الثانية لينتج منسوب النقطة الثالثة وهكذا.

أما إذا كانت المسافة بين النقاط مختلفة فتحسب الفروقات بين مناسيب النقاط كل نقطتين على حده ويضاف الناتج إلى منسوب النقطة الأولى لينتج منسوب النقطة الثانية.

مثال/ الجدول التالي يمثل ثمان قراءات رصدت بواسطة جهاز التسوية بين نقطتي البداية والنهاية (Aو B) المطلوب رسم خط المقطع التصميمي للمقطع الطولي إذا أريد تسوية خط المقطع بين نقطتي البداية والنهاية بميل تصاعدي مقداره 1%.

النقطة	المسافة	القراءة الخلفية	القراءة الوسطية	القراءة الأمامية	إرتفاع خط النظر	المنسوب	الملاحظات
A	0	3.20			15.60	12.40	نقطة البداية
1	20		3.90			11.70	
2	55		1.70			13.90	
3	70		2.40			13.20	
4	90		0.80			14.80	
5	125	0.30		1.60		14.00	نقطة دوران
6	140		1.40			12.90	
7	150		1.80			12.50	
8	165		0.50			13.80	
B	180			0.20		14.10	

الحل/ فرق المنسوب بين البداية والنهاية = نسبة الميل × طول المسافة الأفقية

$$= 180 \times 1/100 = 1.80$$

ومن الجدول:

منسوب نقطة البداية = 12.4

منسوب نقطة النهاية التصميمي = منسوب نقطة البداية + فرق المنسوب بين نقطتي البداية والنهاية

$$= 12.4 + 1.80 = 14.2$$

ومن هذا الخط يمكن معرفة المناسيب التصميمية للنقاط المرصودة كافة حيث يمكن قرائتها من المقطع نفسه أو يمكن حساب مناسيبها من العلاقات التي ذكرت آنفا وكما يلي:-

منسوب النقطة الأولى التصميمي (0) = 12.4

فرق المنسوب بين نقطتين = نسبة الميل × المسافة الأفقية بين النقطتين

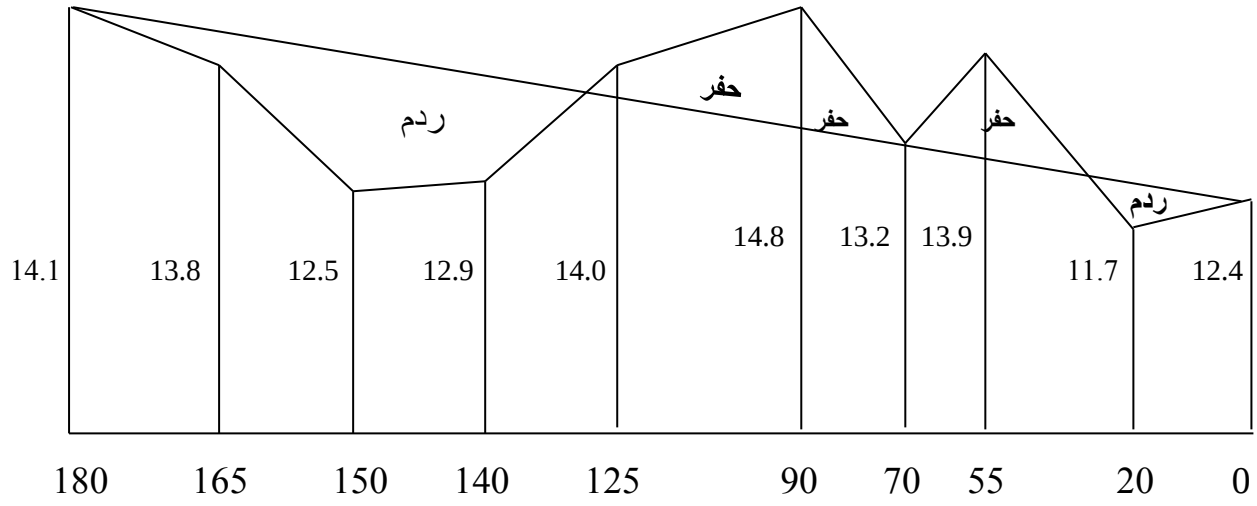
الفرق بين منسوبي(0 ، 20) = (100/1) × 20 = 0.2 متر إذاً **منسوب النقطة (20) التصميمي = 12.4 + 0.2 = 12.60 متر**

الفرق بين منسوبي(20 ، 55) = 0.01 ×35 = 0.35 متر إذاً **منسوب النقطة(55) التصميمي = 12.6 +0.35 = 12.95 متر**

وهكذا بالنسبة للنقاط الأخرى وبمقارنة المناسيب الطبيعية مع المناسيب التصميمية(مناسيب العمل) نتوصل إلى أعمال الحفر والردم الواجب تطبيقها عند التنفيذ حيث نجري عملية الحفر عندما يكون المنسوب التصميمي أقل من المنسوب الطبيعي، وبالعكس نجري عملية الردم.

المسافات(متر)	0	20	55	70	90	125	140	150	165	180
المنسوب الطبيعي(متر)	12.40	11.70	13.90	13.20	14.80	14.00	12.90	12.50	13.80	14.10
المنسوب التصميمي(متر)	12.40	12.60	12.95	13.10	13.30	13.65	13.80	13.90	14.05	14.20
الحفر(+)	0		0.95	0.1	1.50	0.35				
الردم(-)	0	0.9					0.9	1.4	0.25	0.10

رسم المقطع الطولي(التصميمي) (خط الأنشاء)



واجب بيتي:- أجريت ميزانية طولية لثلاث قراءات بين النقطتين A و B لكل 20 متر كما مبين في الجدول التالي، لمد خط أنبوب غاز. المطلوب رسم خط الأنشاء التصميمي إذ كانت نسبة الميل بين نقطتي البداية والنهاية 1% تصاعدياً.

النقطة	المسافة	القراءة الخلفية	القراءة الوسطية	القراءة الأمامية	إرتفاع خط النظر	المنسوب	الملاحظات
A	0	1.50				15.00	نقطة البداية
1	20		2.45				
2	40	0.85		1.60			نقطة دوران
3	60		1.35				
B	80			2.60			