

## دور إحدائيات محطة المرسل في طريقة التردد المنخفض جداً (VLF) على دقة نتائج القياسات الحقلية

الدكتور زياد سلوم\*

(تاريخ الإيداع 18 / 12 / 2014. قُبِلَ للنشر في 26 / 2 / 2015)

### □ ملخص □

يظهر البحث أهمية حساب ومعرفة زاوية الحقل المغناطيسي الأولي لمحطة المرسل باستخدام طريقة التردد المنخفض جداً وأهميته في القياسات الحقلية الكهرطيسية عن طريق معرفة إحدائيات كل من محطات الإرسال العالمية لهذه الطريقة وإحدائيات منطقة القياس باستخدام معادلات خاصة بذلك. حسبت زوايا سمت الحقول المغناطيسية لهذه المحطات في بعض المناطق السورية في درعا والسويداء، وتبين أن هذه الزوايا تتغير في الموقع نفسه بتغير إحدائيات المرسل، ونُفِذت قياسات حقلية أكدت ذلك.

الكلمات المفتاحية: VLF- DRAA- SUWEDA - الحقل المغناطيسي

\*مدرس - قسم الجيولوجيا-كلية العلوم- جامعة دمشق- دمشق- سورية.

## The Role of Transmitter-Coordination VLF-Method in the Accuracy of Measurement Results

Dr. Ziad Salloum\*

(Received 18 / 12 / 2014. Accepted 26 / 2 / 2015)

### □ ABSTRACT □

The work demonstrates the importance of calculation of zenith angle of the primer magnetic field of the transmitter-station through knowledge of the coordinates of both transmitter-station and measure- area due to the use of special equations. They have great importance for electromagnetically field measurements. The direction angles have been calculated for most famous transmitter-stations in some different areas of SYRIA (DRAA and SUWEDA). According to the results, these angles differed with the variation of coordinates of the transmitter in the same location, and some field measurements have confirmed this method.

**key words:** magnetic field – VLF- DRAA- SUWEDA

---

\*Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Damascus University, Damascus, Syria

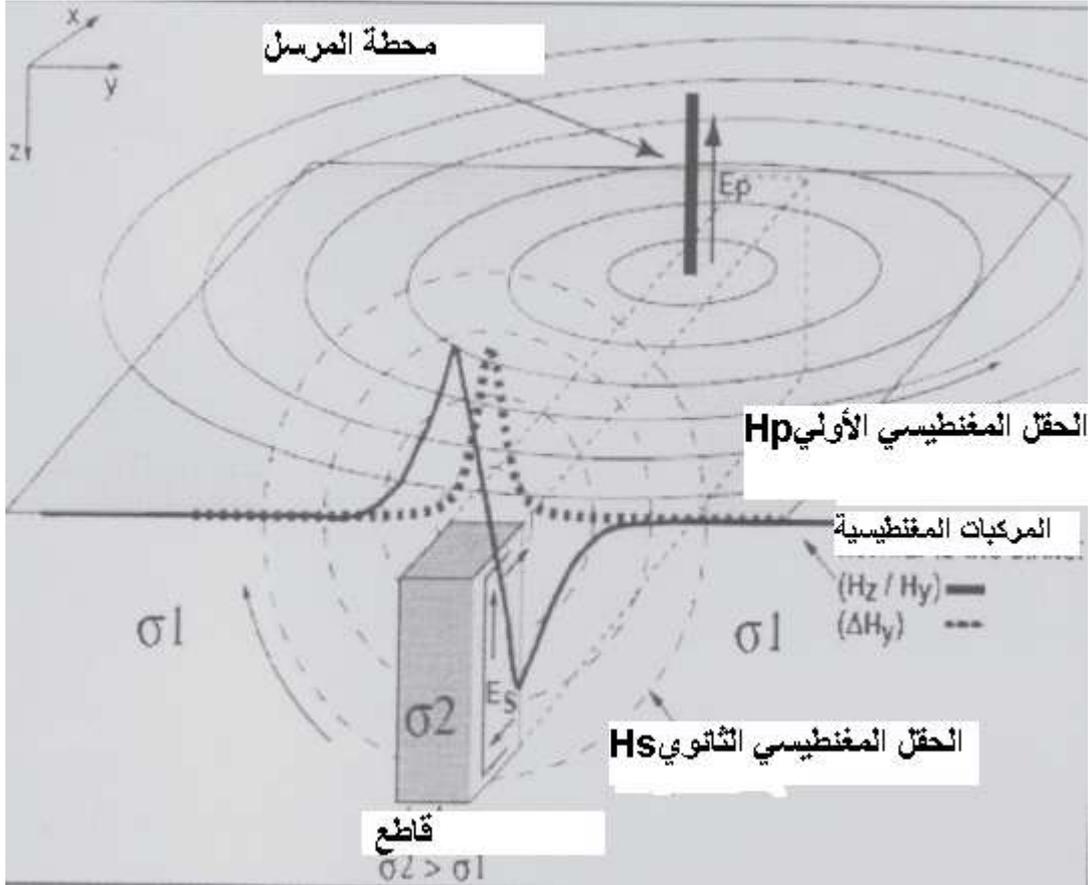
## مقدمة:

تعد طريقة Very Low Frequency VLF (طريقة التردد المنخفض جداً) من الطرائق الكهرطيسية الفعالة لإيجاد نطاقات عدم التجانس القريبة من السطح. وهي تعتمد (الحقول الأولية) في تغذيتها على محطات الإرسال العالمية التي تخدم الملاحة والاتصالات المنتشرة في جميع أنحاء العالم، وهي متنوعة ومختلفة عن بعضها البعض بإحداثياتها الخاصة وبالتردد المستخدم لكل منها، وتعمل هذه الطريقة ضمن مجال تردد (15-25) كيلو هرتز [1] [2]، نذكر منها في جدول(1):

جدول(1) يمثل أهم محطات الإرسال العالمية وإحداثياتها

الدولة	التردد (كيلو هرتز)	المرسل وإحداثياته
France	15.1	Fuo(44N65)(00W48)
UK	16.0	GBR(52N22)(1W11)
Norway	16.4	JXZ(66N15)(13E01)
USSR, Moscow	17.1	UMS(55N49)(37E18)
Maryland	21.4	NSS(38N59)(67W27)
USA	19.6	NLK(48N12)(121W55)
Hawai	23.4	NPM(21N25)(158W09)
USA	24.0	NAA(44N39)(67W17)

وتعتمد هذه الطريقة على قياس مركبات الحقل المغناطيسي الأولي Hp والثانوي Hs ، وهذا يسمح بقياس عناصرها الكهرطيسية (زاوية الميل ...). ويوضح الشكل (1) مبدأ طريقة قياس VLF [3] [4] الذي يقوم على أن المرسل في محطات الإرسال العالمية المذكورة عبارة عن سلك طويل شاقولي، وينتجة تغذيته بتيار متناوب ضمن مجال (15-25) كيلو هرتز يتولد حقل مغناطيسي أولي، على مسافة كبيرة من المرسل يملك مركبة أفقية أعظمية عمودية على اتجاه الانتشار، وتخترق أمواج هذا الحقل المغناطيسي سطح الأرض، وتحرض تيارات دورانية كهربائية (تيارات فوكو)، وعند وجود جسم ناقل كهربائياً تحت سطحي يتولد حقل مغناطيسي ثانوي Hs، يتواكب مع الحقل المغناطيسي الأولي Hp يتم قياسهما بواسطة لاقط (جهاز استقبال موجود على سطح الأرض، وكذلك يمكن قياس الحقل الكهربائي الناتج الذي يسمح بقياس المقاومة الكهربائية).



شكل (1) مبدأ طريقة VLF

يوضح الشكل (1) مبدأ طريقة VLF وشاذات المركبات المغناطيسية لجسم شاذ ممثل بشريحة شاقولية (قاطع) ذات ناقلية كهربائية جيدة  $\sigma_2$  موجودة ضمن وسط محيط ناقلية كهربائية ضعيفة  $\sigma_1$  بحيث يكون اتجاه X متوافق مع الاتجاه الجيولوجي للقاطع وكذلك مع اتجاه المرسل. يحرض الحقل الأولي  $H_p$  في الشريحة (القاطع) تيارات دورانية (E<sub>s</sub>) تسبب في تركيز التيار المتدفق بحيث ينتج عن ذلك نشوء حقل مغناطيسي ثانوي شاذ  $H_s$  الموضح في الرسم ويكون الحقل الأولي  $H_p$  والحقل الثانوي  $H_s$  متخلفين في الطور عن بعضهما البعض. ويتم في طريقة VLF قياس مقدار زاوية ميل إهليلج الاستقطاب الذي يرسمه كل من الحقلين الأولي والثانوي (المركبات المغناطيسية) التي لها ارتباط مباشر مع الشاذ المتحرض عن التركيب الجيولوجي وتجانسه.

### أهمية البحث وأهدافه:

يبين البحث أهمية دور إحدائيات محطة المرسل في طريقة التردد المنخفض جداً (VLF) على دقة نتائج القياسات الحقلية وحساب زاوية الحقل المغناطيسي الأولي لمحطة المرسل في طريقة التردد المنخفض جداً.

## طرائق البحث ومواده:

1- تحديد محطات الإرسال العالمية لطريقة VLF وإحداثياتها، ب- تحديد مواقع مناطق الدراسة وإحداثياتها في المنطقة الجنوبية من القطر (محافظة درعا- السويداء) من الخرائط، ج- إيجاد معادلات حساب سمت الإرسال والاستقبال، د- حساب سمت الإرسال والاستقبال في المنطقة الجنوبية، هـ- استخدام جهاز قياس T-VLF (التردد المنخفض جداً) الفرنسي الصنع شكل(2)، يعتمد عمل الجهاز على قياس المركبات المغناطيسية المحرصة من الحقول المغناطيسية لمحطات الإرسال ضمن السموت المذكورة، ويقاس: (زاوية ميل إهليلج الاستقطاب) T والمركبة Ph (إهليلج الاستقطاب) الكهرطيسي وتفسيرهما F وجميعها كنسبة مئوية ضمن مجال التردد (10-30) كيلو هرتز، و- تنفيذ قياسات حقلية في بعض مناطق الدراسة.



شكل(2) جهاز T-VLF

## النتائج والمناقشة:

### 1 - حساب سمت الإرسال والاستقبال

تتمتع محطة الإرسال بإحداثيات خاصة ومحددة بها، تتمثل بخط طول وبخط عرض. ولتحديد زاوية سمت المرسل في موقع منطقة القياس أهمية كبيرة باستخدام طريقة VLF ، وبالتالي لا بد من معرفة إحداثيات كل من المرسل M ، وإحداثيات منطقة القياس P التي يتم بها تنفيذ هذه القياسات؛ وذلك لضمان تحقيق موجة تحريضية كهرطيسية أعظمية [5]. ولتحقيق هذه الدقة عملنا على إيجاد المعادلات الخاصة بذلك، ويتطلب تنفيذ ذلك ما يأتي:

حساب الاتجاه (سمت) محطة الإرسال والاستقبال:

من خلال معرفة إحداثيات موقع محطة الاستقبال (موقع القياس P) وإحداثيات (موقع محطة الإرسال M) كما يأتي:

1- إحداثيات موقع القياس P:

$$X_p = r \cdot \cos \varphi_p \cos \lambda_p$$

$$Y_p = r \cdot \cos \varphi_p \sin \lambda_p$$

$$Z_p = r \cdot \sin \varphi_p$$

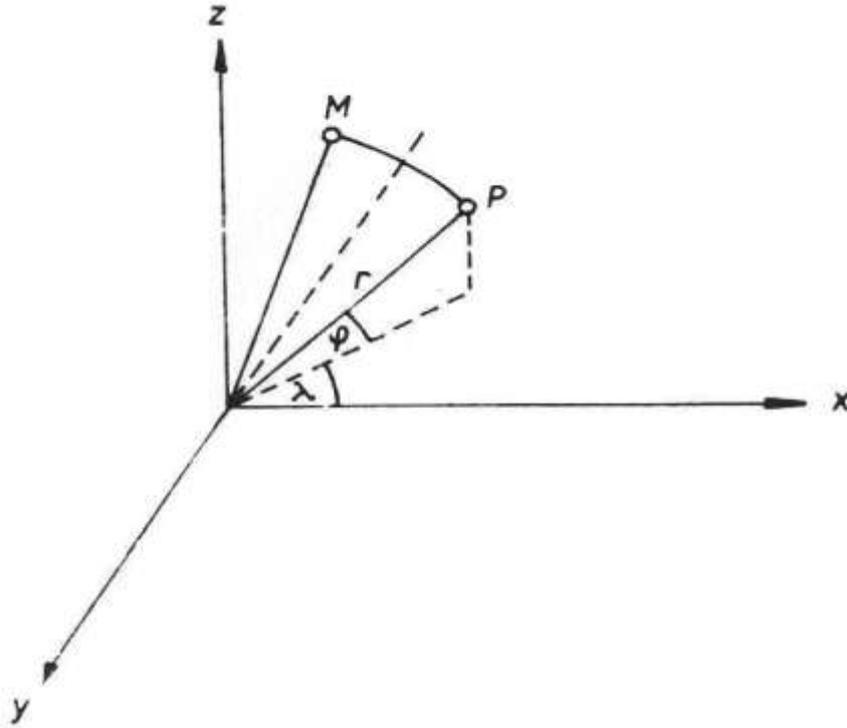
2- إحدائيات محطة الإرسال (المرسل) M:

$$X_M = r \cdot \cos \varphi_M \cos \lambda_M$$

$$Y_M = r \cdot \cos \varphi_M \sin \lambda_M$$

$$Z_M = r \cdot \sin \varphi_M$$

كما هو موضح في الشكل (3)



شكل (3) يمثل نظام إحدائيات حساب سمت محطة الإرسال (M) ومنطقة القياس (الاستقبال) (P).

حيث يمثل M المرسل و P منطقة القياس و  $\varphi$  زاوية خط العرض الجغرافي في المرسل (M) ومنطقة القياس (P) و  $\lambda$  زاوية خط الطول الجغرافي لكل من المرسل (M) ومنطقة القياس (P).

وتكون الزاوية بين المستويين مساوية لزاوية ناظمهما فيتحقق:

$$\cos \alpha = \frac{\overline{n \cdot m}}{|n| \cdot |m|}$$

حيث يكون n, m هما الناظمية للمستويين I, II، والزاوية بينهما  $\alpha$ .

يكون المستوى الناظم الأول I

$$n = (-\sin \lambda_p \cdot \cos \lambda_p) = i \sin \lambda_p + z \cos \lambda_p$$

$$n = 1$$

المستوى الناظم الثاني II: يسير من خلال النقطتين  $M(\lambda_m, \varphi_m)$   $P(\lambda_p, \varphi_p)$

$$m = r_m \times r_p$$

تكون إحداثيات المتجه  $\bar{r}$ :

$$\bar{r} = (\cos \varphi_M \cdot \cos \lambda_M, \cos \varphi_M \sin \lambda_M, \sin \lambda_M)$$

$$r_p = (\cos \varphi_p \cos \lambda_p, \cos \varphi_p \sin \lambda_p, \sin \varphi_p)$$

$$m = \begin{cases} i(\cos \varphi_M \sin \lambda_M \sin \varphi_p - \cos \varphi_p \sin \lambda_p \sin \varphi_M) \\ j(\sin \varphi_M \cos \varphi_p \cos \lambda_p - \sin \varphi_p \cos \varphi_M \cos \lambda_M) \\ k(\cos \varphi_M \cos \lambda_M \cos \varphi_p \sin \lambda_p - \cos \varphi_p \cos \lambda_p \cos \varphi_M \sin \lambda_M) \end{cases}$$

$$= iA + jB + kC \bar{m}$$

وعندما تكون H وحدة الشعاع تصبح العلاقة على الشكل الآتي:

$$\cos \alpha = \frac{\bar{n} \cdot \bar{m}}{|\bar{m}|} = \frac{-\sin \lambda_p A + \cos \lambda_p B}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}$$

حيث تكون إحداثيات الناظم  $\bar{m}$ :

$$A = K'_M K''_p - K''_M K'_p$$

$$B = K''_M K'''_p - K'''_M K''_p$$

$$C = K'''_M K'_p - K'_M K'''_p$$

حيث

$$K'_M = \cos \varphi_M \sin \lambda_M$$

$$K'_p = \cos \varphi_p \sin \lambda_p$$

$$K''_M = \sin \varphi_M$$

$$K''_p = \sin \varphi_p$$

$$K'''_M = \cos \varphi_M \cos \lambda_M$$

$$K'''_p = \cos \varphi_p \cos \lambda_p$$

وتمثل  $K'_M, K''_M, K'''_M$  و  $K'_p, K''_p, K'''_p$  (مساقت الشعاع  $r_M$  و  $r_p$ ) على جملة الإحداثيات وهي قيم

لتحسين العلاقات الرياضية.

## 2- التطبيقات الحقلية:

بناء على المعادلات السابقة تم حساب زوايا السمات لمحطات الإرسال المستقبلية في مواقع في المنطقة الجنوبية

من القطر، وهي:

محافظة درعا: درعا- الحارة- شرق بصرى.

محافظة السويداء: السويداء- شمال حزم- شرق صلخد، كما هو موضح في الشكل(4).



شكل (4) مواقع زوايا السميت لمحطات الإرسال في المنطقة الجنوبية، ( 1 الحارة، 2 درعا، 3 شرقي بصرى، 4 شمال حزم، 5 السويداء، 6 شرقي صلخد).

وذلك باستخدام محطات الإرسال الآتية:

NSS -JXZ-NAA-Fuo- NLK- GBR ، والجدول (2) يعبر عن العلاقة بين زاوية سميت محطة

الإرسال في المواقع المذكورة لكل من محطات الإرسال السابقة الذكر، كما هو موضح في الجدول (2).

جدول (2) يمثل قيم زاوية سمت محطات الإرسال NSS – NLK – FUO-GBR- NAA – JXZ

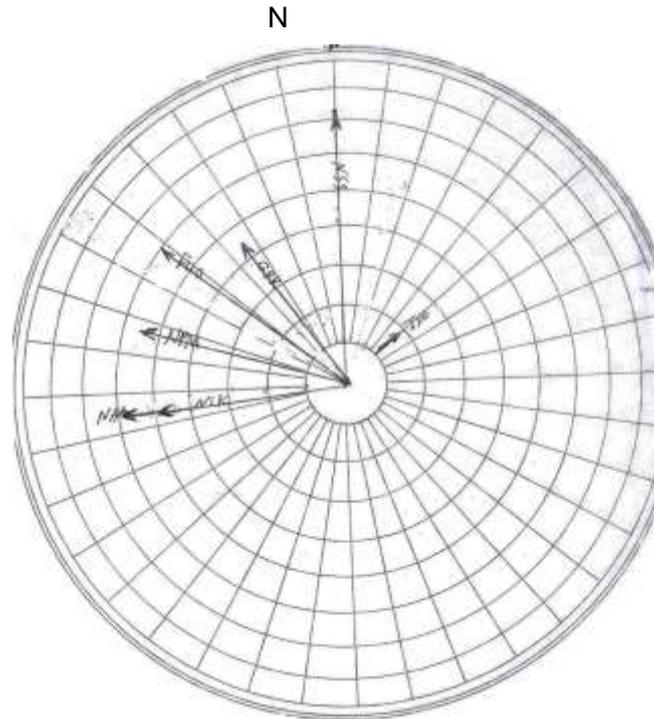
المحسوبة لمواقع في محافظتي درعا والسويداء.

زاوية سمت	إحداثيات الموقع	موقع					
NSS	NLK	FUO	GBR	NAA	JXZ		
70,98	48,691	58,076	43,385	57,014	18,303	N36 E34.6	الحارة
73,001	48,955	59,512	44,344	58,95	16,49	N35 E 36.12	درعا
81,453	50,618	66.262	49,606	66,759	16,37	N39 E35.95	شرق بصرى
79,500	50,411	64,507	48,4	64,601	18,247	N36 E38.5	شمال حزم
82,67	50,948	67,163	50,445	67,801	18,766	N36 E39.36	السويداء
85,900	51,578	69,991	52,714	71,075	19,496	N41 E36	شرق صلخد

حسبت قيم زوايا السمت لحقل محطات الإرسال والمستقبل في بعض المواقع في محافظة درعا، كما هو موضح

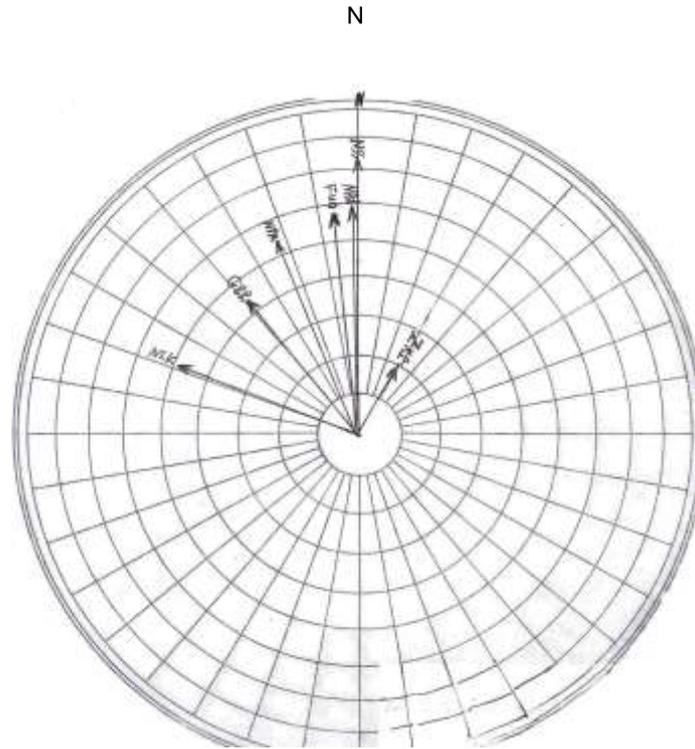
في الجدول (2) موضحة في الأشكال (5-7) ووفقاً لها يمكن اختيار محطة الإرسال المناسبة لاستكشاف نطاقات

التشقق [6] [7].

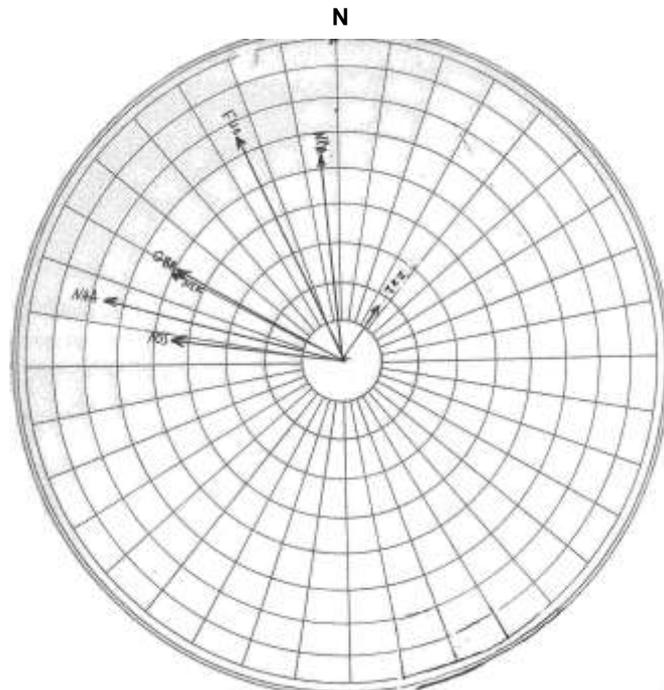


شكل (5) يمثل زوايا سمت الحقل المغناطيسي لمحطات الإرسال NSS- NLK- GBR- FOU- NAA- JXZ

والمستقبل في درعا.

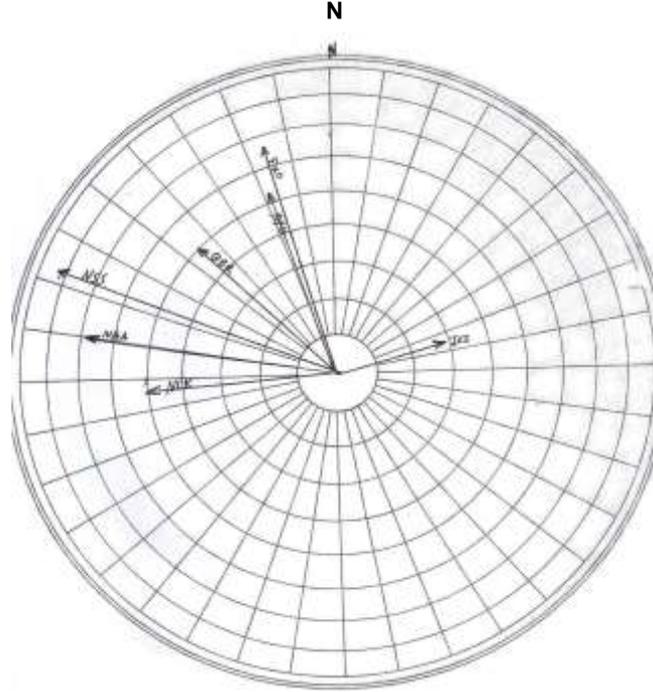


شكل(6) يمثل زوايا سمت الحقل المغناطيسي لمحطات الإرسال NSS- NLK- GBR- FUO- NAA- JXZ والمستقبل في الحارة.

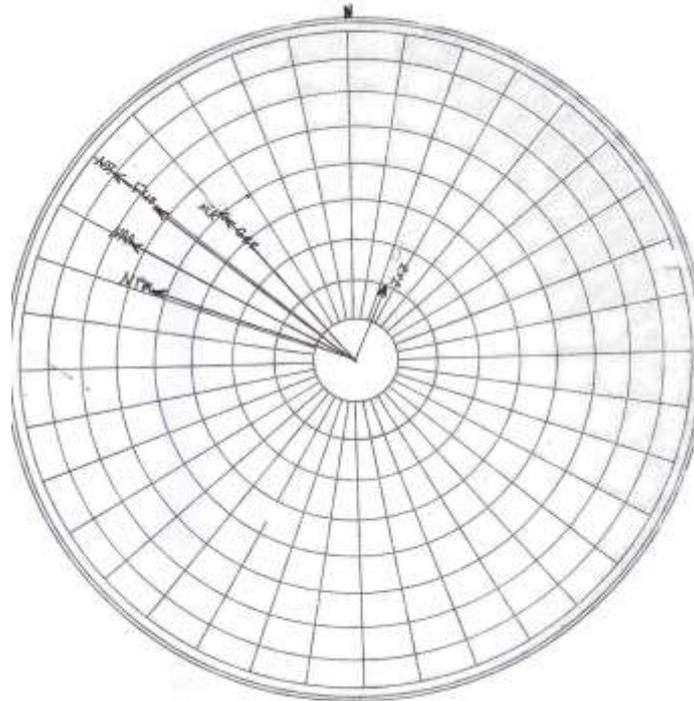


شكل(7) يمثل زوايا سمت الحقل المغناطيسي لمحطات الإرسال NSS - NLK- GBR- FUO- NAA- JXZ والمستقبل في شرق بصرى.

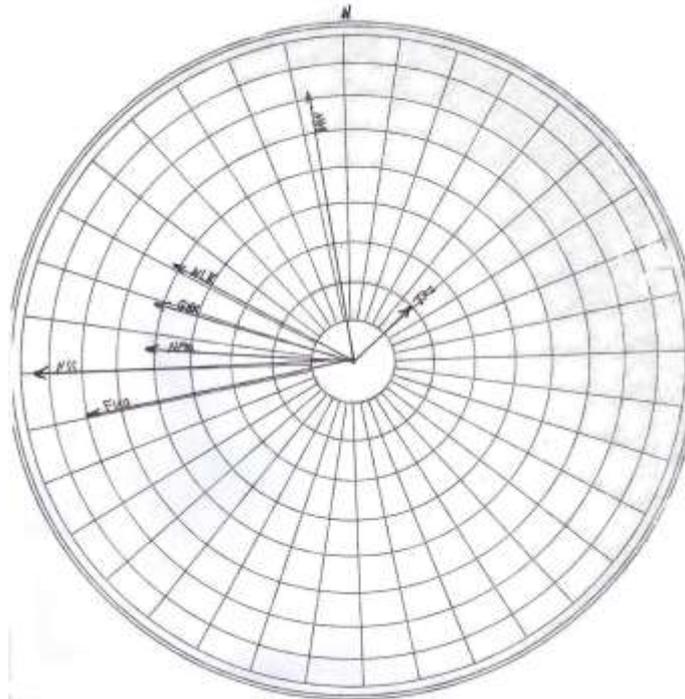
وفي السياق نفسه حسبت قيم زوايا السمات لمحطات الإرسال والمستقبلية في عدة مواقع في محافظة السويداء، كما هو موضح في الجدول (2)، ومثلت في الأشكال (8-10)، إذ تظهر النتائج اختلاف قيم زوايا السمات، كلما اتجهنا من جهة الغرب باتجاه الشرق، ومن الشمال باتجاه الجنوب وفقاً لتوزيع المواقع. تبين النتائج أهمية محطات الإرسال التالية NLK, GBR وكذلك NAA-JXZ الموضحة لاستكشاف نطاقات التشقق ذات الاتجاهات شمال - جنوب (شمال غرب - جنوب شرق). وكذلك محطات الإرسال FUO -NSS لاستكشاف نطاقات التشقق ذات الاتجاهات (شرق - غرب).



شكل (8) يمثل زوايا سمات الحقل المغناطيسي لمحطات الإرسال NAA- JXZ- NSS- NLK- GBR- FUO والمستقبلية في السويداء.



شكل (9) يمثل زوايا سمت الحقل المغناطيسي لمحطات الإرسال NSS- GBR- FUA- NLK- NAA- JXZ والمستقبل في شمال حزم .

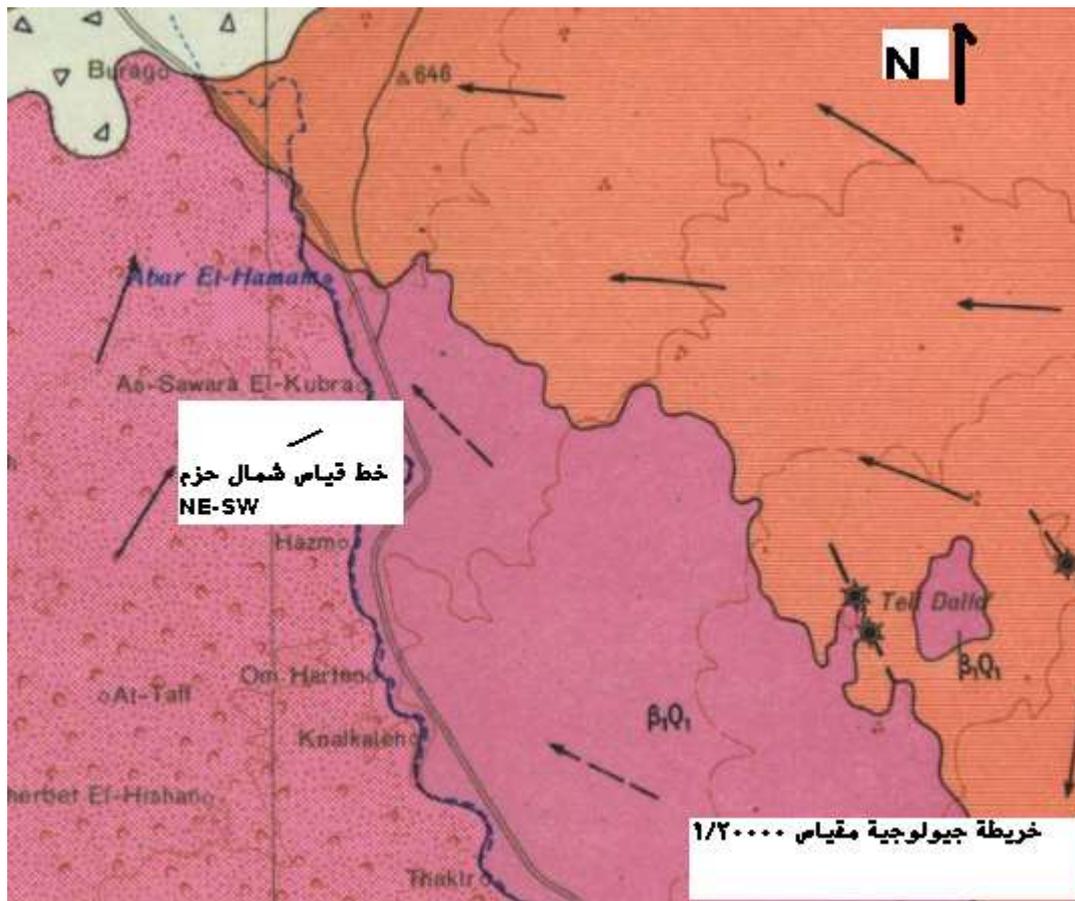


شكل (10) يمثل زوايا سمت الحقل المغناطيسي لمحطات الإرسال NSS - NLK- GBR- FUA- NAA - JXZ والمستقبل في شرق صلخد.

تم تنفيذ قياسات كهرومغناطيسية بطريقة التردد المنخفض جداً (مسح أفقي) في المنطقة الجنوبية باستخدام محطتي إرسال الأولى GBR وبتردد 16000 هرتز والثانية NAA بتردد 24000 هرتز. كما تم قياس المركبات المغناطيسية الآتية:

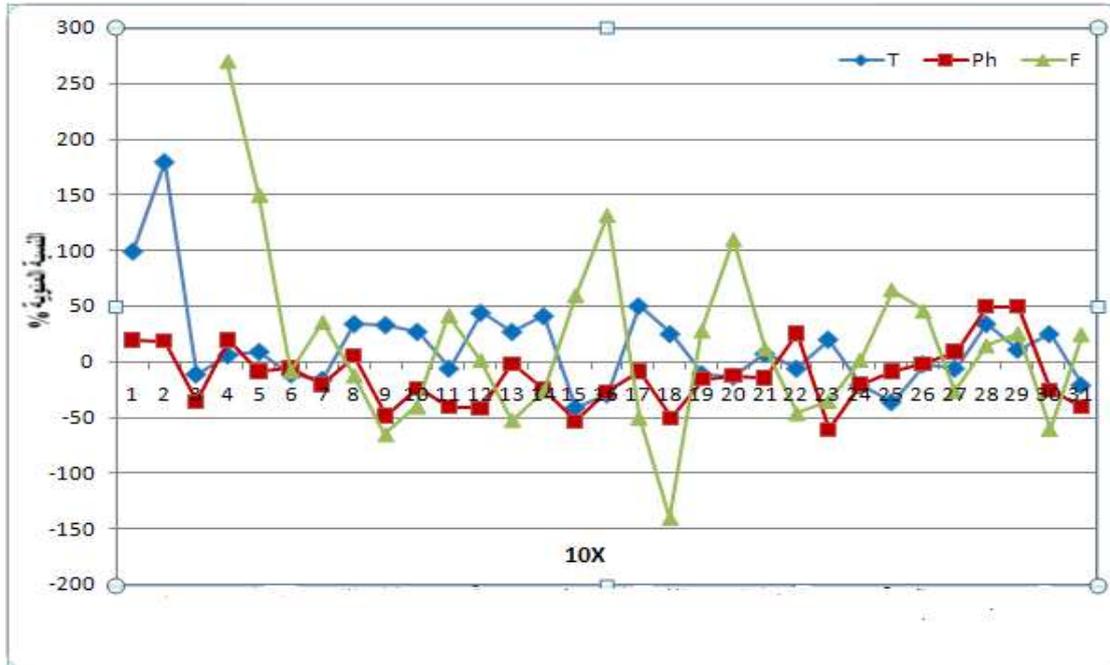
(زاوية ميل إهليلج الاستقطاب) T والمركبة Ph (إهليلج الاستقطاب) الكهرومغناطيسي وتفسيرهما F وجميعها كنسبة مئوية.

وهدف القياسات تحديد نطاقات عدم التجانس [8] [9] في الصخور البركانية حيث تتكشف في المنطقة صخور بازلتية تعود إلى الرباعي الأسفل Pleistocene (B1Q1)، وهي صخور قاسية بازلتية مشقق.



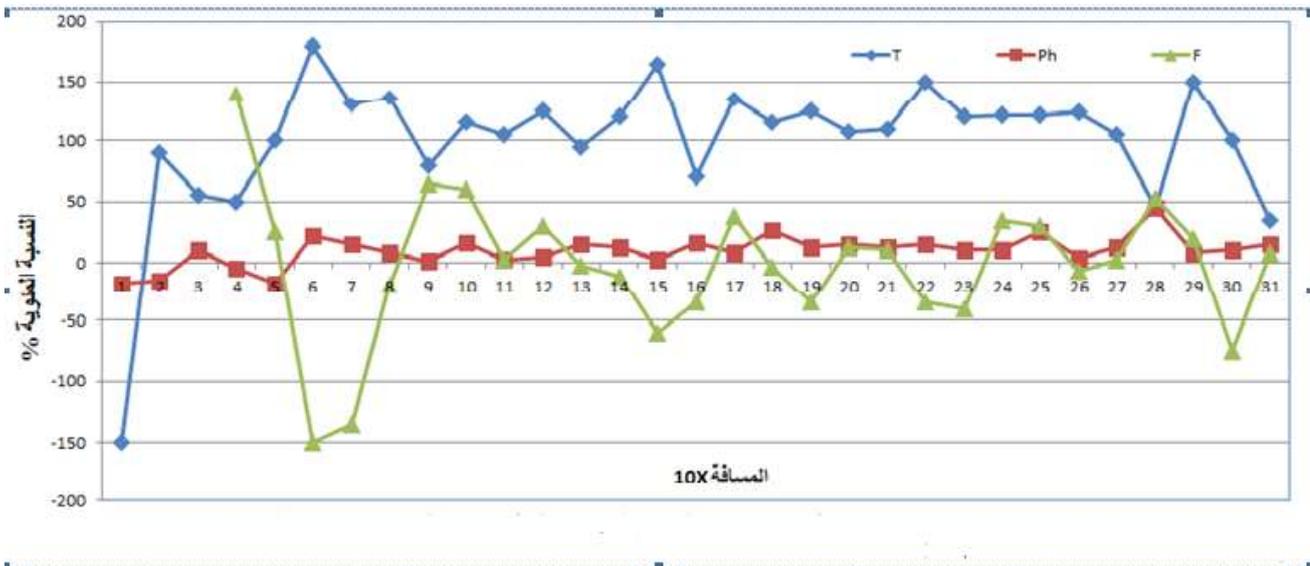
شكل (11) خط قياس كهرومغناطيسي المنفذ (شمال حزم) باتجاه شمال شرق - جنوب غرب

نفذ خط قياس كهرومغناطيسي (شمال حزم) شكل (11) باتجاه شمال شرق - جنوب غرب بطول 310 m وبخطوة انتقال 10 m، وتم قياس المركبات المغناطيسية سابقة الذكر (T-Ph-F) كنسبة مئوية (باستخدام مرسل GBR بتردد 16000 هرتز)، ومثلت نتائج القياس في الشكل (12)، إذ تظهر نتائج تفسير القياسات وجود نطاقات عدم تجانس عند نقاط الانتقال (4-5) (7) (11) (15-16) (19-20) (25-26) (28-29) (31).



الشكل (12) نتائج قياس زاوية ميل إهليج الاستقطاب (T) والمركبة إهليج الاستقطاب التحريضي (Ph) وتفسيرها (F) وجميعها كنسبة مئوية. باستخدام المرسل (GBR) المنفذة باتجاه NE-SW.

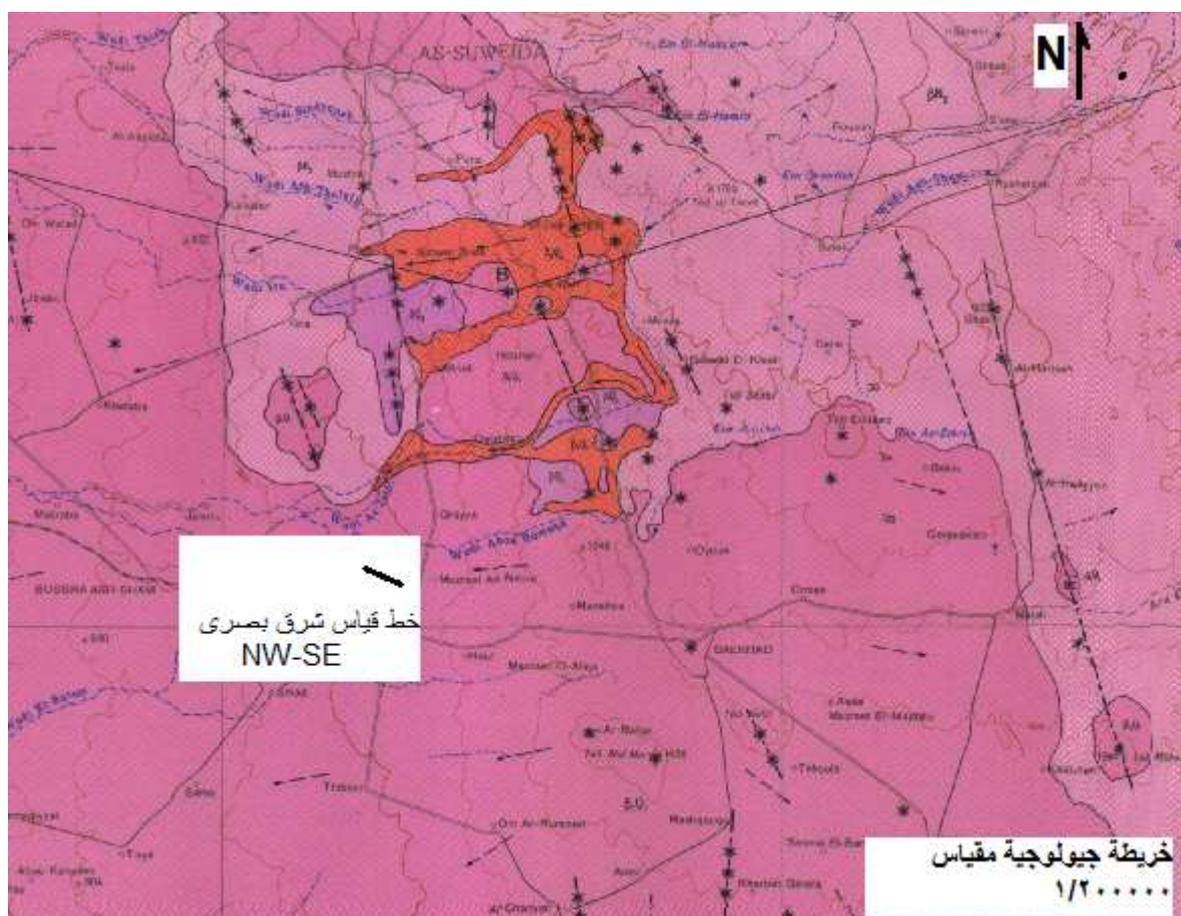
ونفذ خط قياس نفسه، وإنما باستخدام محطة إرسال أخرى NAA تعمل بتردد 24000 هرتز، ومثلت نتائج القياس في الشكل (13).



الشكل (13) نتائج قياس زاوية ميل إهليج الاستقطاب (T) والمركبة إهليج الاستقطاب التحريضي (Ph) وتفسيرها (F) وجميعها كنسبة مئوية باستخدام المرسل (NAA) المنفذة باتجاه NE-SW.

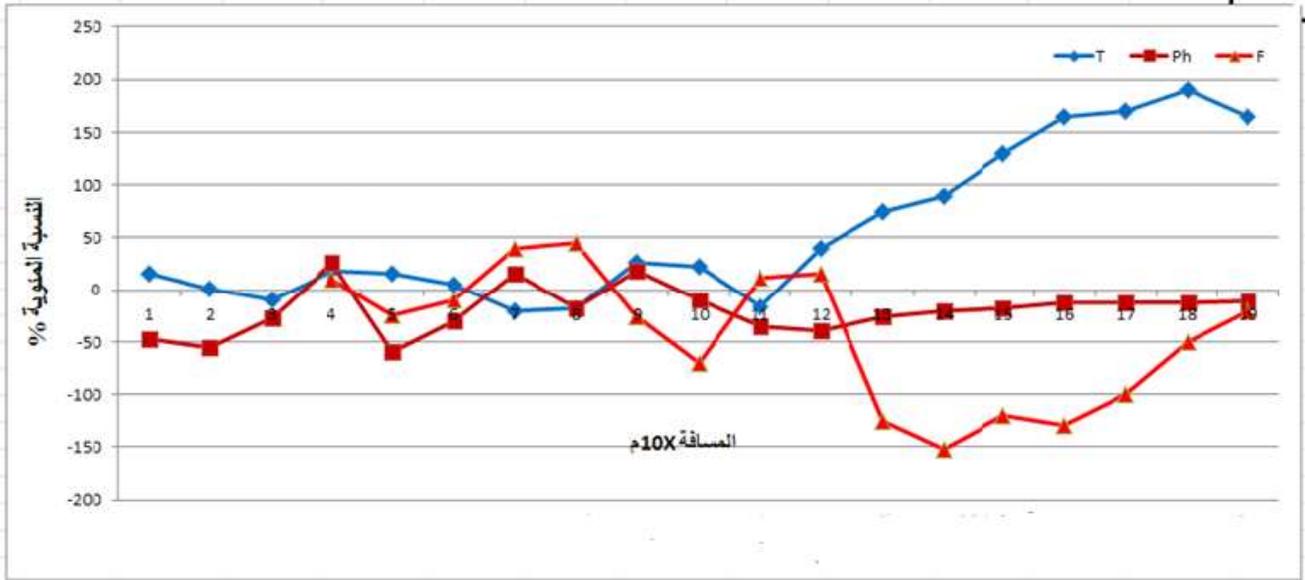
وقد أظهرت نتائج تفسير القياس وجود نطاقات الشذات عند نقاط القياس الآتية: (4) (9-10) (12) (17) (20-21) (24-25) (28) تبرز هذه النتائج وجود هذه النطاقات التي تختلف عن السابقة على نفس الخط والمنفذة

بالمرسل GBR حيث يتجسد ذلك بمقارنة نتائج الشكلين (12) و (13) باختلاف مواقع الشاذات وكذلك بقيمة الشاذ. ونستنتج من ذلك أنه تختلف نتائج القياس باختلاف اختيار المرسل المستخدم، كما هو واضح في الشكلين السابقين (12) و (13).



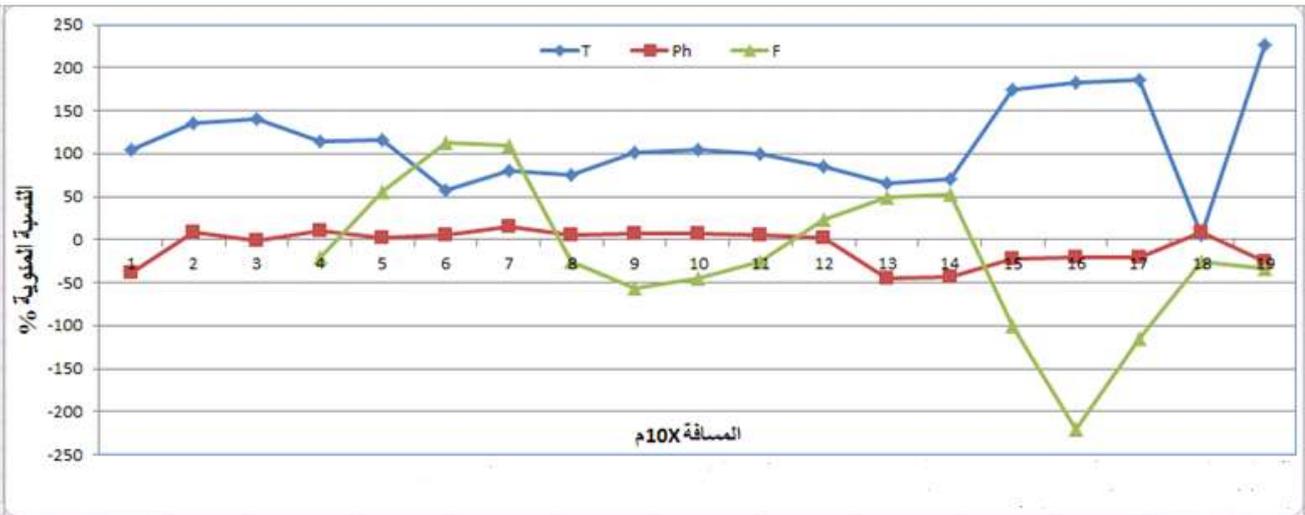
شكل(14)خط قياس المنفذ (شرق بصرى) باتجاه شمال غرب- جنوب شرق.

وكذلك نفذ خط قياس في موقع (شرق بصرى) شكل(14) باتجاه شمال غرب- جنوب شرق بطول 190 m وبخطوة انتقال 10 m وتم قياس المركبات المغناطيسية سابقة الذكر (T-Ph-F) كنسبة مئوية (باستخدام مرسل GBR بتردد 16000 هرتز )، ومثلت نتائج القياس في الشكل (15) حيث تظهر نتائج تفسير القياسات وجود نطاقات عدم تجانس عند نقاط الانتقال (4)(7-8) (11-12).



الشكل (15) نتائج قياس زاوية ميل إهليلج الاستقطاب (T) والمركبة إهليلج الاستقطاب التحريضي (Ph) وتفسيرها (F) وجميعها كنسبة مئوية. باستخدام المرسل (GBR) المنفذة باتجاه NW-SE.

ونفذ خط قياس نفسه بنفس الأبعاد وخطوة الانتقال وإنما باستخدام محطة إرسال أخرى NAA تعمل بتردد 24000 هرتز، ومثلت نتائج القياس في الشكل (16)، حيث أظهرت نتائج تفسير القياس وجود نطاقات الشاذات عند نقاط القياس الآتية: (5-7) (12-14) تبرز هذه النتائج وجود هذه النطاقات تختلف عن السابقة على نفس الخط والمنفذة بالمرسل GBR حيث يتجسد ذلك بمقارنة نتائج الشكلين (15) و (16) باختلاف مواقع الشاذات.. وكذلك بقيمة الشاذ ونستنتج من ذلك أنه تختلف نتائج القياس باختلاف اختيار المرسل المستخدم، كما هو واضح في الشكلين السابقين (15) و (16).



الشكل (16) نتائج قياس زاوية ميل إهليلج الاستقطاب (T) والمركبة إهليلج الاستقطاب التحريضي (Ph) وتفسيرها (F) وجميعها كنسبة مئوية. باستخدام المرسل (NAA) المنفذة باتجاه NW-SE.

## الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- نتج لدينا معادلات حساب زوايا سمت الحقل المغناطيسي لمحطات الإرسال العالمي المختلفة المستندة إلى كل من إحدائيات محطة الإرسال وإحدائيات موقع منطقة القياس.
- 2- حسبت زوايا سمت محطات الإرسال المذكورة لبعض المناطق في محافظتي درعا والسويداء وتبين نتيجة لذلك إن هذه القيم تختلف باختلاف الموقع من الغرب وبتجاه الشرق، ومن الجنوب وبتجاه الشمال.
- 3 - تبين بالنتيجة أنّ لحساب ومعرفة إحدائيات محطة الإرسال وموقع منطقة القياس أهمية كبيرة تمكن من معرفة زاوية وانتشار ووضعية الحقل المغناطيسي الأولي لمحطة الإرسال وعلاقته في اختراق الجسم الشاذ.
- 4- أظهر التطبيق الحقلّي نطاقات عدم تجانس باستخدام مرسل GBR تختلف عن تلك المحددة باستخدام مرسل آخر NAA وهذا يتطابق مع ما سبق ذكره.
- 5 - نوصي ما يأتي: للحصول على نتائج قياس جيدة وتحديد دقيق لمكان وامتداد الجسم الشاذ يجب معرفة الآتي:

1. اتجاه (سمت) انتشار الحقل المغناطيسي لمحطة الإرسال في منطقة القياس،
2. اتجاه الجيولوجي للجسم المبحوث عنه (الشاذ).
- 6- يجب عند القياس بطريقة التردد المنخفض جداً في المنطقة الجنوبية استخدام محطات الإرسال المحصورة بين محطات الإرسال (NAA-Fuo-GBR) لملائمة انتشار هذه الحقول المغناطيسية لهذه المحطات مع اتجاه التشقق المسيطر في هذه المنطقة.

## المراجع:

- 1-Mc Neil, J.D *use of electromagnetic method for ground water studies in Geotechnical and Environmental Geophysics*(1990).
- 2-Fischer, G,Quany,B.V.L.and Muller: *VLF ground surveys, a power full tool for the study of shallow two-dimensional structures* Geophysical Prospecting(1983), 31,977-991.
- 3- Paterson,N.Rand,V.Ronka, *Five years of surveying with the very low frequency electromagnetic method* ,Geoexploration,( 1971), voll.9 p.p 7-26.
- 4- MILTZER, H. und WEBER, F. *angewandte geophysik band2 geoelektrik Geothermik-Radiometrie Aerogeophysik* ,Akademie,- verlag .Berlin,(1984)
- 5- DONER, F. a.....*Freiberger Forschungshefte beitraege zur VLF –Method C414* Leipzig ,1987.
- 6-PHILLIPS,W.J.,and RICHARDS,W.E.A *study of effectiveness zones*,Geoexploration.(1975),13,215-226.
- 7-Guetter, A .Bayrak,M.and cutter,O.F.,*a VLF survey using current gathering phenomena for tracing buried faults zone Turkey*, journal of applied geophysic(2009), vol.68 p. 437-447.
- 8-Eslam,E. Glwadi, E. and anthers, *integrated Geophysical survey for site investigation at new dwelling area* ,Egypt journal of Environmental and Engineering Geophysics( 2006), V.II P.249-259.
- 9-Bayrak,M.and Ilkisik,O.M: *use of electromagnetic-VLF method in shallow explorations in Turkey*, Jeofizik,(1995),9-10,143-148.