مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الهندسية – المجلد (16) العدد (2) 1414 هـ 1994 م

استخدام الطريقة الكهربائية الشاقولية في الدراسات الجيوتكنيكية

د. مفيـــدة أحمـــد*

❐ ملخص ❐

من المعروف أن مقاومة التربة الكهربائية تعتمد بشكل كبير وواسع على مجموعة من خواصها، مثل الرطوبة، الكثافة، سماكة الطبقة الترابية، التركيب الحبي، ونوع المزالات المعدنية المشكلة للتربة. هذه العلاقة وهذا الترابط حث الكثير من العلماء والباحثين لاستخدام الطرق الكهربائية في التحريات المخبرية –ضمن الوسط المتجانس– لتحديد الخواص الفيزيائية وتغيراتها لنوع معين من التربة. ومن ناحية أخرى في التحريات الحقلية، لتحديد سماكة الطبقات واستمراريتها، وكذلك وجود المياه أو الكهوف.

إن الطريقة المستخدمة بشكل أساسي في التحريات الحقلية الخاصة بالدراسة الجيوتكنيكية هي إجراء السبور العميقة بآلات دوارنية، حيث يتم التعرف على طبقات التربة وكذلك يتم أخذ العينات اللازمة لإجراء التجارب المخبرية لتحديد الخواص الفيزيائية الميكانيكية للتربة، لكن القطر الصغير نسبياً للسبر الدواراني قياساً بالمساحة المدروسة لا يعطي في كثير من الأحيان نتائج دقيقة مقبولة لكافة المسطح المدروس إلا إذا كانت كثيفة بشكل كبير يغطي كامل المساحة المدروسة، وهذا يقود إلى تكاليف مادية باهظة وإلى زمن كبير لإنجاز الدراسة.

استناداً إلى ذلك قمنا في الفترة الأخيرة من دراستنا العملية بتطبيق الطريقتين معاً في آن واحد، الطرق الجيوفيزيائية –(الطريقة الكهربائية الشاقولية VES) التي تسمح بإجراء مسح جيوفيزيائي – كهربائي لطبقات التربة من على السطح دون المساس والإساءة ابنية التربة الطبيعية، ومن ثم استناداً لهذه الدراسة نحدد أماكن السبور الدورانية لأخذ العينات اللازمة، والدراسة المرفقة تبين توفيراً في الزمن والكلفة المادية يقدر بحوالي 50٪، وهذا رقم جدير بالاهتمام ويجعل من استخدام الطريقة المذكورة ضرورة علمية وعملية.

* الدكتورة مفيدة أحمد مدرسة في قسم الجيوتكنيك بكلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مقدمة:

من المعلوم أن مقاومة التربة الكهربائية تعتمد بشكل كبير على مجموعة من خواص التربة الفيزيائية مثل الرطوبة، الكثافة، نوع المزالات المعدنية الخ... وتتغير هذه المقاومة تبعاً لتغير كل من هذه الخواص. هذه الخاصية جعلت استخدام الطرق الجيوفيزيائية الكهربائية في التحريات الحقلية الجيوتكنيكية أمراً مقبولاً وذا أهمية علمية وعملية.

سنورد الآن تطبيقاً عملياً حول استخدام الطريقة الكهربائية الشاقولية /VES/ في التحريات الحقلية لأرض موقع في بلدة كسب "محافظة اللاذقية" يبلغ مساحتها حوالي /6000/ ستة آلاف متر مربع.

الموقع العام:

تقع منطقة الدراسة في الجزء الجنوبي من بلدة كسب حيث يحدها من الغرب الطريق العام المؤدية إلى بلدة كسب، ومن الجهة الشرقية وادٍ ينحدر سطح الموقع باتجاهه بزاوية حوالي 15° درجة، أما من جهتي الشمال والجنوب فتحدها أراضٍ زراعية، على أرض الموقع يراد بناء عدة كتل سكنية 6 ست مكونة من 4-6 بلاطات مع وجود قبو عدد 2.

الوضع الجيولوجي والتكتوني للمنطقة:

تتكشف في منطقة كسب توضعات الترياسي الجوراسي (T_3-J) والمكونة من تناوبات من الراديولاريت والصخور السيليسية واللاقات والطوف البركاني، والصخور الكلسية والغضاريات اضافة إلى بعض الكتل من الصخور البركانية فوق القاعدية العائدة للترياسي العلوي (T_3) المنتشرة بشكل واسع جنوب المنطقة على بعد حوالي 3) Km) إلى الغرب والشمال تنتشر توضعات الكريتاسي العلوي المكونة من الصخور الكلسية الكتلية. المنطقة بشكل عام مصدعة بفوالق عديدة يغلب عليها اتجاه شرق - غرب، تنتمي المنطقة ككل بنيويا إلى الجزء الداخلي من المنطقة الانتقالية بين الركيزة العربية (البلاتفورم) والجيوسنيكلينال الألبي المتمثل بجبال طوروس في جنوب تركيا. ولها استمرارية غرباً تحت سطح البحر، حيث تظهر هذه التشكيلات في جزيرة قبرص وتعرف باسم المعقد الأفيوليتي.

الأعمال الحقلية:

هناك طرق عديدة ومختلفة للتحريات الحقلية الهادفة إلى تحديد عمق التأسيس، ونوع الأساسات، وتأمين سلامة استثمار المنشأة، آخذين بعين الاعتبار الناحية الاقتصادية. في الموقع المدروس يراد إشادة مجموعة كتل سكنية عدد (6) فإذا أخذنا بعين الاعتبار الوضع الجيولوجي والتكتوني المعقد نرى أنه لا بد من وضع شبكة مكثفة من السبور عدد (5) لكل كتلة بناء وبالتالي المجموع العام حوالي /30/ سبر دوراني. وبما أن كتلة البناء تتضمن قبوين اثنين بالاضافة إلى أربع بلاطات فهذا يعني أنه لا بد من معرفة المقطع الجيوتكنيكي على الأقل حتى أعماق /10 m/-. وضعت شبكة سبور جيوفيزيائية عدد (24) ولكن لأسباب معينة تم تنفيذ /12/ سبراً فقط. استناداً إلى نتائجها، واعتماداً على الخبرات المتوفرة، تمكنا من معرفة الطبقات حتى أعماق /15 m/-، وبالتالي اختيار أماكن السبور الدورانية لأخذ العينات من التربة لإجراء الدراسة المخبرية وذلك لتحديد الخواص الفيزيائية - الميكانيكية والشكل رقم /1/ يبين أماكن السبور الجيوفيزيائية والدورانية على أرض الموقع.

إن الطريقة المستخدمة لتنفيذ الدراسة الجيوفيزيائية هي الطريقة الكهربائية الشاقولية (VES)، التي نفذت وفق تشكيلة الشلمبرجير (رباعي الأقطاب المتناظرة)، بتباعد أعظمي على السطح (AB=40 M) وخطوة انتقال (1M)، وتتلخص هذه الطريقة بزرع أربعة مساري (أقطاب) على خط مستقيم على سطح التربة، وإرسال نبضة كهربائية من خلال مساري التيار، واستقبال هذه النبضة من خلال مساري الكمون. في هذه الحالة يقوم التيار الكهربائي باختراق كتلة التربة على عمق معين، يتعلق بالتباعد بين مسربي التيار A B، نقيس شدة التيار وفرق الكمون، واستناداً لعلاقات رياضية نحسب المقاومة النوعية الكهربائية الظاهرية للوسط الذي اجتازه التيار، ثم ننقل مساري التيار A B بتباعد أفقي أكبر لنحصل على عمق أكبر...

وهكذا بنتيجة القياس والحساب نرسم على مخطط لوغاريتمي العلاقة التي تربط بين المقاومة الكهربائية النوعية وبين العمق h أو $\frac{AB}{2}$، على الشكل (2) رسمت كافة المنحنيات للسبور /12/ ولكننا سنكتفي بإيراد نتائج خمسة سبور فقط، استناداً إلى المنحنيات الحاصلة من كل سبر وبمساعدة المنحنيات النظرية التجريبية، وبرنامج خاص، تمكنا من رسم مقطعين جيوكهربائيين مرفقين على الشكلين 3 و4.

بعد ذلك تم تحديد أماكن السبور الدورانية وقد نفذت حتى أعماق M 10- نورد نتائج السبور الدورانية "العمود الطبقي" لكل من السبور الخمسة المنفذة.

التفسير والنتائج:

من خلال دراسة المقطعين الجيوكهربائيين شكل 2 و3 نرى أن المقاومة النوعية الكهربائية تملك أكبر القيم على السطح في نقاط السبور الكهربائية وبعدها تقل مع الأعماق، علماً أنها متقاربة بشكل عام. وهذا يعني أن تربة الموقع لمدروس تشكل طبقة غضاريات متباينة بالألوان والسماكات، وتختلف من مكان لآخر بنسبة الحصويات الموجودة فيها، وكذلك وجود بعض الكتل الصخرية. حيث تزداد نسبة الحصويات باتجاه الشرق، -لاحظ القيم المرتفعة نسبياً للمقاومة الكهربائية على الشكل 2 و3، تقابل وجود الحصويات وبعض الكتل الصخرية في الأعمدة الطبقية للنقاط المقابلة للسبور الدورانية-. مثلاً السبور الجيوكهربائية VES-11- VES-9- VES-1- تملك قيماً مرتفعة للمقاومة الكهربائية وهذا يقابل وجود بعض الحصويات في السبور الدورانية 2 و4 و5، /انظر الأشكال المرافقة/، تقل نسبة الحصويات مع الأعماق وتزداد نسبة الغضار والرطوبة وهذا ما يقابله انخفاض قيم المقاومة الكهربائية النوعية مع الأعماق /M 10-/.

إن التجارب المخبرية التي أجريت على العينات المأخوذة من السبور وعلى أعماق مختلفة، بيّنت أن تربة الموقع متشابهة، وتصنف حسب النورم الروسي بغضار سيلتي رملي، مبحص على السطح، وتخف حتى تنعدم نسبة الحصويات مع الأعماق.

-نستنتج مما تقدم، أنه يمكن استخدام الطريقة الكهربائية الشاقولية في التحريات الحقلية الجيوتكنيكية، مع الحفاظ على النتائج العلمية المقبولة علمياً والكافية.

والآن سنقوم بإجراء مقارنة اقتصادية للكلفة المادية وكذلك للزمن المطلوب لتنفيذ الدراسة الحقلية.

كنا قد ذكرنا أن السبور المطلوبة للعقار المذكور هي خمسة سبور لكل كتلة أي 6×5=30 سبراً دورانياً أو كهربائياً، وبعمق حتى 10 M- فلو أجرينا هذه السبور دورانياً بمعدل سبر واحد يومياً لتطلب ذلك زمناً بحدود 30 يوماً.

بينما الزمن اللازم للسبور الكهربائية $\frac{30}{6}=5$ أيام

أما الزمن للسبور الدورانية عدد 6=6 أيام

الزمن للتفسير $\frac{3}{14}$ يوماً

أربعة عشر يوماً

وبالتالي يكون الوفر في الزمن /يوم/ 30-14=16 أربعة عشر يوماً

=53.33%

لنأخذ الآن الناحية المادية: بالطريقة الكهربائية استكشفنا حتى عمق 15 M- فإذا كانت كلفة السبر الواحد مع التفسير 3000 ثلاثة آلاف ليرة سورية فيكون المبلغ اللازم:

30×3000=90000 ليرة سورية

كلفة حفر ستة آبار بعمق 10 M-: 6×10×1200=72000

162000 مائة واثنان وستون ألف ليرة سورية

بينما لو حفرنا آباراً دورانية لكامل الموقع لكان لدينا الأمتار الطولية الواجب حفرها:

30×10=300 m متراً طولياً

كلفة الحفر 300×1200=360000 ليرة سورية

وبالتالي يكون الوفر المادي:

360000-162000=198000 ليرة سورية

55%

وهكذا نستطيع القول إن الطريقة الكهربائية الشاقولية تعطي توفيراً في الزمن والكلفة حوالي 50٪. كما أنها تعطينا تصوراً عاماً وشاملاً عن سماكة الطبقات، وتجانسها، واستمراريتها في السطح والأعماق، كما يمكننا بوساطتها الكشف عن وجود المياه أو الكهوف وكذلك الكتل الصخرية وأبعادها.

العمود الطبقي للسبر رقم /1/

الوصف الليتلوجي	الليتلوجيا	السماكة M	مكان أخذ العينة	العصر	
غضار بني اللون مع حصى كلسية مشققة نسبة قليلة غضار مصفر		1.5		T3-J	ترياسي - جوراسي
15 سم صخر كلسي عضوي مشقق غضار بني اللون مزرق أحياناً		1			
غضار مزرق مع بعض الحصى الصوانية		2.5			
غضار مزرق مع حصى كلسية مترحمة المجال 7.2-7 غضار بني اللون		5			

العمود الطبقي للسبر رقم /2/

غضار بني اللون مع حصى كلسية		1.4		T3-J	ترياسي - جوراسي
غضارأصفر بني		3.6			
غضار أزرق مع العمق وبسماكة 30 سم كتلة صخر كلسي كتلي رمادي مزرق.		5			

العمود الطبقي للسبر رقم /3/

الوصف الليتلوجي	الليتلوجيا	السماكة M	مكان أخذ العينة	العصر	
غضار بني اللون		1		T3-J	ترياسي - جوراسي
غضار بني وأزرق مع بعض الحصى الكلسية في المجال 3-4 m		9			

العمود الطبقي للسبر رقم /4/

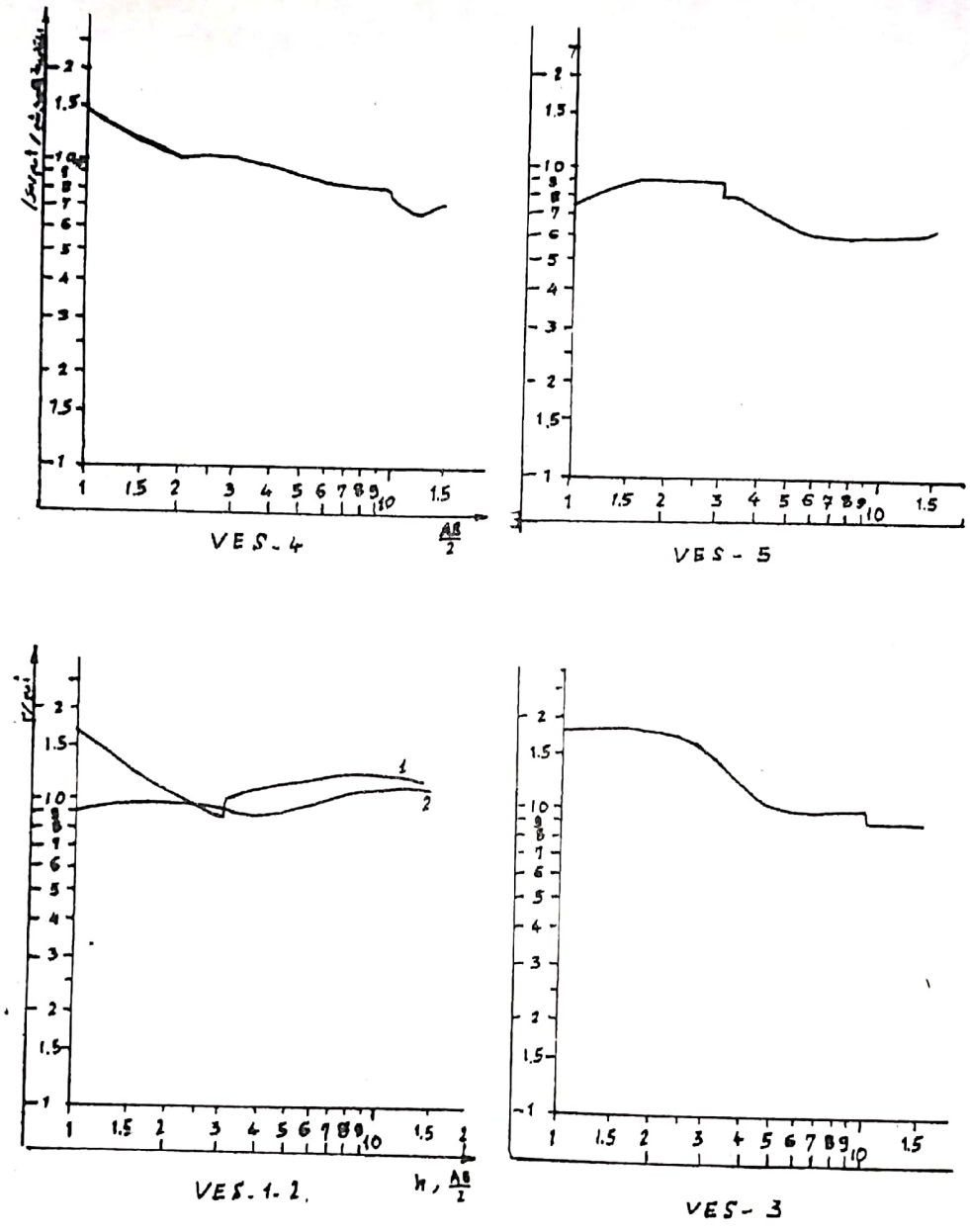
كتل كلسية مترحمة مشققة ضمن غضار بني اللون		1		T3-J	ترياسي - جوراسي
نفس الكتل الصخرية السابقة مع ازدياد نسبة الغضاريات الزرقاء والبنية		2			
غضار بني اللون مع بعض الحصى الكلسية في أسفله		2	أخذت عينات من كل متر		
غضار بني مصفر		1			
غضار أزرق مع بعض القطع الصغيرة من السربنتين ونسبة قليلة من الغضار البني		4			

العمود الطبقي للسبر رقم /5/

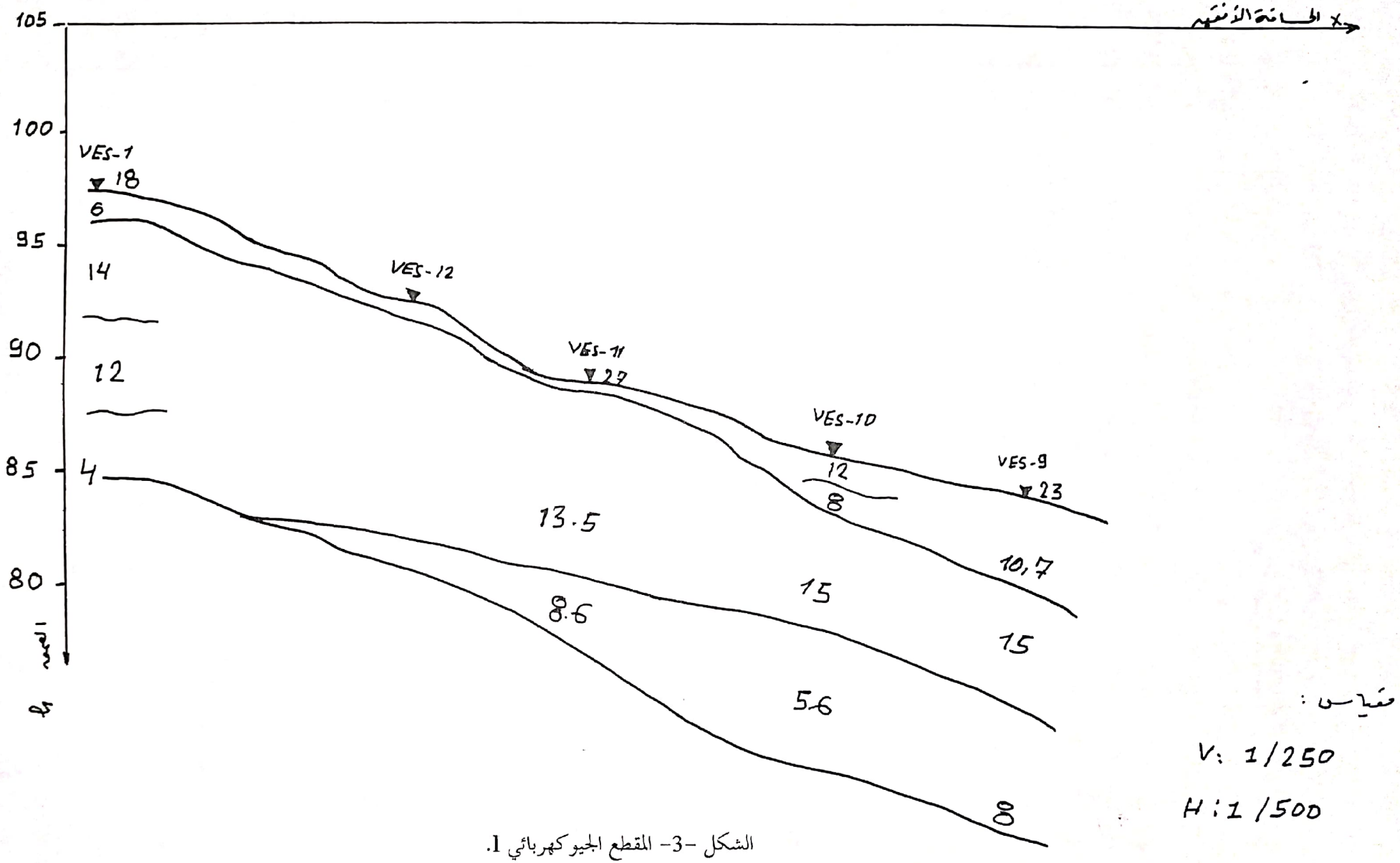
الوصف الليتلوجي	الليتلوجيا	السماكة M	مكان أخذ العينة	العصر	
غضار بني اللون مع حصى كلسية كما يوجد كتلة صخرية كلسية مترحمة على العمق		4		T3-J	ترياسي - جوراسي
كتل كلسية مترحمة ضمن غضار بني وأصفر		2			
غضار بني اللون تحوي بعض الكتل الكلسية المترحمة		4			

المقياس $\frac{1}{100}$

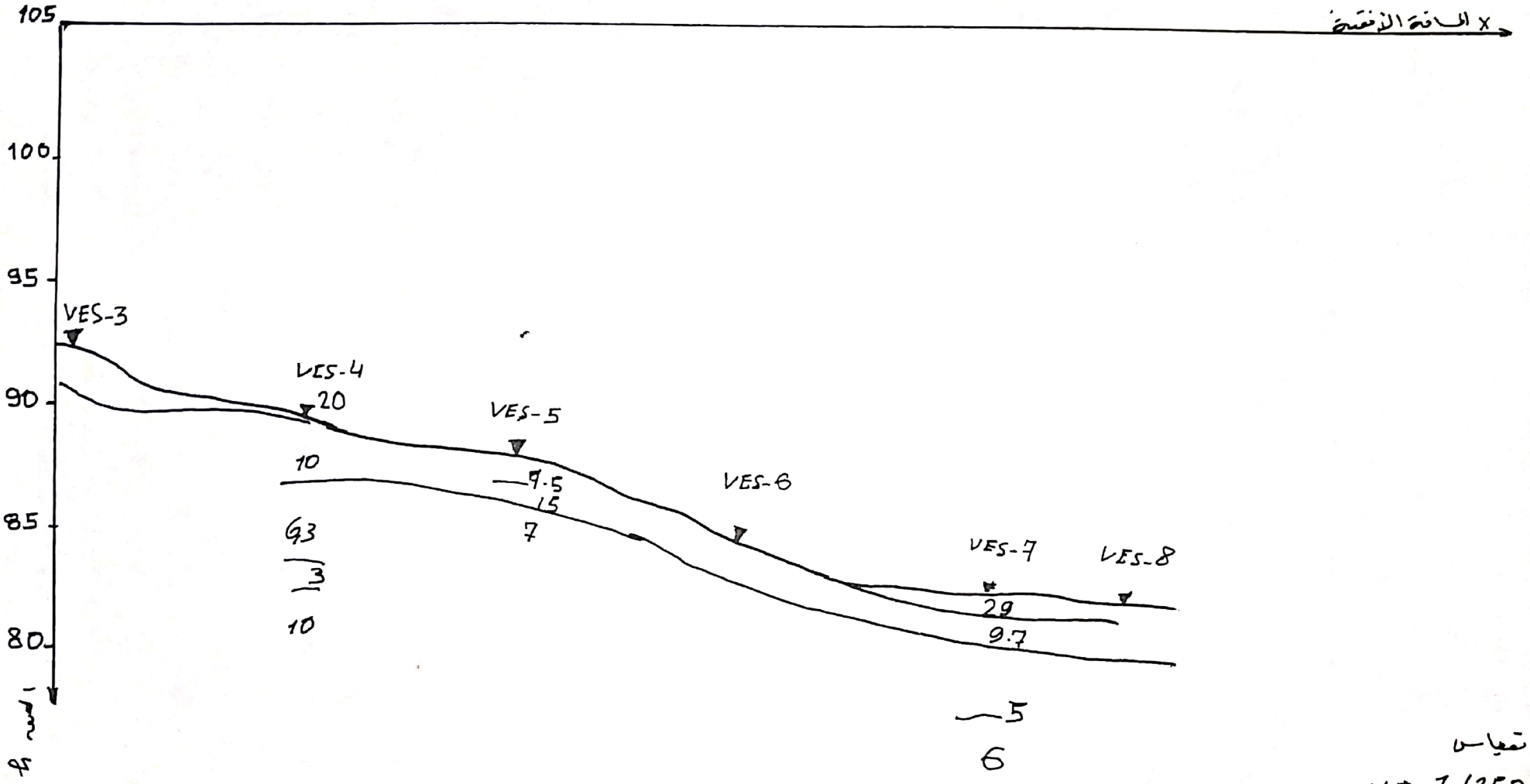
الشكل -1- مخطط الموقع العام، أماكن السبور.



الشكل -2- منحنيات المقاومة الكهربائية النوعية تبعاً للعمق h.



الشكل –3– المقطع الجيوكهربائي 1.



الشكل -4- المقطع الجيوكهربائي II.

❒ ABSTRACT ❒

It is known that the electrical resistance of the soil depends mainly and to a great deal on a collection of its properties such as, humidity density, the solid mantle, the geological structure and the kind of the metal admixture forming the soil. This relationship and correlation have motivated many scientist and researchers to use the electrical methods in the laboratorial experimentations - within the homogenous environment - to determine the physical properties and their changes for a certain kind of soil. On the side, these methods are used in the field investigations to determine the thickness of the soil mantles and their continuance as well as to assure the existence of water and caves.

The method which is mainly used in the field investigations relating to the geotechnical study is to effect deep probing by rotational machines which enables to determine the soil layers and to extract the necessary samples for laboratory experiments to determine the mechanical and physical properties of the soil. However, the small diameter of the rotational probe in comparison with the investigated area does not give, in many times, acceptable and accurate results for the whole area investigated unless it is thick enough to cover the whole investigated area. This method is costing high and necessitates a long time to complete the study.

Accordingly, we have applied, in the last stage of our practical study, both methods at one time. The geophysical methods (the vertical electrical method VES) which allows to effect a geophysical-electrical survey on the soil layers from the surface without touching or damaging the structure of the natural soil. Then in accordance with this study we can determine the places of the rotational probing in order to extract the necessary samples. The attached study shows a saving in time and cost of some 50%. This figure worths to be taken into consideration and makes the use of the aforementioned method a scientific and practical necessity.

المراجع

1. Саркисова Л.А. Исследование вопросов определения электрических характеристик грунтов при сооружении заземляющих устройств. Автореф. ... к.т.н. – Баку. – 1974.

2. Справочник геофизики. Т.Ш. Электроразведка. – М. – 1963. – 582 с.