مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (1) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (1) 2010

دراسة تأثير خاصية الناقلية غير المتماثلة المناحي في تقييم تجارب الضخ في الحامل المائي الجوفي غير المضغوط غير المتجانس

الدكتور أيمن عبد الرحمن*

(تاريخ الإيداع 28 / 9 / 2009. قُبِل للنشر في 2010/3/16)

□ ملخّص □

إن الحامل المائي الجوفي هو تشكل جيولوجي غير متجانس بشكل طبيعي، ويمكن أن يكون في حالات عديدة غير متماثل المناحي أيضاً. تم استخدام الطرق الجيوستاتيستيكية لتوليد القيم الفراغية لعامل النفوذية التي تمثل الحامل المائي الجوفي غير المتجانس. يعتبر توزع قيم عامل النفوذية قي الحقل هو توزع طبيعي لوغارتمي. إن أهم أداة الطرق الجيوستاتيستيكية هي منحني التباين والذي يتميز بمعاملين أساسيين، هما التباين و طول الارتباط (مقياس التكامل)، و لقد تم تغيير قيم هذين العاملين لدراسة تأثيرهما على تقييم تجربة الضخ. في هذا العمل تم تقسيم الحقل المدروس إلى خلايا، و تم توليد قيم عامل النفوذية لكل خلية باستخدام برنامج Hydro_gen من أجل قيم متغييرة للتباين و مقياس التكامل. ثم استخدم برنامج Modflow لمحاكاة حركة المياه الجوفية أثناء عملية الضخ.

في هذا العمل تم التمييز بين خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية و الجيوستاتيستيكية، ومعالجة الأنواع الثلاثة لخاصية عدم تماثل المناحي الجيوستاتيستيكية، وهي الفراغية و المحلية و المختلطة.

الكلمات المفتاحية: تجربة الضخ، الحامل المائي الجوفي غير المضغوط، خاصية عدم التجانس، خاصية عدم تماثل المناحي، الجيوستاتيستيك

* مدرس – قسم الهندسة المائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة حلب – حلب – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (32) العدد (1) 2010
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (32) No. (1) 2010

Studying The Influence of Anisotropy of Conductivity in Heterogeneous Unconfined Aquifer By Evaluation of Pumping Test

Dr. Ayman Adulrahman *

(Received 28 / 9 / 2009. Accepted 16 / 3 / 2010)

□ ABSTRACT □

The Aquifer is a heterogeneous geological formation in the nature and it may be anisotropy. The geo-statistical methods are used to generate the spatial distribution of k-Value in the heterogeneous field. The spatial distribution of k-Values is generally log-normal distribution. The most important parameters of the Variogramm are the Sill (Variance) and Rang (Integral Scale). These two parameters are varied to investigate their influence on the evaluation on pumping test. The investigated field is divided into cells. The k-Values in the field are generated by using the program HYDRO_GEN for different variances and integral scales, and then the Program Modflow is used to simulate the groundwater table after pumping .

In this work, we distinguish here between the hydraulic anisotropy and the geo-statistical anisotropy. This work deals the three types of geo-statistical anisotropy, geometric, zonal and mixture anisotropy.

Keywords: Pumping test, unconfined Aquifer, heterogeneous, anisotropy, Geo-statistics.

* **Assistant Professor, Department of Water Eng., Faculty of Civil Engineering, University of Aleppo , Aleppo , Syria.**

مقدمة:

تمثل تجربة الضخ القوائم الأساسية الهامة للهيدروجيولوجيا. فمن أجل معدل ضخ ثابت يتناقص منسوب المياه الجوفية بشكل عام، ونسمي هذه الحالة بالشروط غير المستقرة، وعندما يثبت منسوب المياه الجوفية بعد فترة من الزمن رغم استمرار حالة الضخ نكون قد وصلنا إلى الحالة المستقرة. وهذا يستدعي معرفة الحالة إذا كانت مستقرة أو غير مستقرة عند تقييم الضخ. يتم عادة قياس الهبوط في منسوب المياه الجوفية في آبار المراقبة أثناء تجربة الضخ من أجل تحديد قيمة عامل النفوذية في الحقل، ففي الحقل المتجانس المتماثل المناحي يكفي قياس الهبوط في بئري مراقبة لتحديد قيمة النفوذية للحامل المائي الجوفي، وفي هذه الحالة تكون الخطوط الكنتورية للهبوط على شكل دوائر متمركزة عند بئر الضخ. في الطبيعة ليس هناك أي دوائر تمثل الهبوط لمنسوب المياه الجوفية، وهذا يعني أنه لا يوجد في الطبيعة (عمليا) أي نموذج يمثل الحقل المائي الجوفي المتجانس. إن الهدف من هذا العمل هو إظهار المقارنة والخطأ بين النموذج الحقيقي والنموذج المعتبر، وقد تم هنا مناقشة الحامل المائي الجوفي غير المضغوط فقط. يجب قبل بداية تجربة الضخ جمع معلومات دقيقة قدر الإمكان للسلوك الجيولوجي والهيدرولوجي، نذكر منها :الخواص الجيولوجية للتربة، نوع الحوامل المائية الجوفية وسريرها المتاخم، سماكتها وشروطها المحيطية، معطيات حول نظام جريان المياه الجوفية، ميل منسوب المياه وجريان المياه الجوفي في المقياس المحلي للمنطقة المدروسة.....الخ.

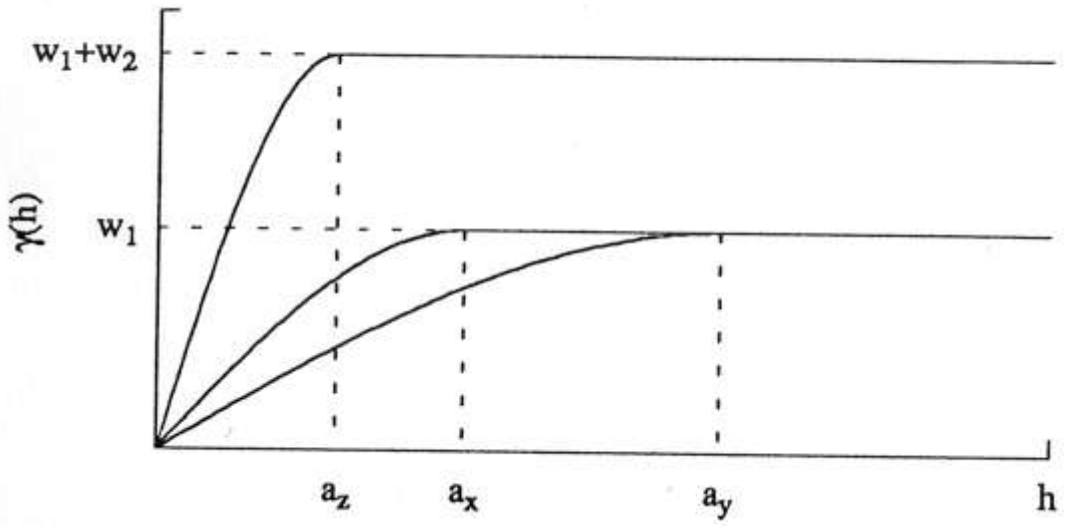
تنشأ خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية نتيجة تراكيب الأقنية المسامية المختلفة في الاتجاهات المختلفة، وبالتالي فإن خاصية عامل النفوذية تؤثر بشكل مختلف في كل اتجاه.

عندما تكون خاصية ما في نقطة من وسط ما متعلقة بالاتجاه فإن ذلك يعني أن الخاصية غير متماثلة المناحي. سنميز في هذا البحث خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية والجيوستاتيستيكية Geostatistics . في حالة الجريان ثلاثي الأبعاد، مع اعتبار حالة خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية، يكون عموما عامل النفوذية مختلفاً في كل اتجاه، أي $K_x \# K_y \# K_z$، ولكن عمليا يتم تبسيط هذه الحالة إلى دراسة خاصية عدم تماثل المناحي من أجل حالة الجريان ثنائي البعد، حيث تدرس خاصية عدم تماثل المناحي في المستوي الشاقولي أو الأفقي. ففي حالة المستوي الشاقولي لدينا عامل النفوذية: $K_x \# K_z$، وهذه الحالة درست بشكل واسع، فمن أجل حالة الحامل المائي المتجانس غير المتماثل المناحي غير المضغوط كان Boulton (1963) أول من طور طريقة لهذه الحالة، وثم من بعد ذلك عالج هذه الحالة بشكل أوسع الباحث Neuman (1972,1974,1975). أما من أجل حالة الحامل المائي الجوفي المضغوط فقد درست بشكل خاص من قبل العالم Hamtush (1957,1961c,1961d,1964). أما في حالة الجريان في المستوي الأفقي فلدينا: $K_x \# K_y$ ومن أجل حالة الحامل المائي الجوفي المتجانس غير المتماثل المناحي (في المستوي الأفقي) غير المضغوط كانت هناك صعوبات كبيرة في حل هذه المسألة، ولايوجد لها حلول حالياً من أجل تقييم تجربة الضخ[3].

تم في هذا البحث دراسة تأثير حالة خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية والجيوستاتيستيكية في المستوي الأفقي في تقييم تجربة الضخ. إن خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية لعامل النفوذية في الحقل غير المتجانس، تتمثل بتوليد قيم عامل النفوذية في اتجاه ما، اعتمادا على منحني تباين معين، أي ذو قيمة تباين ومقياس تكامل محددين، ثم تضرب هذه القيم بعامل عدم تماثل المناحي للحصول على قيم عامل النفوذية في الاتجاه الآخر. أما خاصية عدم تماثل المناحي الجيوستاتيستيكية لعامل النفوذية في الحقل غير المتجانس فتتمثل بتوليد قيم عامل النفوذية في اتجاه ما اعتمادا على منحني تباين ما، وكذلك توليد قيم عامل النفوذية، اعتمادا على منحني تباين آخر مختلف.

ونميز في علم الجيوستاتيستيك ثلاثة أنواع من خاصية عدم تماثل المناحي وهي الفراغية Geometric و المحلية Zonal و المختلطة Mixture. وتظهر هذه الخاصية عند تحديد منحني التباين التجريبي في كل اتجاه على حدة (من أجل العديد من الاتجاهات) ويكون لدينا التباين مساوياً لكافة هذه المنحنيات، ولكنها تمتلك أطوال ارتباط مختلفة، أي أنها متعلقة بالاتجاه [7].

لقد تم تمثيل خاصية عدم التجانس للحامل المائي الجوفي من خلال طرق الجيوستاتيستيك باستخدام منحني التباين والذي يتميز بمعاملين، هما: التباين و طول الارتباط أو مقياس التكامل[1] وتم تغيير هذين المعاملين لتمثيل خاصية عدم التجانس بأشكال مختلفة ومعرفة مدى تأثيرهما، كما في الشكل (1). في حالة خاصية عدم تماثل المناحي في البعد الثنائي يمكن تمثيل سلوكية منحني التباين بأنه تابع للاتجاه. فيمكن أن يكون منحني التباين التجريبي في كافة الاتجاهات على شكل خطوط منحنيات ذات التباين المتساوي للقيم والمتعلق بالمتجه h. هذه الخطوط الكنتورية ستظهر بشكل دوائر متمركزة في حالة خاصية تماثل المناحي، أما في حالة خاصية عدم تماثل المناحي الفراغي، فإن الخطوط الكنتورية ستتغير وتصبح بشكل قطوع ناقصة متمركزة، وتتم المتابعة بنفس الطريقة في البعد الثلاثي بشكل تكراري من أجل تحديد القيمة الأعظمية والأصغرية، وكذلك زاوية ميل المحاور الأساسية وتدعى هذه الحالة بخاصية عدم تماثل المناحي الفراغية. أما من أجل خاصية عدم تماثل المناحي التي يكون لدينا أطوال ارتباط (مقياس التكامل) متساوية مع كافة هذه المنحنيات ولكنها تمتلك قيم تباين مختلفة، أي أنها متعلقة بالاتجاه، فتدعى بخاصية عدم تماثل المناحي المحلية. و أخيرا من أجل خاصية عدم تماثل المناحي التي يكون لدينا أطوال ارتباط وقيم تباين مختلفة معا، أي أنها متعلقة بالاتجاه، فتدعى خاصية عدم تماثل المناحي المختلطة [7].



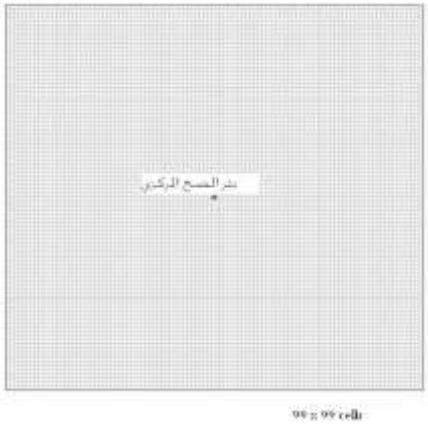
الشكل (1) : أشكال مختلفة لمنحني التباين حيث (a) طول الارتباط أو مقياس التكامل و (w) قيمة التباين.

أهمية البحث وأهدافه:

إن الهدف من تجربة الضخ هو الحصول على المعاملات الهيدروجيولوجية للحامل المائي، وبشكل خاص عامل النفوذية، تفيد هذه المعاملات في معرفة سلوك جريان المياه الجوفية في الحامل المائي الجوفي ونمذجتها من أجل إيجاد حلول للموازنة المائية، ومن أجل وضع إدارة متكاملة للموارد المائية في المنطقة المدروسة. إن معظم الحوامل المائية هي ذات تشكيلات جيولوجية معقدة التركيب والقوام، فلابد من معرفة سلوكها للحصول على نمذجة دقيقة قدر الإمكان أي أقرب للواقع قدر ما يمكن، إن تقييم تجربة الضخ مع عدم إدخال تأثير خاصية عدم تماثل المناحي سواء كانت الهيدروليكية أو الجيوستاتيستيكية سيعطي نتائج غير دقيقة، وإن الهدف من هذا البحث هو تحليل وإظهار الخطأ المرتكب عند تقييم تجربة الضخ دون إدخال تأثير خاصية عدم تماثل المناحي.

طرائق البحث ومواده :

تم افتراض حقل نموذجي ذي شكل رباعي بأبعاد (ZxZ) (وهنا تقريبا 1000م×1000م) ويحتوي على بئر ضخ مركزي يقع في منتصفه تماماً. تم تقسيم الحقل إلى 99 سطراً ($\Delta X = 10m$) و99 عموداً ($\Delta Y = 10m$) وهذا يعني أن الحقل مؤلف من 99×99 (9801) خلية ذات البعد (10,10م)، وسيعطى لكل خلية قيمة لعامل النفوذية لتمثيل عدم التجانس في الحقل، انظر الشكل (2).



الشكل (2) : الحقل المدروس و الخلايا المكونة له مع وجود بئر الضخ المركزي في منتصفه.

أشارت التجارب والخبرة العملية إلى أن توزع قيم عامل النفوذية في الطبيعة هو توزع طبيعي لوغارتمي، كما أن منحني التباين الأسي هو الأكثر شيوعا، وتتغير قيمة التباين لتوزع قيم عامل النفوذية ($\ln(k)$) من القيمة 0 إلى القيمة 1.5 لدى تجارب الضخ (Lebbe, 1998) [8]. كما أن القيمة الأكثر شيوعاً هي (1). ولذلك تم في هذا العمل بحث التأثيرات من أجل قيم التباين: (0.25 -0.50-0.75-1.0) ومن أجل كل قيمة لهذا التباين تم بحث قيماً مختلفة للمقياس التكاملي (طول الارتباط) وهي (100 – 50 – 25 – 10). كما تم توليد (999) حالة توزع مختلفة من أجل كل حالة من الحالات المدروسة باستخدام البرنامج Hydro_gen[2]، بحيث أن كل حالة تعطي قيماً لعامل النفوذية لكل خلية، وتحقق شرط التوزع و شرط منحني التباين المفترض.

خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية:

من ناحية خاصية عدم تماثل المناحي فإن القيمة العملية لعامل عدم تماثل المناحي في المستوي الأفقي هي في المجال: ($K_y:K_x$=1:2 حتى $K_y:K_x$=1:5) ، لذلك تم في هذا البحث دراسة قيم عوامل عدم تماثل المناحي التالية (1:2, 1:3, 1:4, 1:5) من أجل حالات عدم التجانس الحدية التالية, والتي تم تحديدها في بحث سابق [8] وهي:

الحالة (1,0) وتعني (التباين= 0.25، مقياس التكامل= 10)،

الحالة (1,4) وتعني (التباين=0.25، مقياس التكامل=100)،

الحالة (4,0) وتعني (التباين=1.0، مقياس التكامل= 10)،

الحالة (4,4) وتعني (التباين=1.0، مقياس التكامل= 100).

خاصية عدم تماثل المناحي الجيوستاتيستيكية :

في هذا العمل تمت دراسة تأثير خاصية عدم تماثل المناحي الفراغية والمحلية والمختلطة من أجل حالات عدم التجانس الأساسية (الأربع) فقط وهي: الحالة 1,0 – الحالة 1,4 – الحالة 4,0 – الحالة 4,4 وبالتالي نحصل على حالات التراكيب المبينة في الجدول (1) :

الجدول (1): كافة تراكيب حالات خاصية عدم تماثل المناحي الجيوستاتيستيكية.

الاتجاه (Y)			الاتجاه (X)			حالة التركيب
مقياس التكامل	التباين	الحالة	مقياس التكامل	التباين	الحالة	الجيوستاتيستيكية
10	0.25	1,0	10	0.25	1,0	1,0-1,0
100	0.25	1,4	10	0.25	1,0	1,0-1,4
10	1.0	4,0	10	0.25	1,0	1,0-4,0
100	1.0	4,4	10	0.25	1,0	1,0-4,4
10	0.25	1,0	100	0.25	1,4	1,4-1,0
100	0.25	1,4	100	0.25	1,4	1,4-1,4
10	1.0	4,0	100	0.25	1,4	1,4-4,0
100	1.0	4,4	100	0.25	1,4	1,4-4,4
10	0.25	1,0	10	1.0	4,0	4,0-1,0
100	0.25	1,4	10	1.0	4,0	4,0-1,4
10	1.0	4,0	10	1.0	4,0	4,0-4,0
100	1.0	4,4	10	1.0	4,0	4,0-4,4
10	0.25	1,0	100	1.0	4,4	4,4-1,0
100	0.25	1,4	100	1.0	4,4	4,4-1,4
10	1.0	4,0	100	1.0	4,4	4,4-4,0
100	1.0	4,4	100	1.0	4,4	4,4-4,4

نلاحظ في الجدول (1) بشكل واضح أن هناك (4) حالات تحتوي على نفس التباين، ونفس طول الارتباط وهي (1,0-1,0\1,4-1,4\4,0-4,0\4,4-4,4),أي أنها تمثل خاصية تماثل المناحي.

نستخلص من الجدول (1) أن هناك (4) تراكيب التي تمثل حالات خاصية عدم تماثل المناحي الفراغية التي فيها التباين نفسه في كلا الأتجاهين، أما مقياس التكامل فهو مختلف وهذه الحالات الأربع هي :

(1,0-1,4 \ 1,4-1,0 \ 4,0-4,4 \ 4,4-4,0)

نستخلص من الجدول (1) أن هناك (4) تراكيب التي تمثل حالات خاصية عدم تماثل المناحي المحلية، التي فيها نفس مقياس التكامل من كلا الاتجاهين، أما التباين فهو مختلف، وهذه الحالات الأربع هي:

(4,4-1,4 \ 1,4-4,4 \ 4,0-1,0 \ 1,0-4,0)

أخيراً يمكن استنتاج (4) حالات من الجدول (3) التي فيها طول الارتباط والتباين مختلف في كلا الاتجاهين والتي تمثل حالة خاصية عدم تماثل المناحي المختلطة، وهذه الحالات موضحة هي :

(4,0-1,4 \ 1,4-4,0 \ 4,4-1,0 \ 1,0-4,4)

من أجل كل حالة تمت دراسة الحقل باعتبار $Q=10\ l\backslash s\ ,\ H=20\ m$ ، ومعالجة 999 حقلاً مولداً، وذلك من أجل أربع حالات لقيم عامل خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية (1:2, 1:3, 1:4, 1:5) ومن أجل اثنتي عشرة حالة لقيم عامل خاصية عدم تماثل المناحي الجيوستاتيستيكية، وأن قيمة الحمولة المائية ثابتة عند الحدود الطرفية، كما تمت الدراسة من أجل كل منطقة (المنطقة A حتى E) واعتبار التوزيع المثالي الأفضل لآبار المراقبة، حسب كل منطقة، وذلك وفق ما تم إيجاده في بحث سابق [9] ، وتم استخدام برنامج Modflow من أجل محاكاة جريان المياه الجوفية باتجاه البئر، أثناء تجربة الضخ [5] و تحديد منسوب الماء عند موقع آبار المراقبة، ومنها حسبت لكل حالة قيمة عامل النفوذية وفق علاقة ديبوي (kd)، في الاتجاهين y, x أي تم حساب (kdx) و(kdy) لكل حالة[4]، أما حساب قيم عامل النفوذية الحقيقي (kg) لكل حالة فتم اعتماداً على القيمة الوسطية الهندسية للقيم المولدة من أجل كافة المناطق، ولكلا الاتجاهين أيضاً؛ أي (kgx) و(kgy). ولمعرفة الخطأ المرتكب تم اعتماد القيمة المعيارية وهي قيمة عامل النفوذية النسبي الذي يمثل نسبة عامل النفوذية وفق ديبوي إلى عامل النفوذية الحقيقي.

من أجل دراسة التأثيرات، تم اعتبار عدة مناطق في الحقل ذي المركز الواحد الذي يقع عند بئر الضخ تماماً. تعرف أبعاد هذه المناطق المعتبرة كما يلي:

المنطقة A: $0.2Z\times 0.2Z = 20\Delta X\times 20\Delta Y\left(=200m\times 200m\right)$

المنطقة B: $0.3Z\times 0.3Z = 30\Delta X\times 30\Delta Y\left(=300m\times 300m\right)$

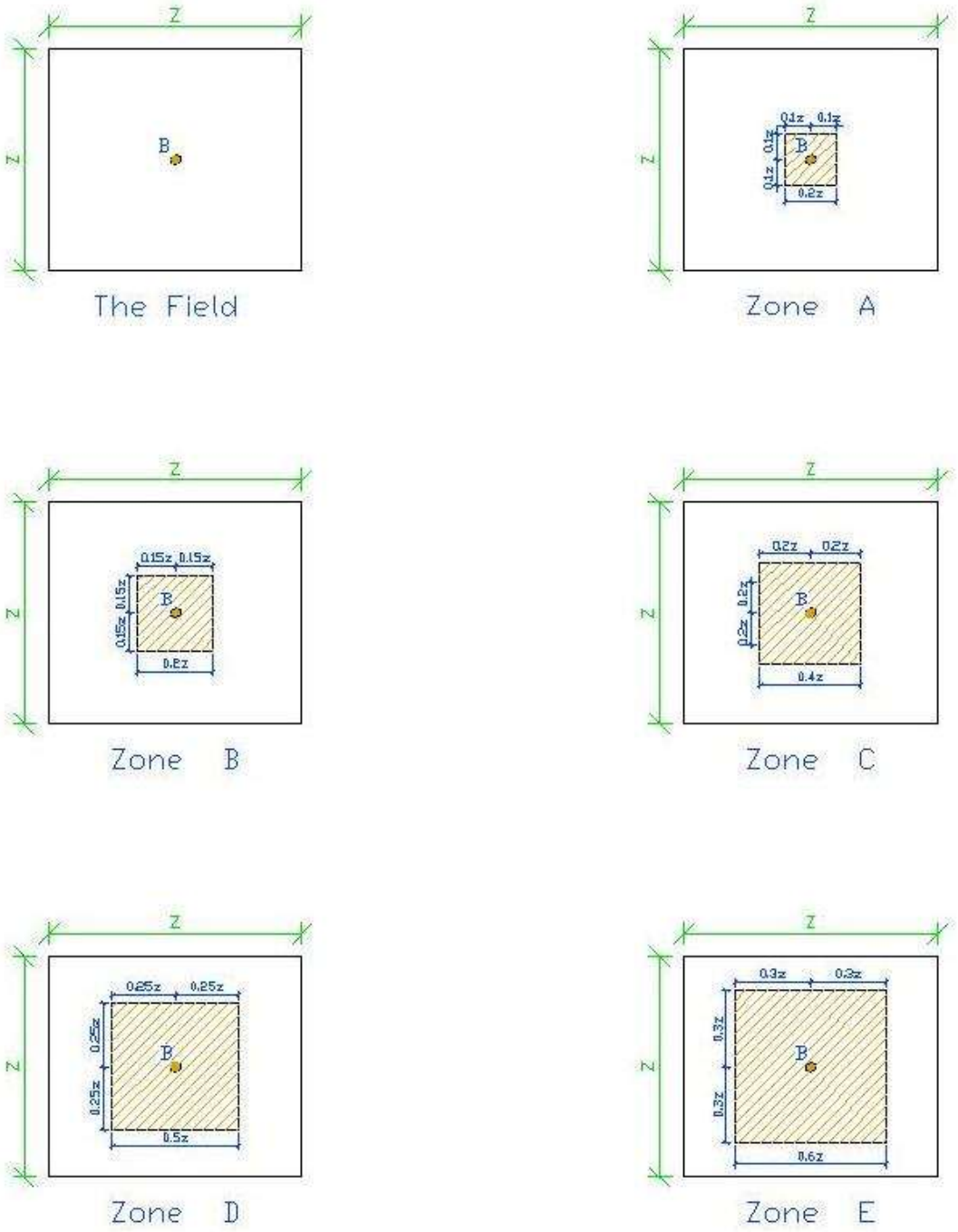
المنطقةC:

$0.4Z\times 0.4Z = 40\Delta X\times 40\Delta Y\left(=400m\times 400m\right)$

المنطقة D : $0.5Z\times 0.5Z = 50\Delta X\times 50\Delta Y\left(=500m\times 500m\right)$

المنطقة E : $0.6Z\times 0.6Z = 60\Delta X\times 60\Delta Y\left(=600m\times 600m\right)$

تم توضيح هذه المناطق و البئر الذي يقع في منتصفها تماماً في الشكل(3). من أجل كل منطقة معتبرة في هذا البحث (A حتى E) تم حساب قيم عامل النفوذية الوسطي الهندسي من القيم المولدة لكافة الخلايا الواقعة ضمن المنطقة. وتم اعتبار هذه القيمة المحسوبة (في هذا البحث) كقيمة عامل نفوذية حقيقية، ويرمز إليها بالرمز (kg).



الشكل (3) : الحقل المدروس و المناطق المعتبرة في الدراسة و المتمركزه في منتصفه.

النتائج والمناقشة:

تحليل قيم عامل النفوذية K المحسوبة وفق ديبوي في حالة عدم تماثل المناحي الهيدروليكي.

تم حساب القيم الوسطية والانحراف المعياري لقيمة عامل النفوذية النسبي من أجل كل حالات التراكيب الناتجة عن الحالات الحدية الأربع: (4,4 – 4,0 – 1,4 – 1,0) ومن أجل المنطقة A حتى المنطقة E، كما في الجدول (2) كما تم تمثيل معظم هذه النتائج في الأشكال (4-1) وذلك من أجل الاتجاهين (x,y).

تُظهِرُ حالةُ خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية، كما هو متوقع، تطاولاً واضحاً في الخطوط الكنتورية لمنسوب المياه الجوفية حول بئر الضخ، وهو يمثل تقارباً في الاتجاه (y) وتطاولاً في الاتجاه (x). ويُظهِرُ تدرجاً متناسباً في كلا الاتجاهين حسب الحالة. ولقد تم حساب نسبة التدرج لكلا الاتجاهين (i_x/i_y) وتم حساب قيمة عامل النفوذية النسبي، والذي يمثل نسبة قيمة عامل النفوذية المحسوب وفق علاقة ديبوي إلى قيمة عامل النفوذية الحقيقية الناتجة عن القيم التي تم توليدها من أجل كل حالة، يبين الجدول (2) القيم الوسطية من أجل 999 حقلاً مولداً من أجل الحالات الحدية لخاصة عدم التجانس، ومن أجل قيم مختلفة لعامل خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية.

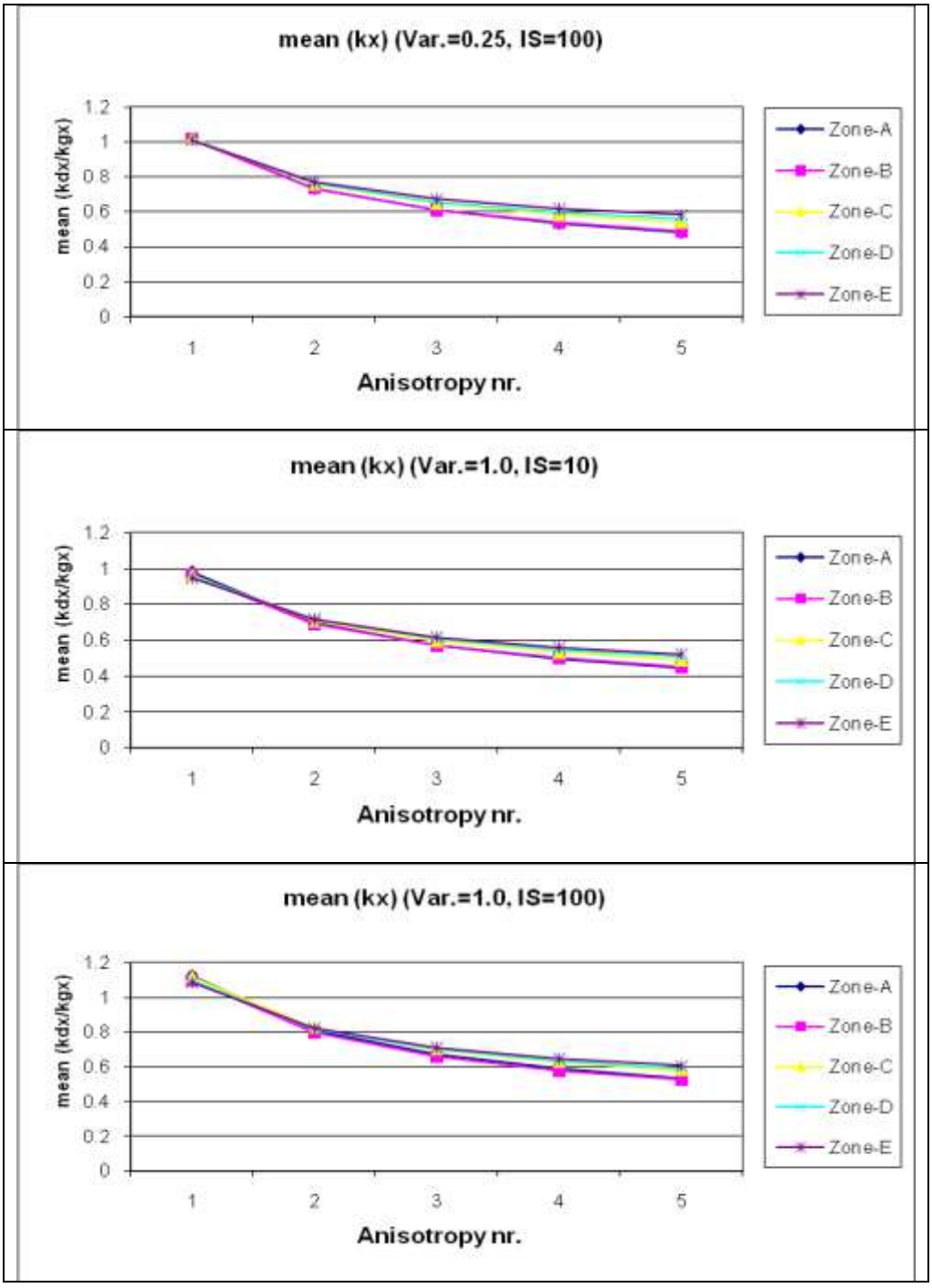
الجدول (2) : نسبة الميل الهيدروليكي في كلا الاتجاهين i_x و i_y ونسبة (kdx/ktx) و (kdy/kty) للحالات الحدية الأربعة.

	i_y/i_x	kdx/kgx	kdy/kgy
الحالة (1,0)			
1:2	1.13	0.74	1.32
1:3	1.22	0.65	1.6
1:4	1.30	0.59	1.83
1:5	1.38	0.56	2.05
الحالة (1,4)			
1:2	1.14	0.77	1.37
1:3	1.24	0.67	1.62
1:4	1.33	0.62	1.91
1:5	1.41	0.58	2.12
الحالة (4,0)			
1:2	1.11	0.72	1.29
1:3	1.19	0.62	1.57
1:4	1.26	0.56	1.80
1:5	1.33	0.52	2.00
الحالة (4,4)			
1:2	1.15	0.82	1.48
1:3	1.25	0.71	1.79
1:4	1.34	0.65	2.06
1:5	1.42	0.62	2.3

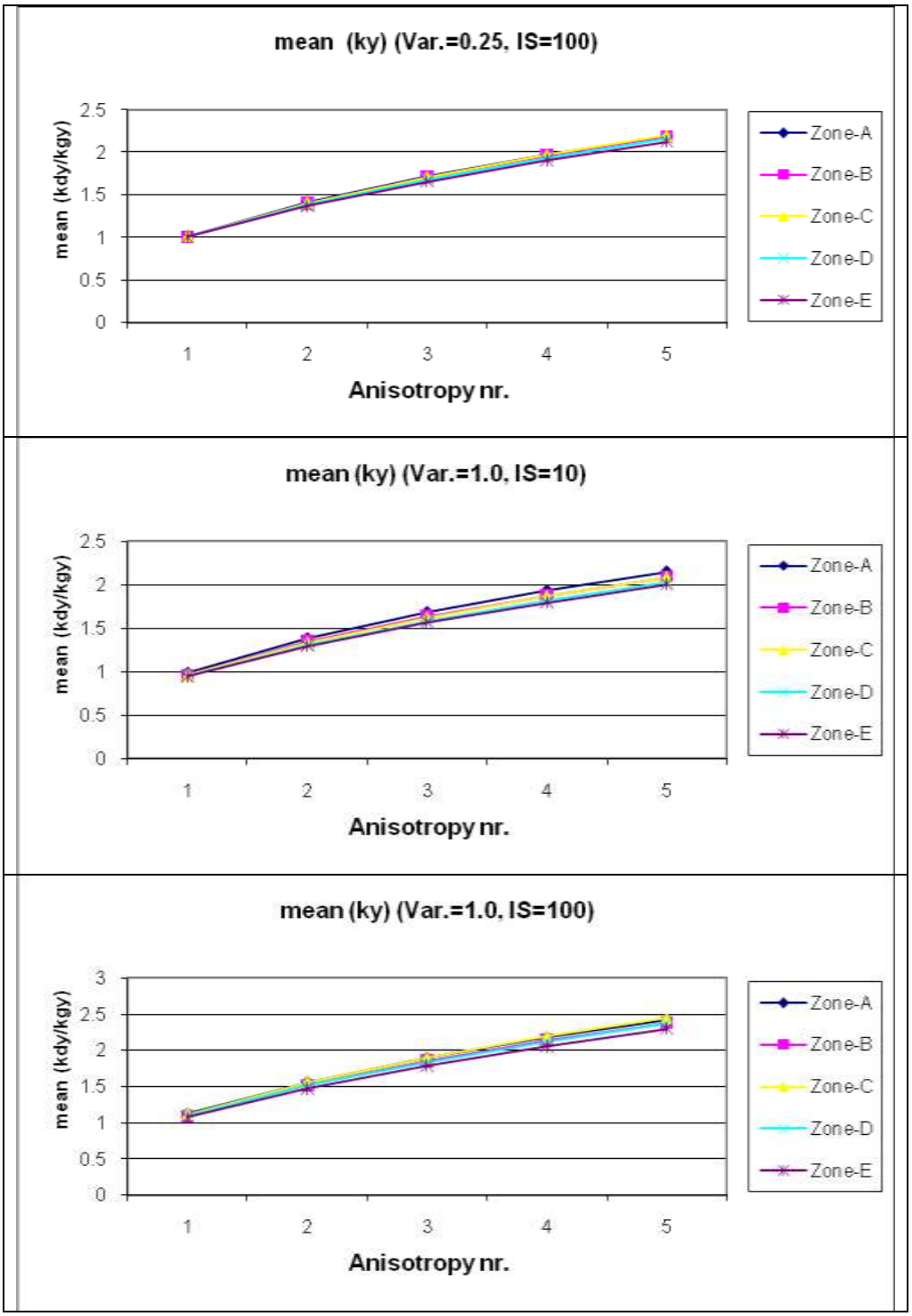
تظهر النتائج أن الميل في الاتجاه (y) أكثر بحوالي (10%) من قيمة الميل في الاتجاه (x) من أجل عامل خاصية عدم تماثل المناحي (1:2)، وتبلغ الزيادة حوالي (40%) من أجل خاصية عدم تماثل المناحي (1:5).

تظهر هذه النتائج بأن قيم النسب الناتجة مستقلة عن درجة عدم التجانس.

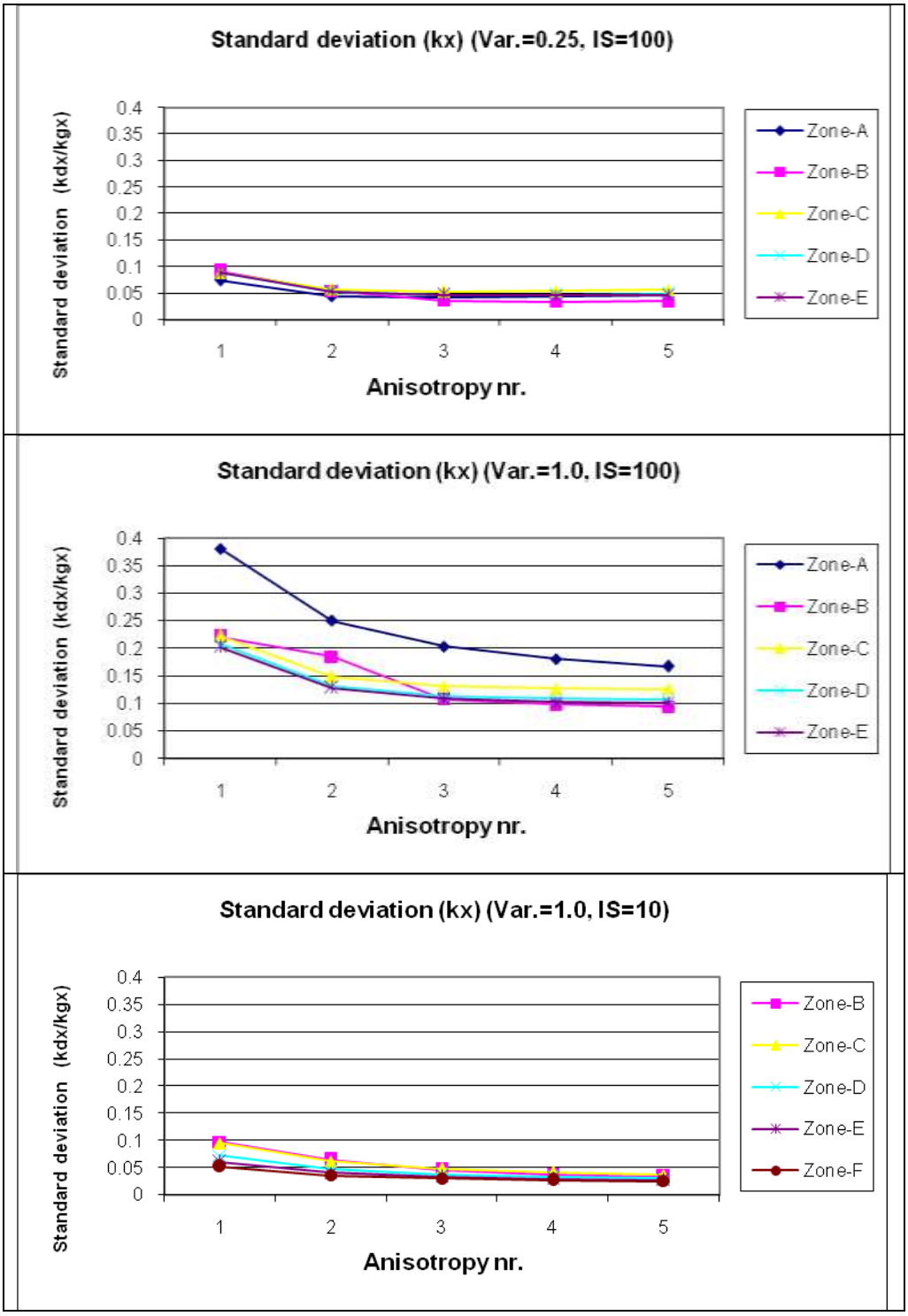
يمكن أن نستخلص من الجدول (2) النتائج التالية: يمكن استخدام هذا الجدول (2) من أجل إجراء تصحيح على قيمة عامل النفوذية المحسوبة وفق علاقة ديبوي من أجل قيمة وسطية ما لإحدى تجارب الضخ عند ملاحظة اختلاف واضح في الميل في كلا الاتجاهين.



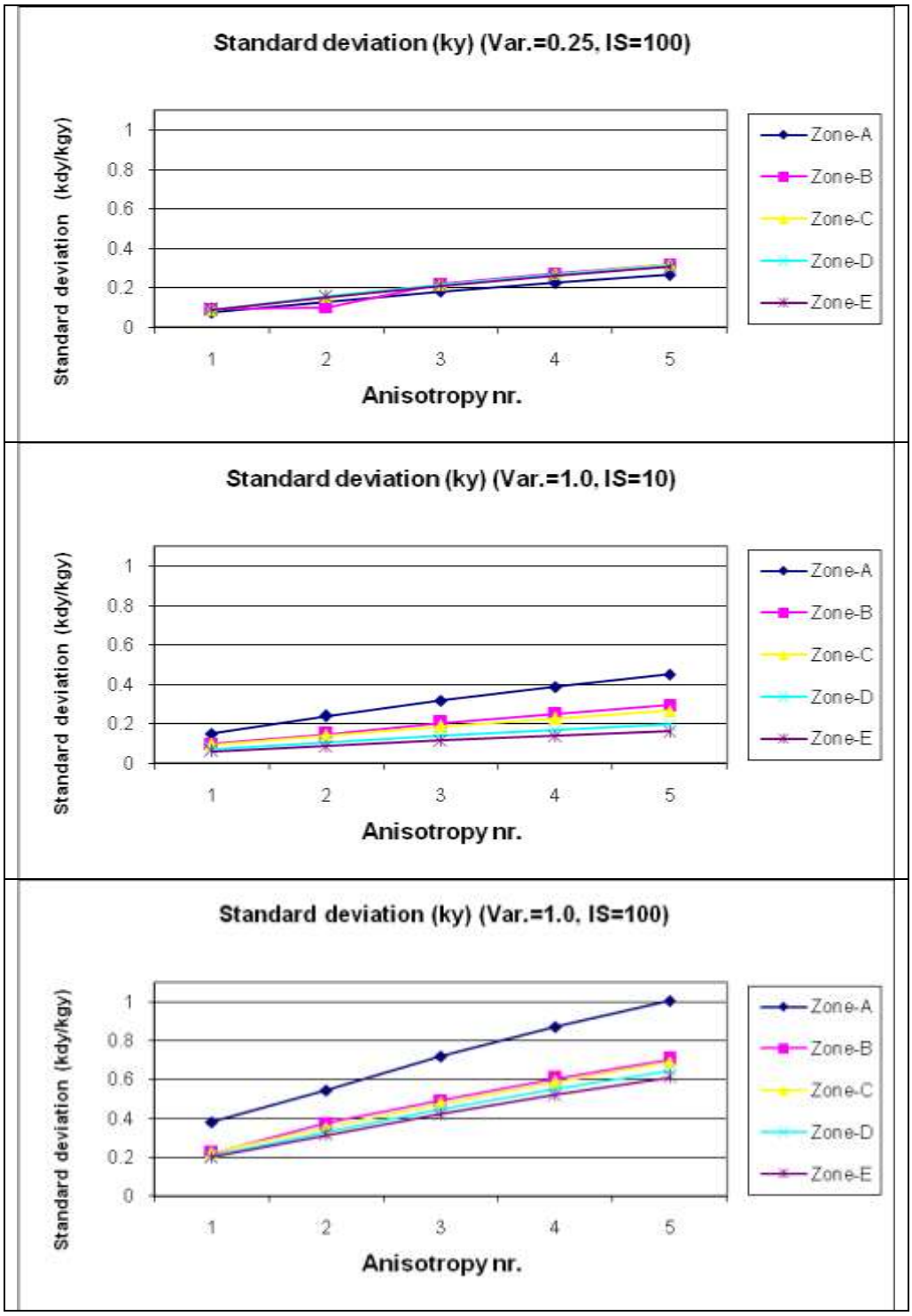
الشكل (4) : تغييرات قيمة عامل النفوذية النسبي تبعا للمنطقة المعتبرة، و عامل عدم تماثل المناحي في الاتجاه (x).



الشكل (5) : تغييرات قيمة عامل النفوذية النسبي تبعا للمنطقة المعتبرة و عامل عدم تماثل المناحي في الاتجاه (y).



الشكل (6): تغييرات الانحراف المعياري (الخطأ المرتكب) لقيمة عامل النفوذية النسبي تبعا للمنطقة المعتبرة وعامل عدم تماثل المناحي في الاتجاه (x).



الشكل (7): تغييرات الانحراف المعياري (الخطأ المرتكب) لقيمة عامل النفوذية النسبي تبعا للمنطقة المعتبرة وعامل عدم تماثل المناحي في الاتجاه (y).

يظهر من هذه الأشكال بشكل واضح ما يلي :

من الشكل (4): كلما زادت قيمة عامل خاصية عدم تماثل المناحي كلما نقصت قيمة عامل النفوذية المحسوب وفق علاقة ديبوي عن القيمة الحقيقية.

من الشكل (5): يتناسب قيمة عامل النفوذية المحسوب وفق علاقة ديبوي طردياً مع قيمة عامل خاصية عدم تماثل المناحي.

من الشكل (6): تتناسب قيمة الانحراف المعياري لعامل النفوذية في الاتجاه (x) بشكل عكسي مع قيمة عامل عدم تماثل المناحي.

من الشكل (7): يتناسب الانحراف المعياري طردياً وبشدة مع قيمة عامل خاصية عدم تماثل المناحي.

يظهر لنا من هذه الأشكال بشكل واضح ما يلي: القيمة الوسطية في الاتجاه (x) هي أقل من الواحد، وتتناقص بزيادة قيمة عامل خاصية تماثل المناحي، أما القيمة الوسطية في الاتجاه (y) فهي أكبر من الواحد وتزداد بزيادة قيمة عامل خاصية تماثل المناحي. كلما زادت مساحة المنطقة المعتبرة، وكلما تناقص التباين لقيم ln(k) تناقص الانحراف المعياري في الاتجاه (x). عند زيادة التباين ومقياس التكامل كلما زاد الانحراف المعياري في الاتجاه (y). كما تظهر الأشكال (4) حتى (7) بشكل واضح بأن استخدام علاقة ديبوي البئرية من أجل قيمة كبيرة لعامل خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية، تؤدي إلى نتائج مبتعدة عن القيمة الحقيقية، أي قيمة الخطأ المرتكب كبيرة.

إن علاقة ديبوي لحساب قيمة عامل النفوذية تفترض أن سرعة الجريان الأفقي، وبالتالي التدفق الأفقي هو نفس القيمة في كافة الاتجاهات. أما في حالة عدم تماثل المناحي فإن عامل النفوذية في الاتجاه x يختلف عن الاتجاه (y)، وهذا يعني أن الجريان باتجاه بئر الضخ غير متساو في كافة الاتجاهات. ولهذا السبب تعطى نتائج تطبيق علاقة ديبوي في تقييم تجارب الضخ في حالة عدم تماثل المناحي قيماً لا يمكن الوثوق بها. وكمثال على ذلك فإن الجريان باتجاه البئر غير المنتظم تؤثر في حالة kx:ky = 1:5 مثلا على القيمة الناتجة من علاقة ديبوي لقيمة عامل النفوذية في الاتجاه (x) بمقدار نصف القيمة الحقيقية، وفي الاتجاه (y) بمقدار ضعف القيمة الحقيقية.

تحليل قيم عامل النفوذية K المحسوبة وفق ديبوي في حالة حقل غير متجانس–غير متماثل المناحي، متجانس–غير متماثل المناحي، متجانس–متماثل المناحي.

يحتوي الجدول (3) قيم عامل النفوذية النسبي المحسوبة وفق علاقة ديبوي في الاتجاهين y,x من أجل مناطق مختلفة، وبالتالي يمكن مقارنة هذه القيم لحالة خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكي في حالة التجانس مع حالة عدم التجانس. يمكن أن نستخلص من الجدول(3)، كما أظهرت النتائج الأخرى، فان تأثير خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية أكثر بشكل واضح من تأثير خاصية عدم التجانس(القيم في هذا الجدول، في حالة التركيب غير متجانس غير متماثل المناحي هي أكبر بقليل من حالة متجانس غير متماثل المناحي). القيم الناتجة عن مناطق مختلفة متقاربة، (حيث نلاحظ تغييرات القيم في الجدول في الاتجاه الأفقي، من المنطقة A إلى المنطقة E، هو تغيير طفيف بالمقارنة مع التغييرات في الاتجاه الشاقولي)، وهذا يعني بأن تأثير الشروط المحيطية للحقل في تحديد عامل النفوذية قليل.

الجدول (3) : قيم عامل النفوذية المحسوبة وفق علاقة ديبوي في كلا الاتجاهين من أجل قيم مختلفة لعامل خاصية عدم تماثل المناحي لكافة المناطق لحقل غير متجانس غيرمتماثل المناحي وحقل متجانس غير متماثل المناحي وحقل متجانس متماثل المناحي.

	المنطقة A	المنطقة B	المنطقة C	المنطقة D	المنطقةE
K_x	متجانس غير متماثل				
1:2	0.695	0.693	0.686	0.679	0.672
1:3	0.562	0.561	0.556	0.549	0.542
1:4	0.483	0.483	0.480	0.474	0.468
1:5	0.429	0.430	0.428	0.423	0.418
K_x	غير متجانس غيرمتماثل				
1:2	0.715	0.722	0.742	0.751	0.760
1:3	0.591	0.601	0.633	0.650	0.666
1:4	0.518	0.530	0.571	0.592	0.614
1:5	0.468	0.481	0.530	0.555	0.582
K_y	متجانس غير متماثل				
1:2	1.389	1.387	1.372	1.359	1.344
1:3	1.687	1.686	1.668	1.650	1.629
1:4	1.933	1.934	1.919	1.897	1.872
1:5	2.146	2.150	2.140	2.116	2.088
K_y	غير متجانس غير متماثل				
1:2	1.431	1.443	1.484	1.503	1.520
1:3	1.775	1.804	1.902	1.951	2.001
1:4	2.071	2.118	2.284	2.370	2.458
1:5	2.339	2.407	2.650	2.777	2.902
	متجانس متماثل				
1:1	1.004	1.001			

خاصية عدم تماثل المناحي الجيوستاتيستيكية في تقييم تجربة الضخ.

تُظهِرُ النتائج، الجدول (4)، من أجل 12 حالة لخاصية عدم تماثل المناحي الجيوستاتيستيكي (4 حالات فراغية، 4حالات محلية مختلفة) مع اعتبار توزع مثالي لآبار المراقبة ومناطق مختلفة (منطقة A حتى المنطقةE) بشكل عام توافقاً متقارباً وان الانحراف المعياري يتناقص كلما تزايدت مساحة المنطقة، وهذا يعني أن الخطأ المرتكب من أجل المنطقة E هو أقل ما يمكن، كما تظهر النتائج في الشكل (7).

إن حالة التركيب (1,0) في الاتجاه (x) يظهر أن الانحراف المعياري أقل ما يمكن، بينما تكون الأعظمية في حالة التركيب (4,4) في الاتجاه (x) وتتأثر الخطوط الكنتورية لمنسوب المياه الجوفية بشكل كبير بسبب زيادة تأثير مقياس التكامل والتباين.

تمت جدولة النتائج لحالات عدم تماثل المناحي الجيوستاتيستيكية الثلاث من أجل المنطقة A والمنطقة E ولتوزع أمثل لآبار المراقبة، الجدول (4). وتمت المقارنة من أجل الحالة (القيمة الوسطية قريبة من الواحد والانحراف المعياري أقل ما يمكن) والحالة (القيمة الوسطية أبعد ما يمكن عن الواحد والانحراف المعياري أعظم ما يمكن) ومن هذا الجدول نجد بوضوح ما يلي:

- ظهور القيمة الأعظمية للقيمة الوسطية والانحراف المعياري من أجل خاصية عدم تماثل المناحي الفراغية (مقياس تكامل في الاتجاهين (x)و(y)).
- تباعد القيمة الوسطية عن الواحد فقط في حالة عدم تماثل المناحي الفراغية.

- تباين الانحراف المعياري بشكل واضح في الحالات التالية :
- في حالة عدم تماثل المناحي الفراغية، هناك زيادة واضحة في الانحراف المعياري عند زيادة التباين.
- في حالة عدم تماثل المناحي المحلي، هناك زيادة واضحة في الانحراف المعياري، عند زيادة مقياس التكامل.

الجدول (4) : خلاصة نتائج خاصية عدم تماثل المناحي الجيوستاتيستيكية.

		القيمة الوسطية		الانحراف المعياري	
الحالة	النوع	المنطقة A	المنطقة E	المنطقة A	المنطقة E
1,4-1,0	فراغي	1.13	1.08	0.38	0.20
4,4-4,0	فراغي	1.35	1.15	0.99	0.50
4,0-1,0	محلي	1.03	0.99	0.19	0.10
4,4-1,4	محلي	1.09	1.01	0.42	0.23
1,0-4,4	مختلط	0.99	0.96	0.12	0.07
4,0-1,4	مختلط	1.03	0.97	0.27	0.13

الاستنتاجات والتوصيات:

إن الحوامل المائية الطبيعية هي حوامل غير متجانسة بشكل عام و تختلف درجة التجانس حسب التركيب الحبي والهيكلي للتربة المكونة للحامل المائي الجوفي، فيجب تقدير خاصية عدم التجانس عند تنفيذ تجربة الضخ من أجل تحليل وتقييم تجربة الضخ بشكل صحيح قدر الإمكان. كما أن خاصية عدم تماثل المناحي هامة جدا، وتؤثر بشكل كبير على تحليل تجربة الضخ أكثر من حالة عدم التجانس، ويمكن تحديد خاصية عدم تماثل المناحي الهيدروليكية من ملاحظتها حقليا وتظهر بشكل واضح من أجل الحوامل المائية الجوفية ذات الحبات المسطحة والمتطاولة والاستفادة من الجدول لمعرفة الخطأ المرتكب عن اعتبار الحقل متماثل المناحي. أما خاصية عدم تماثل المناحي الجيوستاتيستيكية فقد ساهم هذا البحث في تحديد ملامح تأثيره عند تقييم تجربة الضخ من أجل منحني تباين معين، لذلك ينصح في المستقبل توسيع هذه الدراسة بشكل أوسع وأعمق، لأن هذا المجال من البحث حديث العهد.

المراجع:

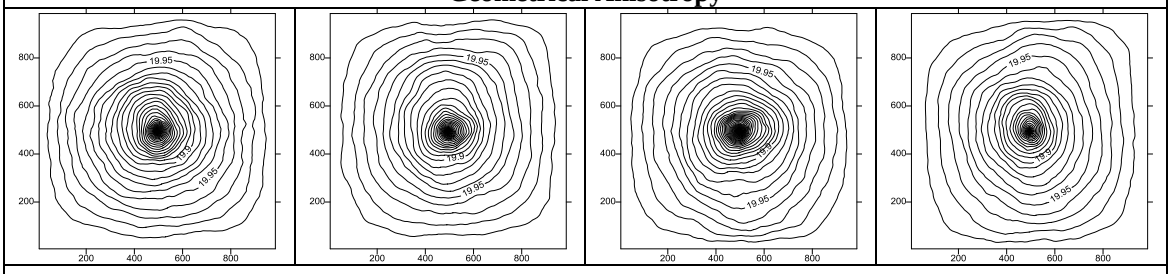
1. ARMSTRONG, M. *Basic Linear Geostatistics*, Springer, Berlin, 1996, 149 .
2. BELLIN, A.; RUBIN Y. *HYDRO_GEN (A spatial distributed random field generator for correlated properties)* Stochastic Hydrology and Hydraulics, 1998, 10/4/, 253-278.
3. DAGAN, G. *Flow and Transport in Porous Media*, Springer, Berlin, 1998, 465.
4. DRISCOLL, F. G. *Groundwater and Well*, Jonson Screens, Minnesota, 1089 .
5. HARBAUGH, A.W.; MCDONALDS, M.G., *MODFLOW*, USGS, Open report file 96-486, 1996, 220 .
6. INDELMAN, R.; DAGAN, G. (*upscaling of permeability of anisotropic heterogeneous formations*) J. water resource research, 1993, 29/4/, 917-924 .
7. ISAAK, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. *Applied Geostatistics*, Oxford University Press, 1989, 561.

8. LEBBE, L. *Hydraulical Parameter Identification*, Springer, Berlin, 1999, 359

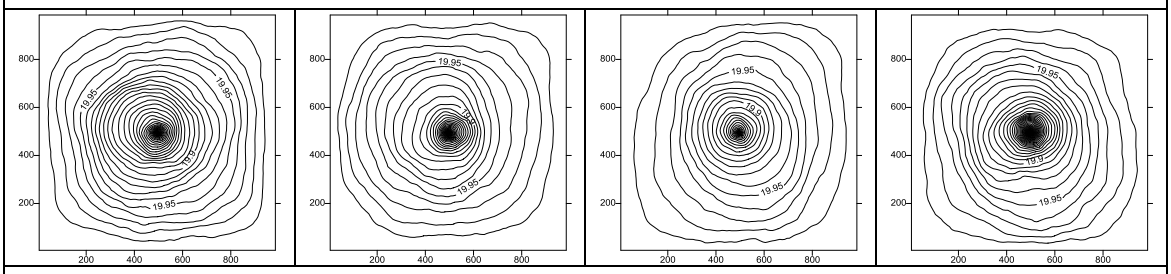
9. عبد الرحمن، أيمن : *تحديد المواقع المثالية لآبار المراقبة لتقييم تجربة الضخ في الحامل المائي الجوفي غير المتجانس وغير المضغوط*، 2009، مجلة بحوث جامعة حلب.

الملحق 1 : خطوط كنتور المياه الجوفية لبعض نتائج حالة عدم تماثل المناحي الفراغية

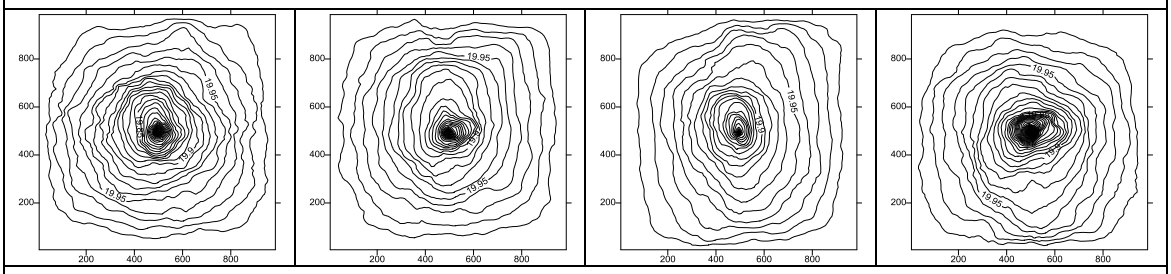
Geometrical Anisotropy



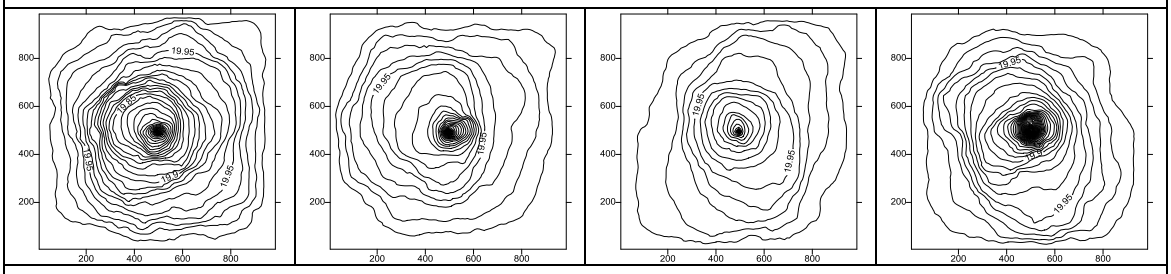
أربعة أمثلة توليد Realizations للحالة 1014



أربعة أمثلة توليد Realizations للحالة 1410



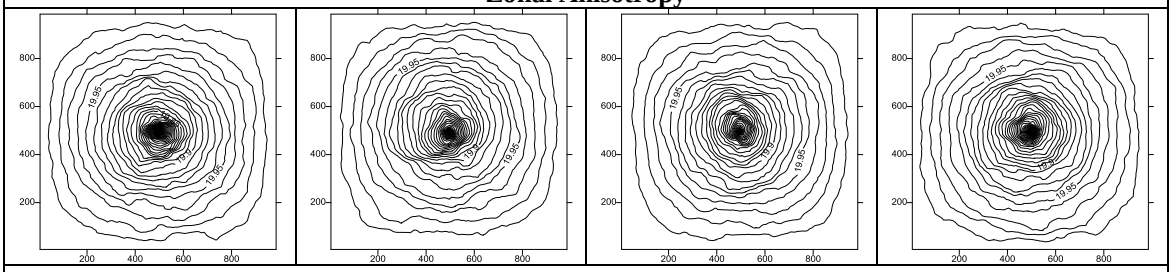
أربعة أمثلة توليد Realizations للحالة 4044



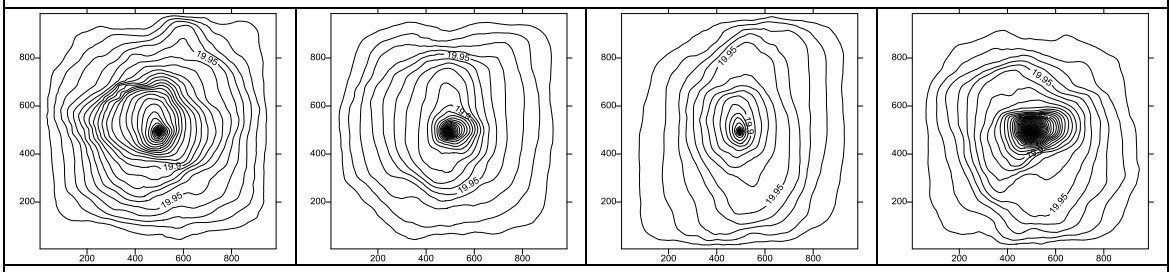
أربعة أمثلة توليد Realizations للحالة 4440

الملحق 2 : خطوط كنتور المياه الجوفية لبعض نتائج حالة عدم تماثل المناحي المحلية

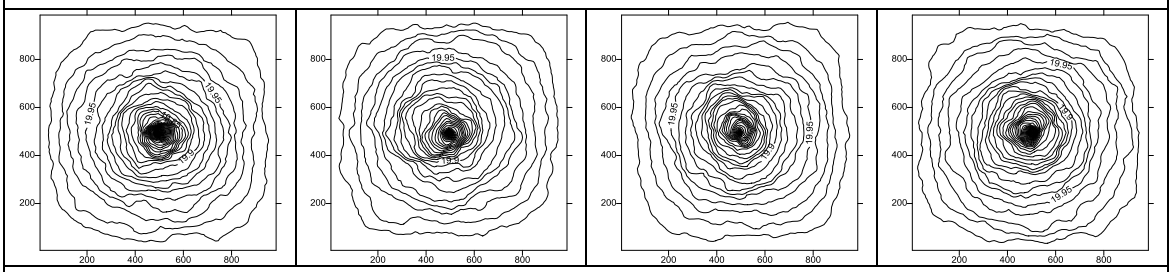
Zonal Anisotropy



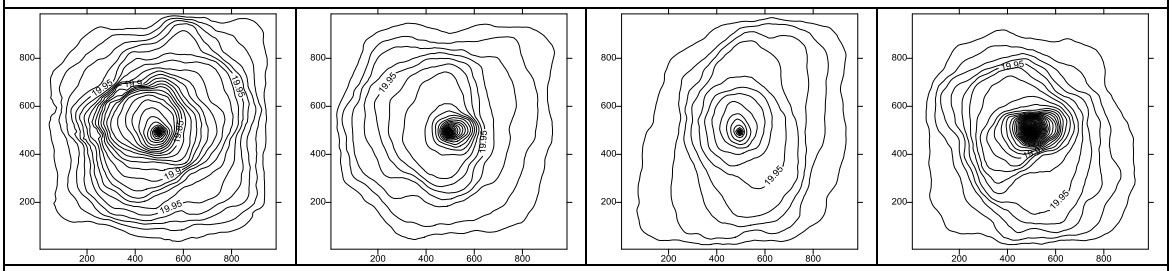
أربعة أمثلة توليد Realizations للحالة 1040



أربعة أمثلة توليد Realizations للحالة 1444



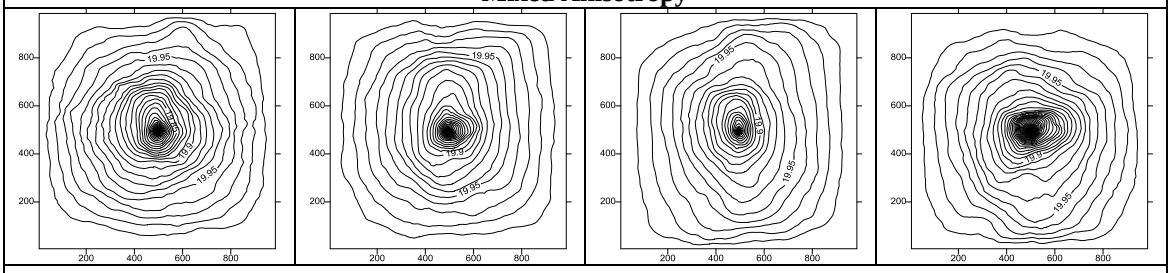
أربعة أمثلة توليد Realizations للحالة 4010



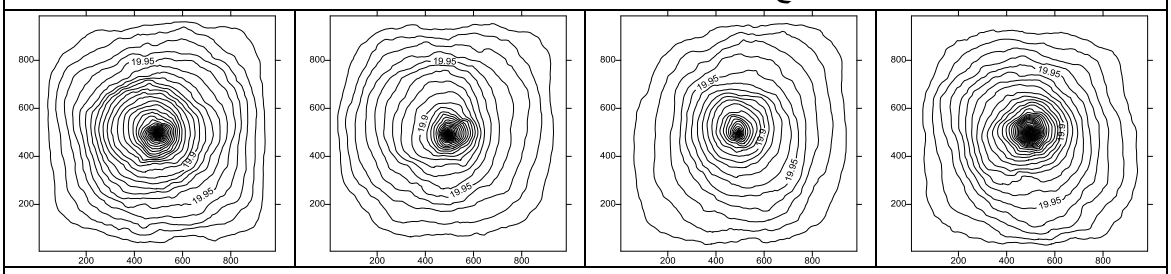
أربعة أمثلة توليد Realizations للحالة 4414

الملحق3 : خطوط كنتور المياه الجوفية لبعض نتائج حالة عدم تماثل المناحي المختلطة

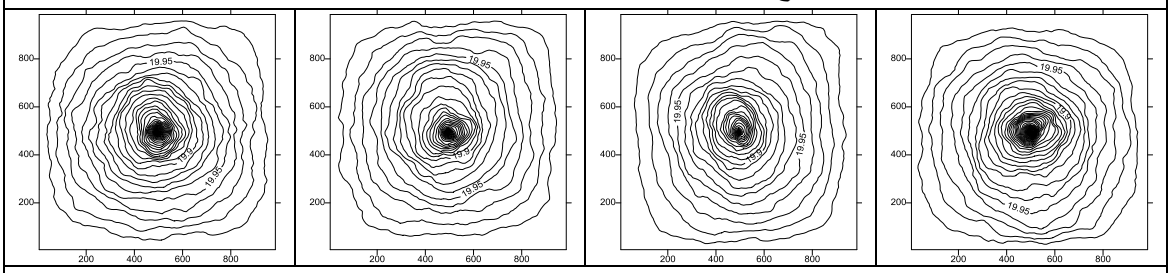
Mixed Anisotropy



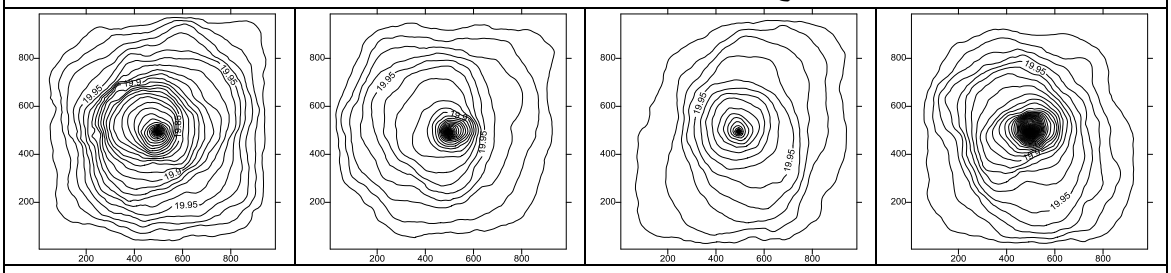
أربع أمثلة توليد Realizations للحالة 1044



أربع أمثلة توليد Realizations للحالة 1440



أربع أمثلة توليد Realizations للحالة 4014



أربع أمثلة توليد Realizations للحالة 4410