

## الفصل الرابع

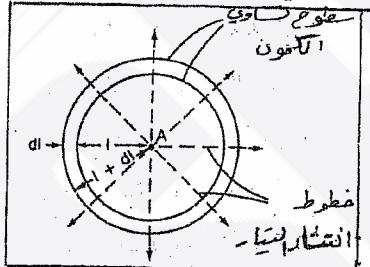
### قياسات المقاومية الكهربائية التقليدية

#### Conventional Resistivity Electrical Logs

##### ٤ - ١ - اختبارات عامة لقياس المقاومية أو الناقلية الكهربائية.

نفاس المقاومية أو الناقلية الكهربائية للصخور أو للطبقات المحفورة بالأبار باستخدام أجهزة أو سوابير كهربائية مناسبة تسمح بقدر الإمكان بالحصول على المقاومية الحقيقة للمنطقة غير المتأثرة ( $R_0$ ) وأيضاً على مقاومية المنطقة المغسولة  $R_{x0}$ . ويمكن توضيح أسباب عدم دقة التعيين لقيمة الحقيقة بدراسة انتشار وقياس الحقل الكهربائي في (١) الوسط المثالي و (٢) في التعاقب الحقيقي للصخور المختلفة بحفرة البئر.

يبين الشكل (٤ - ١) قطب إرسال للتيار (A) موضوع في وسط غير محدود،



متجانس ومتوازي الخواص. تنتشر خطوط التيار شعاعياً من القطب المرسل وفق نمط متاظر تماماً، أما سطوح تساوي الكمون الكهربائي فهي بشكل سطوح كروية تامة مركزها القطب A.

الشكل (٤ - ١) نورع خطوط التيار والكمون في وسط غير محدود، متجانس ومتوازي الخواص.

إن قيمة الكمون عند السطوح الكروية ذات الأقطار  $L$  و  $L+d$  هي  $V$  و  $V_d$  -

على التوالي. وفرق الكمون بين هذين السطحين الكرويين:

$$\Delta V = \frac{IRL}{A} \quad (1-4) \text{ a}$$

بعد أن A هي السطح الكروي الذي نصف قطره L.

أما قيمة كمون حد جزئي فهي:

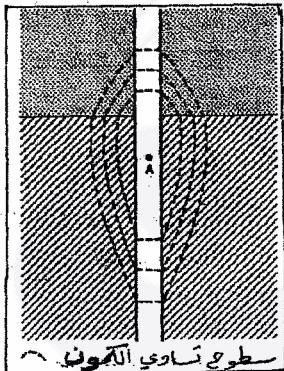
$$dv = \frac{IRdL}{4\pi L^2} \quad (1-4) \text{ b}$$

وبتكامل المعادلة (٤ - ١) بين  $\overline{AN}$ ,  $L = \overline{AM}$  يكون لدينا:

$$V_M - V_N = \frac{IR}{4\pi} \left( \frac{1}{L_{AM}} - \frac{1}{L_{AN}} \right) \quad (2 - 4)$$

تقترح هذه المعادلة طريقة لقياس مقاومة الوسط، تستخدم الأقطاب (M و N) عند السطوح الكروية  $L = \overline{AN}$ ،  $L = \overline{AM}$  لقياس الكمون، وتعطينا هذه القياسات بربطها مع قياس التيار I، والمسافات  $\frac{1}{L_{AN}}$ ،  $\frac{1}{L_{AM}}$ ، تعيننا لمقاومة R باستخدام المعادلة (2 - 4).

وفي الحقيقة، إن الصخور تحت السطحية تكون عادة محدودة الامتداد، غير متجانسة وأيضاً غير متساوية الخواص، وكذلك فإن حفرة البتر تتقصّ أيضاً من عدم التجانس. يبين الشكل (4 - 2) قطب إرسال تيار في حفرة بتر مختلفة ل نوعين من الصخور بمقاومة مختلفة، حيث الوسط محدود، غير متجانس، ومن المحتمل غير متساوي الخواص. إن توزع سطوح تساوي الكمون مبين بصورة شكلية. في



شكل (4 - 2) توزع خطوط الكمون حول

حفرة البتر أمام تعقب صخري معين.

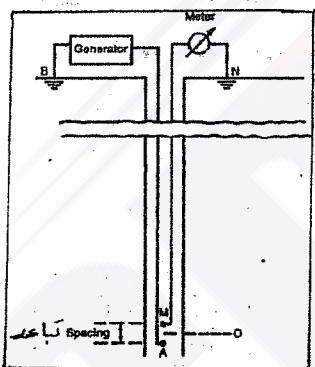
يتبيّن مما نكر أعلاه، أن قيم المقاوميّة الحقيقية للطبقات النفوذة لا يمكن الحصول عليها مباشرة من القياسات التي تم ب مختلف أنواع السوابير الكهربائيّة المتوفرة حتى الآن. ولكي نوضح ذلك، سندرس استجابة التشكيلات القطبيّة التقليديّة للشروط الجيولوجية والهندسيّة التي تفرضها أنظمة الحفر.

هذه الحالة، تكون قيمة المقاوميّة المقاسة هي مجموع قيم المقاوميّة للوسط المحيط، وتتعلّق بمواصفات السايرة القطبيّة وبالمقاييس الهندسيّة الخاصة بالأوساط الجزيئيّة المحيطة بالسايرة أو الجهاز المستخدم؛ كذلك فإن نوعية سوائل الحفر المستخدمة (مياه عذبة، سوائل مالحة، سوائل ذات أساس نفطي ..) تؤثّر على نتائج القياس.

إن أول قياس للمقاومة قد تم بوساطة تشكيل قطبي يدعى الأن بالجهاز العرضي (Lateral Device). وقد تم خلال الفترة بين 1930 - 1950 استخدام أنواع عديدة من التشكيلات القطبية عرفت بالأجهزة العاديّة (الكمونية) وبالعرضيّة (التدرجية).

#### 4 - 2 - الأجهزة العاديّة

يتميز هذا النوع من الأجهزة بوجود الأقطاب التي يكون لها العمل نفسه على مسافة متباينة فيما بينهما، أو بصورة أخرى أن أحد أقطاب التيار يكون بالقرب من أحد أقطاب القياس وأن القطبين الآخرين يكونان على مسافة بعيدة نسبياً أو على السطح (الشكل 4 - 3).



يوجد القطب B ومولد للتيار على السطح، أما القطب A فهو قطب إرسال للتيار في الوسط المعتبر. يوجد القطب N إما على السطح أو على مسافة بعيدة عن A وM. وعلىه فالمسافة AN تكون عملياً لانهائيّة والكمون عند N يساوي الصفر.

شكل (3 - 4) جهاز عادي - توزيع الأقطاب

أما الكمون الناتج عن مرور التيار (مستمر أو متذبذب ذي تردد منخفض 20 - 200 هرتز) بين A ، B فيقاس عند القطب M، وفي هذه الحالة وفقاً للمعاملة (2 - 4) يكون:

$$R_a = 4\pi L \frac{V_M}{AM} \left( \frac{V_M}{I} \right)$$

$$R_a = K \frac{V_M}{AM} I \quad (3 - 4)$$

يدعى الثابت  $K = \frac{4\pi L}{AM}$  ثابت المسابقة العاديّة وهو ذو قيمة ثابتة بالنسبة لوضعية أو تباعد قطبي معين (Spacing). فإذا بقي التيار ثابت الشدة، فإن قيمة الكمون المقاسة عند القطب M تتعلق مباشرة بمقاومة الوسط المحيط.

يتم التفريق بين الأجهزة العادية (الكمونية) حسب المسافة بينقطبيين ( $M$ ,  $A$ ) التي تدعى بالتباعد (Spacing) أو أحيانا يطلق عليها اصطلاحا طول الجهاز ( $L$ ). إن أكثر الأجهزة العادية استخداما في سير الآبار النفطية: الجهاز العادي القصير (Short Normal) التباعد فيه 16 بوصة (0.4 m) والجهاز العادي الطويل (Long Normal) التباعد فيه 64 بوصة (1.6 m)، ونادرا ما يستخدم الجهاز العادي المتوسط 38 بوصة (0.96 m).

تعد النقطة (O) الواقعة عند متصف المسافة بينقطبيين  $M$ ,  $A$  نقطة استاد تتبع إليها القيم المقاسة بالعلاقة مع العمق.

#### 4 - 3- الأجهزة العرضية (Lateral Device)

تتميز هذه الأجهزة بوجود الأقطاب المتماثلة العمل على مسافة قريبة من بعضها (الشكل 4 - 4 - a). نجد أن القطب  $N$  قريب نسبيا إلى القطب  $A$  و  $M$  لهذا فإن الكمون عند  $N$  ليس مساويا للصفر. يتم قياس الكمون الناتج عن مرور التيار بين  $A$ ,  $B$  عند نقطبيين  $M$ ,  $N$ . وفي هذه الحالة تطلى المعادلة (4 - 2) بالشكل:

$$R_a = 4\pi \left[ \frac{\left( \frac{1}{AM} \right) \left( \frac{1}{AN} \right)}{\frac{1}{MN}} \right] \frac{V_M - V_N}{I}$$

أو باختصار :

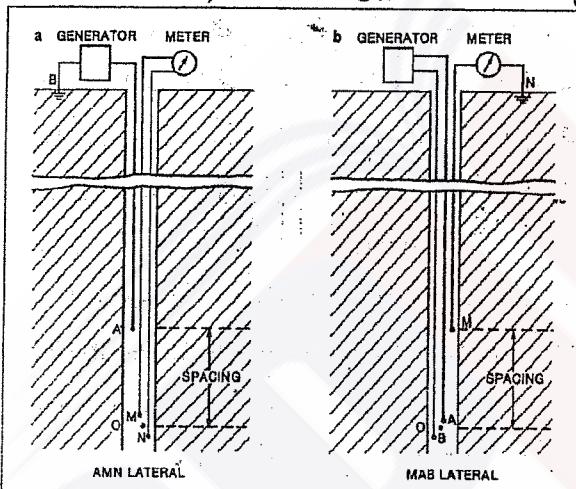
$$R_a = K_{AO} \frac{V_M - V_N}{I} \quad (4 - 4)$$

تدعى  $K_{AO}$  بثابتة السابر العرضية وهي ذات قيمة ثابتة بالنسبة لتشكيل قطبي معيين. فإذا كانت شدة التيار ثابتة فإن قيمة فرق الكمون المقاسة بين  $M$  و  $N$  تتبع مباشرة بمقاييسية الوسط المحيط.

يبين الشكل (4 - 4 - b) تشكيل قطبي يتميز بوضعية أقطاب التيار قريبة من بعضها ( $A, B$ ) ويافق هذا مبدأ انتشار التيار في الوسط المحيط. وبقياس قيمة الكمون عند القطب  $M$ , يمكن حساب قيمة المقاومة الظاهرية للوسط المحيط وفق المعادلة (4 - 4). وفي حالة أن جميع الأقطاب توجد في حفرة البئر، فإن القطب

(N) يوضع غادة على مسافة 50 قدم و 10 بوصة فوق القطب M (تشكيل شلمبرجير).

يتم التمييز بين الأجهزة العرضية (الدرجية) حسب التباعد (المسافة) بين القطب A والقطبة O الواقعة في منتصف المسافة بين القطبين MN (شكل 4 - 4 - a).



شكل (4 - 4) التشكيل القطبي للجهاز العرضي (شلمبرجير)

أو بين القطب M والنقطة O الواقعة في منتصف المسافة بين القطبين AB أو بين القطب M والنقطة O الواقعة في منتصف المسافة بين القطبين AB (شكل 4 - b) وأكثر الأجهزة العرضية استخداما هو الجهاز ذو التباعد  $(A_0)$  18 قدم و 8 بوصة (5.7m) والجهاز ذو التباعد 2.15 m ( $A_0$ )

#### 4 - 4 - قطر أو عمق سبر الأجهزة العاديّة والعرضيّة:

يتحدد قطر سبر الأجهزة العاديّة بالمسافة المساوية للتباعد (طول الجهاز) حتى ضعف هذه المسافة ويصبح ذلك في حالة أن  $R_t < R_m$  ولكن ليس لدرجة كبيرة. أما قطر سبر الأجهزة العرضيّة فيحدد بالمسافة المساوية تقريباً وليس أبعد من هذه المسافة وذلك ضمن شروط معينة  $A_0 > h$  و  $R_t < R_m$  ولكن ليس بصورة كبيرة.

وبوجه عام فإن زيادة مسافة التباعد، يعني عمق أكبر لقدرة الجهاز على سبر التشكيلة. وهذا فلن قياسات المقاومية التقليدية تتم عادة بثلاث تشكيلات قطبية، تشكيلان عادييان ( $AM = 16'$ ,  $AM = 64'$ ) وتشكيل قطبي عرضي ( $8' < A_0 = 18'$ ). وتسمح هذه الأجهزة بسبر الطبقات المدروسة (التشكيلات الجيولوجية) أفقياً عند أعمق مختلفة، ومع ذلك فال مقاومية الظاهرة ( $R_g$ ) المسجلة بكل واحد من

الأجهزة تتأثر بمقاومة الوسط المحيط وأيضاً بالعوامل الهندسية لهذا الوسط (حفرة البتر، المنطقة المغزولة، المنطقة غير المغزولة، الطبقات المجاورة).

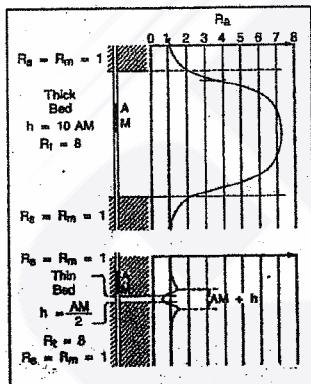
#### ٤ - ٥ - خصائص المنحنيات العاديّة والعرضيّة المسجلة أمام طبقات ذات

مقاومة قليلة نسبياً (معتدلة):

كي نستطيع تفسير منحنيات المقاومية التقليدية، يجب معرفة استجابة الأجهزة المختلفة أمام تعاقب من طبقات نائلة وغير نائلة، سميكة ورقيقة، وعند السطوح الفاصلية بين الطبقات المختلفة. وسنبين فيما يلي استجابة الأجهزة لعدة حالات محددة حيث نفرض أن الطبقات المسامية والتلفوذة غير متأثرة براشح سائل الحر بشكل كبير، أي أن الغزو معدوم تقريباً.

أ - استجابة الأجهزة العاديّة مقابل طبقة ذات مقاومة محدودة من الأعلى  
والأسفل بطبقات ذات مقاومة أقل  $R_t < R_g$  وذلك في حالة أن  $h \leq AM$  و  $h \gg AM$

(الشكل ٤ - ٥) .



شكل (٤ - ٥) المنحنيات العاديّة لطبقة ذات

مقاومة أكبر من مقاومة الطبقات المجاورة.

- نجد في حالة الطبقات الرقيقة  $h = AM/2$  أن المنحني المسجل يبقى متظاهراً ولكن يظهر قيمة دنيا للمقاومية مقابل مركز الطبقة أقل من قيمة مقاومية الطبقات المجاورة، وحينما أو قمتين مجاورتين بقيمة زائدة نسبياً عن مقاومية الطبقات المجاورة. المسافة بين هذين الحدين تساوي سمك الطبقة مضاعفاً إليها تبعد الجهاز (AM).

**ب - استجابة الأجهزة العادية مقابل الطبقات ذات مقاومة أقل من مقاومة**

**الطبقات المجاورة من الأعلى والأسفل  $R_t > R_s$  وذلك في حالة أن  $h \leq AM$**

**(شكل 4 - 6)  $h > AM$**

تكون الاستجابة متاظرة أيضاً مع قيمة مقاومة أصغرية مقابل مركز الطبقة في كلا الحالتين، ولكن تكون قيمة المقاومية الظاهرية مقابل الطبقة السميكة مساوية تقريراً للمقاومية الحقيقية تقريباً، أما في حالة الطبقة الرقيقة فإن المقاومية الظاهرية هي أكبر من الحقيقة.

أما السماكة الظاهرية فهي أكبر من السماكة الحقيقية بمقدار  $AM$  (تباعد الأقطاب).

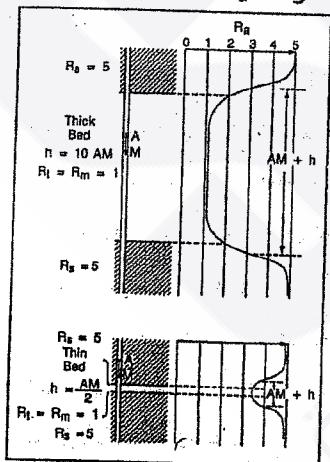
$$h = h_g + AM$$

**ج - استجابة الأجهزة العرضية مقابل طبقات ذات مقاومة أكبر من مقاومة**

**الطبقات المجاورة  $R_t < R_s$  وذلك في حالة أن سماكة الطبقات المدروسة متفاوتة**

**(شكل 4 - 7)**

حالة طبقة مقاومة وسميكه جداً ( $h = 10A_0$ ): يكون المنحنى المسجل غير متاظر بالنسبة لمنصف الطبقة حيث نلاحظ منخفضاً صغيراً له مقاومية تتقصّ عن مقاومية الطبقة الناقلة الواقعه إلى الأعلى، تزداد قيمة المقاومية قليلاً



**شكل 4 - 6 المنحنيات العاديّة مقابل طبقة أقل مقاومية من الطبقات المجاورة.**

بمقدار مسافة التباعد  $A_0$  (19) عند الحد العلوي من الطبقة، ولكن تبقى القيمة الفعلية أقل بكثير. ترتفع بعدها تدريجياً لتصل إلى القيمة الفعلية  $R_t$  مشكلة هضبة مستمرة. تبدأ بالارتفاع فوقها كلما اقتربنا من السطح السفلي للطبقة لتشكل قمة حادة وأكبر من  $R_t$  بكثير مقابل السطح الفاصل السفلي، تتلاصص بعدها تدريجياً لتأخذ مقاومية الطبقة السفلية (شكل 4 - 7 - a).

### - حالة طبقة مقاومة ورقية:

يكون شكل المنحني غير متاظر ويقى على حاله تقريبا مع تناقص سماكة الطبقة إلى أن تصبح السماكة بحدود مرتين ونصف المرة من مسافة التباعد، ولا يقى منه سوى القمة الحادة مقابل السطح السفلي إذا تساوت السماكة مع قيمة التباعد (الشكل b - 4 - 7)، أما إذا انخفضت قيمة السماكة عن قيمة التباعد، فتظهر القمة مقابل مركز الطبقة

شكل - 4 - 7 - المنحنيات العرضية مقابل

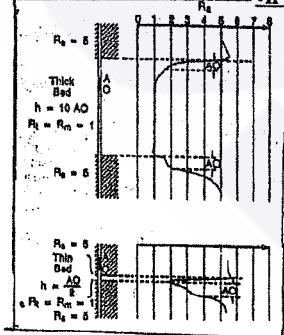
طبقة أكبر مقاومة من الطبقات المجاورة.

يتبعها منخفض مقاومي على طول قطاع أعمى (Blind Zone) تلحق به قمة طفيفة الارتفاع (الشكل c - 4 - 7) يمكن الاستفادة من قيمة المنخفض ( $R_a \text{ Min}$ ) والمرتفع ( $R_a \text{ Max}$ ) المذكورين في حساب قيمة المقاومية  $R_t$  ولو بشكل تقريبي حسب العلاقة:

$$\frac{R_a \text{ max}}{R_a \text{ min}} \leq \frac{R_t}{R_s}$$

### د - استجابة الأجهزة العرضية مقابل طبقات ذات مقاومة أصغر من مقاومة

الطبقات المحاورة وذلك في حالتي أن  $A_0 > h$  وأن  $A_0 < h$



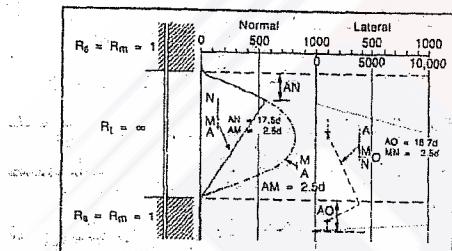
شكل (4 - 8) المنحنيات العرضية مقابل طبقة أقل مقاومة من مقاومية الطبقات المجاورة.

يكون المنحني المسجل غير متاظر في كلا الحالتين (أي عندما تكون سماكة الطبقة أكبر أو أصغر من تباعد الجهاز) ويستمر إلى مسافة تساوي تباعد الجهاز تحت السطح السفلي للطبقة (شكل 4 - 8).

تكون مقاومية الطبقة السميكة متساوية تقريباً لمقاومية الحقيقة بينما في حالة الطبقة الرقيقة تكون أكبر بقليل من المقاومية الحقيقة، ونجد أن مقاومية الطبقات المجاورة للطبقات الرقيقة قليلة المقاومية أكبر من المقاومية الحقيقة لهذه الطبقات وذلك قرب السطوح الفاصلة العلوية والسفلى.

#### 4 - 6 - خصائص المنحنيات المسجلة بعواير الفياس العادي والعرضية أمام طبقات ذات مقاومية كبيرة جداً والواقعة بين طبقات قليلة المقاومية:

يوضح الشكل (4 - 9) حالة طبقة ذات سماكة كبيرة ذات مقاومية لانهائية في حالة استخدام جهاز عادي بقطبين (AM): نجد أن المنحني المسجل يبقى متوازراً



بالنسبة لمنتصف الطبقة (الخط المنقط والمقطوع)، وفي حالة استخدام جهاز عادي بثلاثة أقطاب (يكون القطب N قريباً من القطب M) :

شكل (4 - 9) المنحنيات العرضية والعاديية بقطفين وبثلاثة

أقطاب مقابل طبقة سميكة ذات مقاومية غير نهائية.

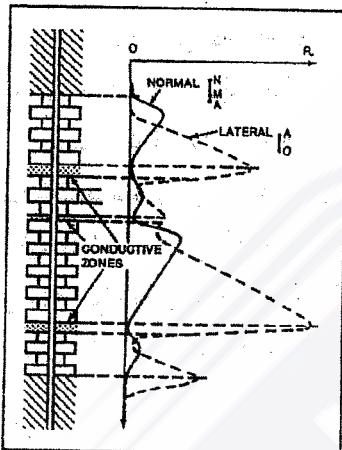
نجد أن المنحني يأخذ شكلًا مثلثاً (الخط المستمر) تقع قمته عند مسافة متساوية لـ AM تحت الحد العلوي للطبقة. وعند استخدام الجهاز العرضي (AO) فإن المنحني المسجل (الخط المنقط) يكون أيضاً مثلثي الشكل قمته تقع عند الحد السفلي للطبقة. كذلك نلاحظ أن المنحني العرضي يسجل قيمة منخفضة جداً عند الـ 19 قدم من أعلى الطبقة.

وهكذا نجد أن المنحنيات العاديية والتدرجية المسجلة أمام الطبقات ذات مقاومية العالية معقدة الأشكال جداً.

#### 4 - 7 - خصائص المنحنيات التقليدية المسجلة أمام طبقات ذات مقاومية كبيرة جداً وتعوي على طبقاد رقيقة ناقلة (سابورة العجو الكلسي):

لقد ثبت عدم ملائمة الأجهزة العاديية أو العرضية من أجل تعين النطاقات أو المجالات النفوذية المسامية الموجودة داخل الصخور الكربوناتية لاعتبارات عديدة

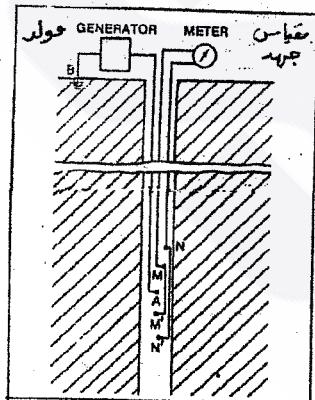
منها: أن التيار يسري كلياً على الأغلب في حفرة البئر وباتجاه الطبقات المجاورة الناقلة. وهذا فإن المقاومية الظاهرية المسجلة مقابل الطبقات ذات المقاومية العالية جداً سوف تتناسب مباشرة مع مقاومية سائل الحفر وعكساً مع قطر البئر وأيضاً مع وضعية أقطاب الجهاز. يوضح الشكل (4 - 10) شكل المنحنيات المسجلة أمام طبقات ذات مقاومية عالية جداً.



يمكن في حالة استخدام جهاز عادي قصدير، تعين المجالات المسامية ذات السماكة القليلة في حالة أن قطر البئر صغير، أما في حالة العكسية فإن هذا الجهاز لا يصبح ملائماً. وعندما نستخدم جهازاً عرضياً صغيراً فإن تعين المجالات المسامية غير دقيق لأن المنحني المسجل يكون مشوهاً جداً.

شكل (4 - 10) المنحنيات العادية والعرضية المسجلة أمام طبقات ذات مقاومية عالية جداً.

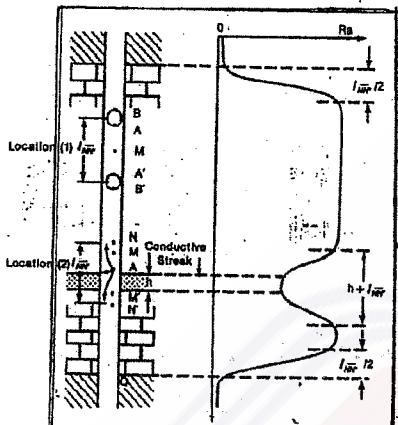
بفيه التغلب على السلبيات السابقة فقد تم إيجاد جهاز خاص بالصخور الكربوناتية يتميز بتشكيل قطبي معين، مكون من زوجين من الأقطاب (M - M') و



(N - N') وكل زوج يوجد على مسافة ثابتة من قطب التيار (A) بحيث يكون  $MN = MN'$  (4 - 11). يتصف هذا الترتيبقطبي بجمع جهازين مكونين من ثلاثة أقطاب بشكل متاظر، ويمكن أن يكونا جهازين عاديين أو عرضيين، وذلك تبعاً لكون القطبين N, N' على التوالي قريباً إلى (عرضي) أو بعيداً عن (عادي) M, M'.

شكل 4 - 11 - التشكيل القطبي لسايرة الحجر الكلسي

يوضح الشكل (4 - 13) شكل المنحني المسجل أمام طبقة كربوناتية تضم مجالاً



شكل (4 - 13) المنحني المسجل أمام طبقة

كربوناتية في حالة استخدام سابرر الحجر الكلسي.

نافلاً في حالة استخدام سابرر الحجر الكلسي. تقدم سابرر الحجر الكلسي تسجيلاً واضحًا وبسيطاً مقابل الصخور السميكة ذات المقاومية الكبيرة جداً. نرى أن المنحني المسجل مقابل المجال ذي المقاومية العالية يأخذ شكل ذروة منبسطة، تعتمد قيمته على مقاومية سائل الحفر وعلى مقطع حفرة البتر وليس على سماكة الطبقة أو وضعية الجهاز مقابلها.

شكل (4 - 13) المنحني المسجل أمام طبقة

كربوناتية في حالة استخدام سابرر الحجر الكلسي.

تناسب المقاومية الظاهرية للذروة المنبسطة مع الناتج  $\frac{R_t}{R_e}$ . أما

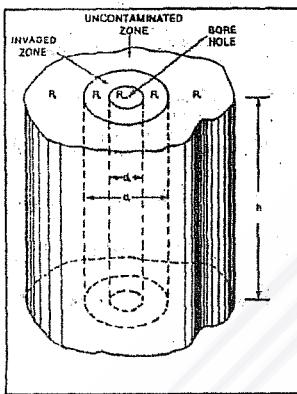
المنحني المسجل مقابل المجال الناقل فيكون بشكل منخفض متراً على الحدود بعرض حوالي  $\frac{L}{2}$  أكبر من ثخانة الطبقة ( $h$ ). ويمكن شرح ذلك من خلال دراسة انتشار التيار الكهربائي في الوسط، الكمون الكهربائي وتسجيل المقاومية بالعلاقة مع وضعية سابرر الحجر الكلسي مقابل المجال ذي المقاومية أو ذي الناقلة (شكل 4 - 13).

#### 4 - 8 - تعريف المقاومية الحقيقية $R_t$ منقياسات الكهربائية التقليدية

(التعريف المباشر)

إن قيم المقاومية المقررة من التسجيلات التقليدية (العادية والعرضية) تمثل قيم المقاومية الظاهرية وليس الحقيقة للوسط المدروس، ويرجع ذلك إلى الخصائص الهندسية والكهربائية للأوساط التي ينتشر خلالها التيار، اعتباراً من الأقطاب المغذية وحتى المنطقة غير المتأثرة براشح سائل الحفر (شكل 4 - 14).

بالإضافة إلى ذلك، فإن نوع وتباعد الجهاز (تابعة الجهاز) بالعلاقة مع ثمانية الطبقات وأيضاً العلاقة بين المقاومية الحقيقة للطبقات ومقاومة سائل الحفر ومقاومة الطبقات المجاورة، جميعها عوامل مؤثرة على استجابة السوابير المستخدمة.



إن القواعد العامة التي يعتمد عليها من أجل معرفة قيمة  $R_t$  من التسجيلات الكهربائية التقليدية تستند على العلاقة بين مقاومية الطبقات ومقاومة سائل الحفر والطبقات المجاورة. من أجل هذا فقد تم الفريق بين ثلاثة أنواع من الطبقات بالاعتماد على النسبة  $R_t / R_m$ . وقد تم استنتاج هذه القواعد البسيطة من دراسة متحنيات تصحيح المقاومية (القسم العملي).

(Resistivity Departure Curves)

شكل 4 - 14 - تمثيل تصويري للأوساط حول حفرة البئر

أ - قيم مقاومية منخفضة عندما  $R_t / R_m < 10 / R_{16}$  (الجزء حتى 2d):

تكون التسجيلات العادي 16° و 64° ذات فائدة أكثر في تعين  $R_t$ . غالباً  $R_t \approx R_m$  حيث تدور القيمة المقروءة من 64° العادي إلى  $R_t$  وذلك حسب نسبة العلامة  $R_s / R_{64}$  وثانية الطبقة (الشكل 4 - 15).

ب - قيم مقاومية معتدلة عندما  $10 < R_t / R_m < 50 / R_{16}$ :

يصبح المنحني العادي 64° ذات فائدة كبيرة عند القسم السفلي من مجال المقاومية. وعندما  $20 > R_t / R_m > 10$  يصبح المنحني العرضي 8° 18° مهماً إما لإيجاد  $R_t$  أو لتأكيد القيم الظاهرة من المنحني العادي 64°. يتصرف المنحني العرضي بعدم تباظره ولهذا فإن  $R_t$  يجب أن تعين كما هو مبين في الشكل (4 - 15).

ج - قيم مقاومية عالية.. في حالة أن  $50 < R_t / R_m$ :

يكون التسجيل بجهاز عادي 64° متاثر بدرجة كبيرة بالغزو ولهذا فإن التسجيل العرضي 8° هو اختيار أفضل لتعيين  $R_t$ ، ولكن يجب أن يتم تصحيح القيم بالنسبة لتأثير حفرة البئر.

## ٤ - ٩ - تحديد المقاومية المقاييسية $R_t$ من التسجيلات الكهربائية

أسئلة (أ)

النماذج

Device

A. In low resistivity, when  $R_{10}^e/R_m < 10$  (invasion up to 2 $d_t$ )

$\theta > 20^\circ$  (≤ 4 AM)

$e = 15 \text{ ft}$  (≤ 3 AM)

$e = 10 \text{ ft}$  (≤ 2 AM)

$e = 10 \text{ ft}$  (≤ 2 AM)

$5 \text{ ft} < e < 10 \text{ ft}$

$5 \text{ ft} < e < 10 \text{ ft}$

Thin beds (in general)

مختلط

$R_m \approx R_s$

عالي

### ٣ - ٩ - ١ - تأثير حفرة البئر Bore hole Effects

تؤثر شروط حفرة البئر سلبياً في استجابة الأجهزةقطبية التقليدية، يتعلّق هذا التأثير بزيادة قطر حفرة البئر حيث يؤدي ذلك في حالة حفر الآبار الواسعة والمتکفة إلى إمكانية قراءة مقاومية سائل الحفر بوساطة جهاز عادي قصير (16). أما في حالة الأجهزة الطويلة العادية والعرضية فإن المنحنيات المسجلة تكون مشوهة حيث تتلاقص سعة وحدية الشواد المسجل أمام الطبقات ذات المقاومية الكبيرة. من جهة أخرى، فإن الاختلافات الكبيرة بين قيم المقاومية للطبقة ومقاومة سائل الحفر تشوّه خطوط التيار المنبعث من الأجهزةقطبية، وهذا بدوره يؤدي إلى تشوّه سطوح تساوي المكون وبالتالي يؤثر في تسجيل قيم المقاومية. إن ازدياد ناقلة سائل الحفر بصورة كبيرة يؤدي إلى تشوّه وحدية المنحنيات المسجلة أما الحدود الفاصلة بين الطبقات وقراءة قيم للمقاومية مختلفة بحسب العلاقة بين  $R_m / R_s$  وبين  $R_s / R_t$ .

ويتم ب بصورة عملية بإعاد تأثير تغير قطر البئر بالعلاقة مع مقاومية سائل الحفر باستخدام لوحات تصحيح مناسبة خاصة بنوع وطول الجهاز المستخدم (راجع القسم العملي).

### ٣ - ٩ - ٢ - تأثير سمكية الطبقة Bed Thichness Eflects

يؤدي وجود الطبقات قليلة السمكية جداً إلى تغيير واضح في توزيع خطوط التيار الكهربائي المنبعث من جهاز قطبي تقليدي، ويقود ذلك إلى تشوّه سطوح تساوي المكون، ولهذا فإن المقاومية الظاهرية المسجلة نادراً متساوية المقاومية الحقيقية. تبيّن الأشكال (3 - 8) خصائص المنحنيات التقليدية المسجلة أمام طبقات سمكها أكبر أو أصغر من طول الأجهزة التقليدية. يتجلّى بوضوح أن قيم المقاومية الظاهرية المسجلة أمام الطبقات الواقعية تتأثّر بقيم مقاومية الطبقات المجاورة، حيث يتعلّق هذا التأثير بالعلاقة بين سمكية الطبقة وطول الجهاز المستخدم وكذلك بالنسبة بين مقاومية الطبقة المدروسة ومقاومة الطبقات المجاورة.

( $R_t / R_s$ ). وبشكل عملي يتم إبعاد هذا التأثير باستخدام لوحات التصحيح الخاصة بكل جهاز تقليدي تم استخدامه لقياس المقاومية (راجع القسم العملي).

### 3 - 9 - 3 - تأثير الغزو Invasion Effects

يمكن تطبيق مفهوم شعاع السير (القياس) في حالة الأجهزة القطبية التقليدية، وذلك بالنسبة لوسط متجانس ومتوازي الخواص وغير محدود. واستناداً إلى هذه الافتراضات المثالية، فإن بعد أو امتداد المناطق التي تتعلق بها استجابة الأجهزة بدءاً من قطب الكمون هي:

- 1 - في حالة جهاز عادي قصير ذي تباعد شائع تكون الاستجابة تقريراً متراوحة 24 - 72 بوصة.
  - 2 - في حالة جهاز عادي طويل ذي تباعد شائع تكون الاستجابة تقريراً متراوحة 72 - 192 بوصة.
  - 3 - في حالة جهاز عادي عرضي ذي تباعد شائع تكون الاستجابة تقريراً متراوحة 216 - 240 بوصة.
- وفي حالة أن وسط المقاومية المقاس لا يكون متجانساً ومتوازي الخواص وغير محدود فإن هذه الافتراضات ليست مقبولة ولكنها توجيهية لتعيين شعاع القياس للأجهزة القطبية التقليدية.

يكون تأثير الغزو محدوداً في الطبقات الخازنة ذات المسامية العالية ويزداد هذا التأثير مع تناقص قيم المسامية ونفوذية للطبقات. ففي حالة أن عمق الغزو لا يتجاوز ( $2d$ ) حيث  $d$  قطر البئر ( $40\% - 20 = \phi$ ) يمكن تعين المقاومية الحقيقة ( $R_t$ ) مباشرةً من المنحنيات العادية أو العرضية وذلك ضمن الشروط الخاصة الموضحة في الشكل (14 - 4).

وفي الحالة العامة التي لا يتم فيها معرفة أو تقدير قطر منطقة الغزو فإن تعين المقاومية الحقيقة (أي إبعاد تأثير منطقة الغزو) يتم بالاستناد إلى تفسير تسجيلين كهربائيين عاديين ( $R_{16}, R_{64}$ ) في حالة عدم تسجيل منحني عرضي طويل، أو

بالاستناد إلى تفسير ثلاثة منحنيات (قصير، متوسط، طويل) أحدهما عرضي طويلاً.

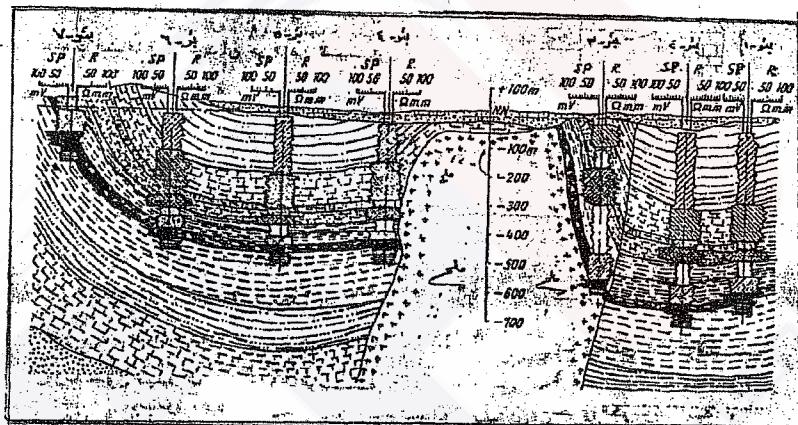
وهكذا من أجل تعين المقاومية الحقيقة للطبقة إنطلاقاً من قراءة القيم المقاومية الظاهرية من المنحنيات المسجلة، يتم أولاً عمل التصححات المتعلقة بتأثير حفرة البئر وتأثير سماكة الطبقة ومقاومة الطبقات المجاورة، وثانياً يتم استخدام اللوحات البيانية (منحنيات التصحيح) الموضوعة وفق الحسابات النظرية لحالات معينة بأقطار غزو مختلفة ( $R_1/R_m = 2.5; 10; 15$ ) حيث نحصل على قيم النسب  $R_1/R_m$  التي توافق افتراض أقطار الغزو السابقة (راجع القسم العملي).

#### ٤- ١٠. **فوائد استخدام مجال تطبيق التسجيلات الكهربائية التقليدية:**

تستخدم المعلومات التي يتم الحصول عليها من التسجيلات الكهربائية التقليدية لحل المشكلات التالية:

- ١ - الفصل بين الطبقات ذات التركيب الليتولوجي المتباين (صخور غضارية / رملية، مارنية / كربوناتية، غضارية / ملحية...).
- ٢ - تعين وفصل الطبقات أو النطاقات (المجالات) المسامية والنفودة (الخازنة) عن تلك الكثيمة وتمييز نوعية السوائل التي تحويها.
- ٣ - تعين وتنبيت الحدود الفاصلة بين الطبقات الليتوستراتيغرافية (التشكلات الجيولوجية تحت السطحية).
- ٤ - تعين التركيب الجيولوجي والبنيوي بين مختلف الآبار المحفورة من خلال إجراء المضاربة (الربط، التعالق) بين المستويات الستراتيغرافية أو الليتولوجية المميزة على منحنيات المقاومية (شكل ٤ - ١٦).
- ٥ - تعين المقاومية الحقيقة للطبقات بالاستناد إلى التسجيلات الكهربائية العادي والعرضية وذلك وفق القواعد المنشورة سابقاً.
- ٦ - تعين مقاومية المنطقة أو النطاق المجاور لحفرة البئر (المنطقة المغسولة  $R_{x0}$ ) بالاستناد إلى التسجيلات العادي القصيرة ( $R_{16}$  مصححة من تأثير حفرة البئر وفي حالة الطبقات السميكة).

- 7 - تستخدم التسجيلات الكهربائية التقليدية على نطاق واسع في سبر ودراسة الطبقات الحاملة للمياه الجوفية.
- 8 - لا يتم تنفيذ القياسات الكهربائية التقليدية في حالة الآبار المحفورة بسائل حفر ذي أساس ملحي قوي أو ذي أساس مكون من المشتقات البترولية أو الهواء.
- 9 - تكون نتائج التسجيلات الكهربائية التقليدية مقبولة إلى جيدة في حالة تعاقب مكون من صخور رملية / غضارية، أما في في حالة تعاقب مكون من صخور كربوناتية فتكون النتائج ذات صفة نوعية ولا يعتمد عليها كميا.



شكل (4-16) مصاہدہ بین الآبار بواسطہ القياسات الكهربائية.