دراسة الطي في تكوينات عصري الكريتاسي والترشيري في طية بيخير المحدبة من خلال الخرائط التركيبية الكنتورية

محمد جلال نوري البريفكاني
هيئة الهندسة والعلوم التطبيقية
جامعة دهوك

عبدالمطلب حسون المطلوبي
قسم علوم الأرض
كلية العلوم
جامعة البصرة

يوسف محمد باقر الاسدي

(تاريخ الاستلام ٢٠١١/٦/٥ ، تاريخ القبول ٢٠١١/٩/٢٥)

الملخص

تم دراسة تركيبية طية بيخير المحدبة في جزئها الشرقي (مقطع دهوك) لغرض اختبار مراحل الطي في التكوينات العائدة لعصري الكريتاسي والترشيري. اعتمدت الدراسة في ذلك على استخدام الخرائط التركيبية الكنتورية في عملية التحليل التركيبي الهندسي للطية وذلك من خلال رسم الكنتورات التركيبية لحدود التماس بين التكوينات العائدة لهذين العصرين. تم تثبيت محاور الطي للكنتورات المختلفة. بينت الدراسة وجود تغير في محور الطي في الكنتورات التركيبية للعصرين بمقدار (7 درجات) بعكس اتجاه عقرب الساعة، وهي مطابقة تقريبا لنتائج التحليل الهندسي للطية بايجاد وضعية العناصر الهندسية بالإسقاط الاستيريوغرافي، مما يدل على وجود اكثر من مرحلة طي اثرت على المنطقة وادت الى تكوين الطية بشكلها النهائي.

طية بيخير ، مراحل الطي ، الكنتورات التركيبية .تكوينات الكريتاسي والترشيري.

The Study of Folding in Cretaceous and Tertiary Formations in Bekhair Anticline Through Structural Contour Maps

Mohamad Jalal Noori Al-Brifkani
Faculty of Engineering and Aapplied Science
University of Duhok

Abdulmutalib Hasoon Al-Matloubi **Yousif Mohamad Baqir Al-Asadi**
Department of Geology
College of Science
Basrah University

ABSTRACT

Structural study was carried on the eastern part of Bekhair anticline (Duhok section) to test the folding phases within the formations related to Cretaceous and Tertiary period .This study adopted the structural contour maps in fold geometrical and structural analysis by construction of the Cretaceous and Tertiary formation contacts. The fold axes for the different structural contours were drawn .

The study found that there was an anticlockwise rotation of seven degree in the fold axis direction .This result supported (or agreed) with the results obtained from fold geometric analysis by stereographic projection ,which indicates that the studied fold were underwent more than one phase of folding .

المقدمة

إن الدراسات التركيبية لها اهمية كبيرة في التعرف على الطبيعة البنائية لكل منطقة فضلا عن التعرف على القوى التي ساهمت في بنائها ، وان الدراسات التي تتطرق الى معرفة التغايير في شدة الطي للطبقات المتتالية وعبر العصور الجيولوجية المتعاقبة تمثل اهمية كبيرة في البحث والتنقيب عن الهايدروكاربونات في المناطق ذات العمود الطباقي الكبير والتي تظهر تاثرا واضحا في الحركات الارضية عبر التاريخ الجيولوجي الطويل.

اختيرت طية بيخير المحدبة لدراسة ومعرفة التغايير في شدة الطي ضمن التكوينات المختلفة والعائدة لعصري الكريتاسي والترشيري كون هذه المنطقة موقع اهتمام حالي من قبل العديد من الشركات الأجنبية للبحث والتنقيب عن الهايدروكاربونات فيها. تقع منطقة الدراسة (طية بيخير المحدبة) ضمن نطاق طيات الفورلاند والتي تشكل جزءا من الحزام الاوروجيني الالبي في شمال العراق ويمتد باتجاه (شرق–غرب) (نطاق طيات طوروس). تم دراسة نطاق طيات الفورلاند في مناطق مختلفة من قبل العديد من الباحثين (فؤاد 1983، النائب 1982، العزاوي 1982، الداؤدي 1989، الجميلي 1982، عمر 2005) كما واجريت العديد من الدراسات التركيبية والتكتونية ورسم الخرائط الجيولوجية لطية بيخير (Ameen, 1979، Al-Alawi, 1980، العزاوي 2003، الحبيطي 2008)، اعتمدت معظم هذه الدراسات على تحليل هندسية الطي ومنشايتها، وأظهرت ان طيات الفورلاند في نطاق طوروس شمال وشمال غرب العراق بانها عموما طيات طويلة غير متناظرة مرتبطة بفوالق (Fault related folds) اتجاهاتها شرق – غرب وتزداد شدة الطي في الطيات باتجاه نطاق الزحف.

إن الدراسة الحالية تعتمد على استخدام خرائط الكنتورات التركيبية (Structural contour maps) ونظرا لأهمية هذه الخرائط ودقتها العالية في الوصف الثلاثي الابعاد للاسطح التركيبية (Structural surfaces) فإنها توفر أداة دقيقة لتحليل هندسية التراكيب الجيولوجية وبالأخص الطيات. وتعد الخرائط التركيبية الكنتورية ذات اهمية كبيرة في الاستكشافات النفطية (Badgley, 1959). يستدل من هذه الخرائط على هندسية المكامن النفطية تحت السطح. إن من المعلوم ان هندسية التراكيب الجيولوجية والطيات على وجه الخصوص تختلف مع الاعماق لاسباب تتعلق بمنشاية تكوين التركيب الجيولوجي او الطية وهندسيتها.ان الطي في تتابعات صخرية ذات صلادات متباينة (Competency Contrast) قد يؤدي الى عدم تطابق المناطق المفصلية للوحدات الصخرية المتتابعة في الاعماق، واذا كانت هذه الطية مكمنا نفطيا فان الجيولوجي يجب ان ياخذ هذا الزحف بنظر الاعتبار حين تحديد موقع الحفر الى المصيدة النفطية والا فهناك احتمال ان يكون البئر فاشلا. إن الخرائط التركيبية الكنتورية تلعب دورا محوريا في هذا المجال.

إن استخدام الخرائط التركيبية الكنتورية ستوفر أداة قوية للاستكشافات النفطية في منطقة الدراسة خصوصا ان صخور الغطاء (Cap rocks) قد تم تعريتها في المنطقة المحورية للطية المدروسة وان البحث على مصائد عميقة سيتطلب خرائط كنتورية تركيبية للاستدلال عليه بالاشتراك مع المعلومات التي توفرها المقاطع الزلزالية، علاوة على ذلك فان الخرائط التركيبية الكنتورية ستكون اداة جيدة جدا في مقارنة اطوار الطي بين تكوينات عصري الكريتاسي والترشري في اسطح تركيبية عائدة لاعمار مختلفة.

طريقة البحث

تمثلت طريقة البحث بجمع المعلومات والملاحظات الحقلية ومن ثم تبويبها وتحليلها مكتبيا باستخدام برامج عديدة بجهاز الكومبيوتر،إضافة الى الاستعانة بالخرائط الجيولوجية المتوفرة عن المنطقة.

أجريت قياسات لوضعية الطبقات للتكاوين المنكشفة في المنطقة، وتم تحديد الحدود الفاصلة بين التكاوين وتتبع امتداداتها في المنطقة ضمن مواقع مختلفة ،تم تاشير المكاشف الصخرية على الخرائط الطوبوغرافية مع أنواع التكاوين الصخرية والحدود الجيولوجية بينها ووضعية الطبقات (اتجاه المضرب، مقدار الميل) وكذلك قياس وتحديد الارتفاع للحدود الفاصلة بين التكاوين لرسم الخرائط التركيبية الكنتورية لها.

استخدم في العمل الحقلي للحصول على المعلومات الضرورية بوصلة جيولوجية (compass) من نوع (Silva) وكانت قراءات مضرب الطبقات دائما باتجاه عقرب الساعة من اتجاه الميل. وتم تمثيل قراءات البوصلة للطبقات في الحقل على الخارطة الكنتورية التركيبية برموز قياسية.

استخدم جهاز تحديد المواقع (GPS) من نوع (Garmin, etrex venture) ذو دقة تصل الى (99%) وبمقدار خطا (± متر واحد) بالنسبة للارتفاعات. ان هذ الجهاز هو الوحيد المستخدم الان في تحديد المواقع الجغرافية للعوارض تحت كل الظروف وفي اي مكان ووقت كان. تم استخدام الجهاز لتحديد الاحداثيات (X,Y) والمناسيب (Z) لكافة النقاط التي تم قياس وضعية الطبقات عندها وكذلك للحدود الفاصلة بين التكاوين. واستخدمت البرامجيات التالية في التعامل مع هذه المعلومات في المكتب:

١- **برنامج** (Stereo winfull 112, 2002 و GEOrient 9.2, 2003)

وهما يستخدمان لاسقاط التراكيب المستوية والخطية مثل محاور الطيات (fold axis) والمستويات المحورية (Axial plane) ومستويات باي (Pi plane) وإعطاء المعلومات عن الطية.

٢- **برنامج إعداد وتحضير الخرائط** (MapInfo, version9)

استخدم لغرض إعداد الخارطة الطباقية والخارطة التركيبية للمنطقة وموضحة عليه كافة التفاصيل المطلوبة.

ويعتمد هذا البرنامج على وجود خارطة طوبوغرافية او مرئية فضائية او صورة جوية لمنطقة الدراسة، يتم ادخالها للبرنامج من خلال معرفة ثلاث نقاط معلومة الاحداثيات الارضية (X,Y) وتعريفها واسقاطها (Projection) لتحويل الخارطة اوالصورة من (2D) الى ثلاثية الأبعاد (3D) في التعامل وحسب نظام الميركاتور المستعرض العالمي للاسقاط (Universal Transverse Mercatur, U.T.M)، يتم بعدها ادخال المعلومات الحقلية المطلوبة الى البرنامج والمتمثلة بوضعية الطبقات (اتجاه المضرب، مقدار الميل) وللتراكيب المستوية والخطية ولكل نقطة محددة موقعها من خلال جهاز (GPS) وهي (X,Y,Z) فيتم إسقاطها في موقعها المحدد على الخارطة المسجلة في البرنامج. بعدها يتم رسم الطبقات(Layers) المختلفة منها :

1 - خارطة جيولوجية للمنطقة موضح عليها التكاوين الجيولوجية والحدود الفاصلة بينها.

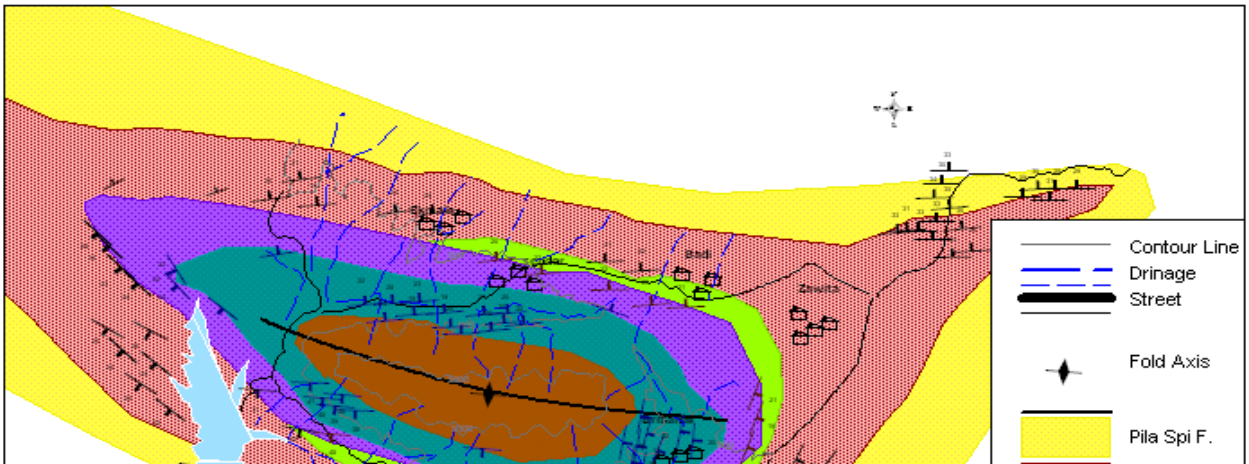
2- طبقة خاصة بالكنتورات التي رسمت والتي تمثل الخارطة التركيبية الكنتورية للسطح الفاصل بين التكوينين في المنطقة.

الطباقية

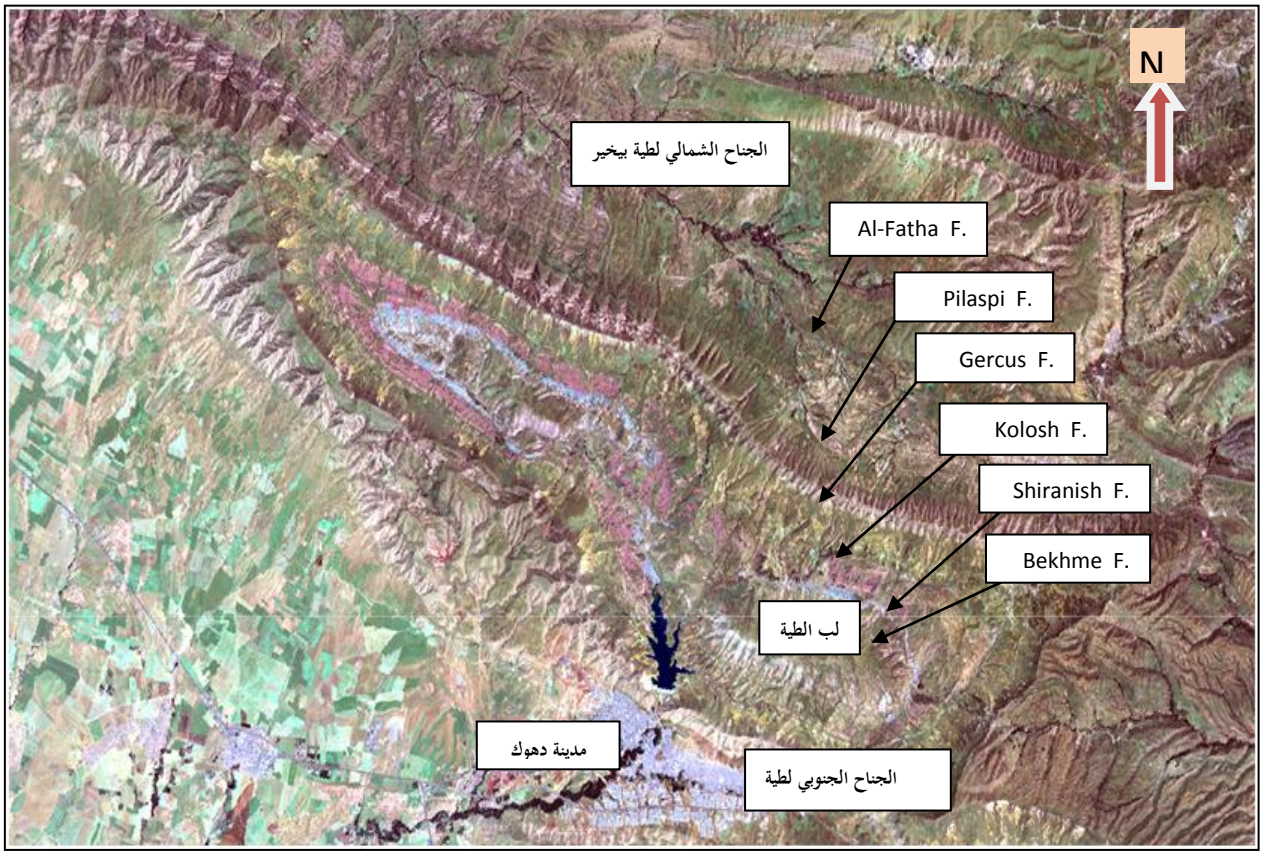
إن معرفة طباقية المنطقة لها اهمية كبيرة في الدراسات التركيبية وذلك لانها تعطي تصورا عن تكون مختلف التراكيب الجيولوجية المتواجدة فيها ومدى استجابتها للقوى والاجهادات التي ادت الى نشوءها. تغطي طية بيخير مجموعة من التكاوين والعائدة الى عصري الكريتاسي و الترشري . تتكشف هذه التكاوين في اجزاء مختلفة من الطية (الاجنحة، اللب ومنطقة الغطس)، حيث تتكشف كل تكاوين العصرين في الجزء الشرقي من الطية (مقطع دهوك) والذي يمثل منطقة الدراسة وهذه التكاوين هي، تكوين بخمة والذي يمثل لب طية بيخير وتكوين الشرانش واللذان يعودان الى عصر الكريتاسي بينما تمثلت تكوينات العصر الترشري بتكاوين؛ كولوش، خورمالة، جركس، آفانا، بلاسبي، فتحة وانجانة ، الشكلين (1 و 2). تشكل هذه التكاوين الشكل العام للطية وترسم ملامحها الخارجية حيث تشكل التكوينات ذات المقاومة العالية لعوامل التجوية والتعرية الاجزاء المرتفعة من الطية، بينما تحتل التكاوين ذات المقاومة القليلة الاجزاء المنخفضة منها. (الجدول ١) أدناه يبين المقطع الطباقي للمنطقة مع شرح موجز لكل تكوين ومن الاحدث الى الأقدم.

تكوين انجانة : Injana Formation

عمر هذا التكوين هو (Upper Miocene) ويتكون من حجر مارلي سلتي وحجر طيني بلون احمر او رمادي. لا يظهر التكوين في الجناح الجنوبي للطية وذلك لانه مغطى برواسب التربة والرواسب المعراة من المناطق المرتفعة اضافة الى انه يقع تحت مدينة دهوك ولكن امكن مشاهدة طبقات التكوين في الجناح الشمالي للطية بصورة واضحة وبهيئة مكاشف صخرية . يحد التكوين من الاسفل تكوين الفتحة بصورة توافقية.



الشكل 1 : الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة (الجزء الشرقي من طية بيخير).



الشكل 2 : مرئية فضائية تظهر جزء طية بيخير المحدبة ماخوذة بالقمر الصناعي لاندسات (7).

تكوين الفتحة : Fat`ha Formation

عمر هذا التكوين هو (Middle Miocene) بصورة عامة فان التكوين يتميز بسيادة السحنات التبخرية ويتكون من الانهايدرايت والجبس والاملاح متداخلة مع الحجر الجيري والمارل. تظهر طبقات التكوين في

الجناح الجنوبي للطية بشكل محدود حيث امكن ملاحظة طبقات التكوين بصورة واضحة في منطقة كلي بيسري كما يمكن ملاحظة طبقات التكوين بشكل واضح في منطقة الغطس للطية في منطقة كلي زاويتة. إن حد التماس السفلي للتكوين غير متوافق مع تكوين بيلاسبي بينما تتدرج تتابعاته باتجاه تكوين انجانه الذي يقع اعلاه وبشكل توافقي.

تكوين بيلاسبي : Pila Spi Formation

عمر هذا التكوين (Middle and Upper Eocene) ويقسم الى جزئين، الجزء العلوي يتكون من حجر كلسي جيد التطبق متجوي ابيض طباشيري ومتبلور مع حزم من المارل بلون اخضر باهت او طباشيري، اما الجزء السفلي فيتكون من حجر كلسي جيد التطبق صلب ذو مظهر طباشيري مسامي او قيري .يتراوح سمك التكوين بين (100- 200 متر). ويظهر في منطقة الدراسة ممثلة للاجزاء المرتفعة لجناحي الطية ويظهر بشكل احرف بارزة ويعتبر من اصلب الترسبات المؤلفة للطية حيث يحدد معالمها واطارها الخارجي، يحد التكوين من الاسفل تكوين افانا بصورة توافقية بينما يظهر السطح العلوي لتتابعات هذا التكوين مع تتابعات تكوين الفتحة بصورة غيلر توافقية.

تكوين افانا : Avanah Formation

عمر هذا التكوين (Middle Eocene) لايظهر في عموم منطقة الدراسة عدا في منطقة كلي بيسري في الجناح الجنوبي حيث يظهر بشكل طبقات من الحجر الجيري المارلي مع قليل من التلاسنات المارلية والعدسات الجيرية ذات اللون الاصفر الى البني ، تكون الطبقات بشكل صفائح رقيقة حاوية على تكسرات بصورة كبيرة . حد التماس السفلي له مع تكوين جركس يكون غير متوافق معه بسبب اعتبارات جغرافية (Bellen *et a*l,1959) بينما تتدرج تتابعاته مع تكوين بيلاسبي الذي يحده من الاعلى بصورة توافقية حيث يتميز حد التماس بوجود طبقة من البريشيا.

تكوين جركس : Gercus Formation

عمر هذا التكوين (Middle Eocene) ويغطي هذا التكوين اجزاء كبيرة من منطقة الدراسة حيث يصل سمكه الى حوالي (750 متر) ويتميز بتتابعاته الحمر والتي تتالف من تعاقبات الاطيان تتخللها احجار رملية وسلتية ومدملكات مع وجود طبقات من الجبس في الاجزاء العلوية والتي يمكن مشاهدتها بصورة واضحة في طبقات التكوين. كما وامكن ملاحظة ظاهرة (Cross bedding) في طبقات التكوين في الجناح الشمالي حيث تكون الحبيبات المكونة للطبقات مختلفة الاحجام مما يدل على مراحل ترسيب عالية خلال تيارات.

يحد التكوين من الاسفل تكوين خورمالة ويكون غير متوافق معه بينما يحده من الاعلى بصورة غير توافقية تكوين افانا.

تكوين خورمالة : Khurmala Formation

عمر هذا التكوين (Paleocene - Lower Eocene) وهو يتكون من دولومايت من نوع (Suboolitic) وحجر جيري معاد التبلور (Recristalized Limestone) ذو اصل كيميائي ومحتوي عالي من البايرايت وتتداخل طبقاته مع مواد تكوين الكولوش، وتعكس مكوناته احداث بيئة اللاغون (Lagoon). يظهر التكوين في منطقة الدراسة بشكل عدسات متغايرة في سمكها بين (2- 6 متر) من منطقة الى اخرى حيث تكون طبقاته صلبة ذات لون اصفر جيدة التطبق وحاوية على فواصل بصورة جيدة. يحد التكوين من الاسفل تكوين كولوش ويكون غير متوافق معه من الناحية الطبقية، بينما يحده من الاعلى تكوين جركس وحد التماس يكون غير متوافق أيضا.

تكوين كولوش : Kolosh Formation

عمر هذا التكوين (Lower Paleocene - Lower Eocene) ويظهر في منطقة الدراسة بصورة واسعة عند جناحي الطية في المناطق المنخفضة ويكون عبارة عن تعاقبات من الترسبات الفتاتية غير الصلبة ذات لون رصاصي داكن وطبقات رقيقة بلون بني تتباين في سمكها من السجيل والحجر السلتي والطيني والرملي مع حجر الصوان وتحوي هذه الطبقات على قطع صخرية وانواع مختلفة من المعادن. حد التماس السفلي للتكوين غير متوافق من الناحية الطبقية مع تكوين شرانش بينما يحده من الاعلى تكوين خورمالة بصورة غير متوافقة أيضا.

تكوين شيرانش : Shiranish Formation

عمر هذا التكوين (Upper Campanian-Mastrichtian) ويمثل **تكوين** شيرانش الاجزاء المنخفضة من تحدب سبيريز (Spi Ris) ويحيط بتكوين بخمة ويتراوح سمكه بين (50-100 m) يتميز الجزء العلوي للتكوين في منطقة الدراسة بمارل ذو لون رصاصي فاتح ذو صلابة قليلة بسبب وجود الفواصل بصورة كبيرة والتي تكون بشكل صفائح رقيقة، أما الجزء السفلي فيظهر في منطقة الدراسة بشكل طبقات رقيقة التطبق من مارل جيري ذات صلابة متوسطة ويحوي على مجاميع التكسرات، بصورة عامة فان كلا الجزئين يظهران بشكل واسع في طية بيخير وفي كلا الجناحين .ان الحد السفلي لتكوين شيرانش غير متوافق طبقيا مع تكوين بخمة بينما يحده من الاعلى تكوين كولوش ويرتبط معه بعلاقة غير توافقية طبقيا حيث توجد طبقة من الحجر الجيري بسمك حوالي (0.4m) بلون اخضر داكن حاوية على فواصل تفصل التكوينين وتمثل سطح التماس العلوي لتكوين شيرانش.

تكوين بخمة : Bekhme Formation

عمر هذا التكوين (Upper Campanian- Lower Mastrichtian) ويظهر في منطقة الدراسة بشكل طبقات من حجر جيري متدلمت او متبلور بلون قهوائي او قهوائي فاتح يحوي على عقد الصوان متناوبة مع المارل والحجر الجيري المارلي .يمثل تكوين بخمة لب طية بيخير بطبقات صلبة تتكشف على ارتفاع

(1100m) نتمثلة بتحدب (Spi Ris) .يبلغ سمك التكوين ضمن منطقة الدراسة (210m) وأمكن ملاحظة عروق من اكاسيد الحديد في الاجزاء العلوية من التكوين. يحد تكوين بخمة من الاعلى تكوين شيرانش وحد التماس بينهما غير متوافق من الناحية الطبقية، أما الحد السفلي لتكوين بخمة فلا يظهر في منطقة الدراسة.

ت	التكوين	العمر	الوصف
١	انجانة	Upper Miocene	يتكون من حجر جيري مارلي وحجر طيني بلون احمر او رمادي
٢	الفتحة	Middle Miocene	يتميز بسيادة السحنات التبخرية ويتكون من الانهايدرايت والجبس والاملاح متداخلة مع الحجر الجيري
٣	بيلاسبي	Middle and Upper Eocene	الجزء العلوي يتكون من حجر جيري جيد التطبق متجوي ابيض طباشيري ومتبلور مع حزم من المارل بلون اخضر باهت او طباشيري ، اما الجزء السفلي فيتكون من حجر جيري جيد التطبق صلب ذو مظهر طباشيري مسامي او قيري
٤	افانا	Middle Eocene	طبقات من الحجر الجيري المارلي وقليل من التلامسات المارلية والعدسات الجيرية ذات اللون الاصفر الى البني حاوية على المتحجرات
٦	جركس	Middle Eocene	تعاقبات الاطيان ذات اللون الاحمر تتخللها احجار رملية وسلتية ومدملكات مع وجود طبقات من الجبس في الاجزاء العلوية
٥	خورمالة	Lower Eocene - Paleocene	يتكون من دولومايت وحجر جيري معاد التبلور ذو اصل كيميائي ومحتوي عالي من البايرايت
٧	كولوش	Lower Eocene -Lower Paleocene	تعاقبات من الترسبات الفتاتية غير الصلبة ذات لون رصاصي داكن وطبقات رقيقة بلون بني من السجيل والحجر السلتي والطيني والرملي مع حجر الصوان
٨	شيرانش	Upper Campanian-Mastrichtian	الجزء العلوي من التكوين يتكون من مارل ذو لون رصاصي اما الجزء السفلي فيظهر بشكل طبقات رقيقة التطبق من مارل جيري
٩	بخمة	Upper Campanian- Lower Mastrichtian	طبقات من حجر جيري متدلمت او متبلور يحوي على عقد الصوان متناوبة مع المارل والحجر الجيري المارلي

الخرائط التركيبية الكنتورية: Structure Contour Maps

وهي بالأساس تشبه الخرائط الطبوغرافية إلا أن السطح الذي يعتمد عليه في رسم الخارطة هو سطح جيولوجي، وتتمثل هذه الأسطح:

سطح تركيبي Structure Surface
سطح طباقي Stratigraphic Horizon
سطح فالق Fault Surface
السطح العلوي لمستوى المياه الجوفية Top of the ground water

سطح زلزالي انعكاسي Seismic reflection surface

(Broadhead and Gillard, 2005 , Martel, 2001)

وتعتمد الطرق التي من خلالها يمكن رسم هذه الخرائط على المعلومات التي يمكن الحصول عليها بالطرق التالية:

١- المعلومات الحقلية التي تتضمن الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية الدقيقة ومعلومات الارتفاعات الدقيقة التي يمكن الحصول عليها من أجهزة (GPS), (Carrera *et al.*,2009).

٢- المعلومات تحت السطحية من أعماق الأسطح التركيبية في الآبار، (Broadhead and Roperts, 2002 Gillard, 2005).

٣- المعلومات التي يمكن الحصول عليها من المقاطع الزلزالية.

ان الكنتورات التركيبية تمثل خطوط متساوية المناسيب على سطوح جيولوجية معينة والتي يمكن ان تشخص في مناطق واسعة حيث انها تعطي للجيولوجي دليل مرجعي للمناسيب (Reference elevation) والتي يمكن الاستفادة منها لإيجاد تفسيرات جيولوجية لمنطقة الدراسة (Martel, 2001). وفي كثير من الأحيان فان الأسطح الجيولوجية قد لا تظهر عند مستوى السطح وعندئذ يمكن الاعتماد على معلومات أخرى منها المعلومات تحت السطحية إضافة إلى المعلومات الزلزالية، (Roberts, 2002).

كما أن الكنتورات التركيبية للأسطح (Structure contour of planes) تكون عبارة عن خطوط مستقيمة في الاسطح المستوية، (الشكل 3) ومنحينة في الاسطح غير المستوية مثل الطيات، (الشكل 4) وتكون باتجاه موازي لمضرب الطبقات ،(الشكل 5) كما أن المسافة المتساوية بينها تكون دالة على ميل هذه الطبقات ويمكن من خلال قيم (Dip, strike) معرفة تصرف الكنتورات التركيبية واتجاهات امتداداتها في حال معرفة الإحداثيات (X,Y,Z) لمواقع تلك القياسات وهذا ما استخدم في الدراسة الحالية، ومن ناحية اخرى يمكن معرفة قيم (Dip, strike) لسطح معين في اية نقطة من الكنتورات التركيبية (Martel, 2001، Carrera *et al.*, 2009).

إن عملية رسم الكنتورات التركيبية تتم بطريقتين (Martel, 2001):

عملية الرسم بالكومبيوتر: Computer contouring

حيث يمكن استخدام برامجيات معينة لاتمام عملية الرسم مثل برنامج (Surfer 8) لعمل الخرائط التركيبية الكنتورية بعد أن يتم إدخال البيانات (X,Y,Z) على ورقة (Excel sheet) أو خزنها في البرنامج على شكل (Comma delimited text) لتنفيذ عملية الرسم (Broadhead and Gillard, 2005).

عملية الرسم بالطريقة اليدوية: Hand contouring

بالرغم من انه يمكن رسم مثل هذه الخرائط بواسطة برامجيات متوفرة في جهاز الكومبيوتر إلا انه من المفيد رسم الكنتورات بالطريقة اليدوية لان الشخص الخبير يمكنه عمل هذه الخرائط بصورة أدق من برامجيات الكومبيوتر بسبب توفر الخبرة والخيال في مجال رسم الخرائط اضافة الى معرفته بكيفية تصرف الأسطح الجيولوجية من خلال مشاهداته الحقلية (Martel, 2001)، ذلك ان عمل برامج الكومبيوتر هو ميكانيكي يتطلب دائما مراجعته واغنائه بالمعلومات الضرورية.

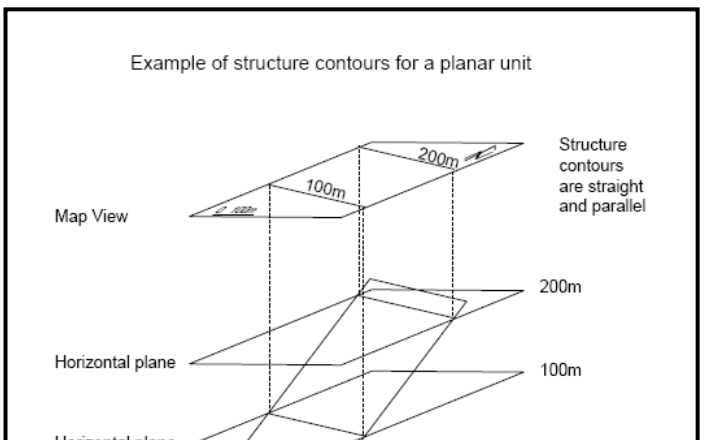
طريقة رسم الخارطة التركيبية الكنتورية:

في الدراسة الحالية تم الاعتماد على رسم الخارطة التركيبية الكنتورية على السطح الجيولوجي الذي يمثل حد التماس بين تكوينين جيولوجيين متتاليين. تم قياس الاحداثيات (X,Y,Z) بواسطة جهاز (GPS) ذو دقة (± 1م) للعديد من النقاط على حدود التماس بين التكاوين المشمولة بالدراسة. كما تم قياس (Dip, strike) لحدود التماس عند تلك النقاط . تم تسقيط قيم ورموز الوضعية (Dip, strike) لهذه النقاط على الخارطة الطوبوغرافية للمنطقة بواسطة برنامج (Map Info). بعدها تم ومن خلال نفس البرنامج رسم الخطوط التركيبية الكنتورية لكل حد تماس بين تكوينين على حدة حيث تم البد بالرسم من المناطق ذات الكثافة العالية للنقاط وباتجاه المناطق ذات الكثافة الواطئة لها.

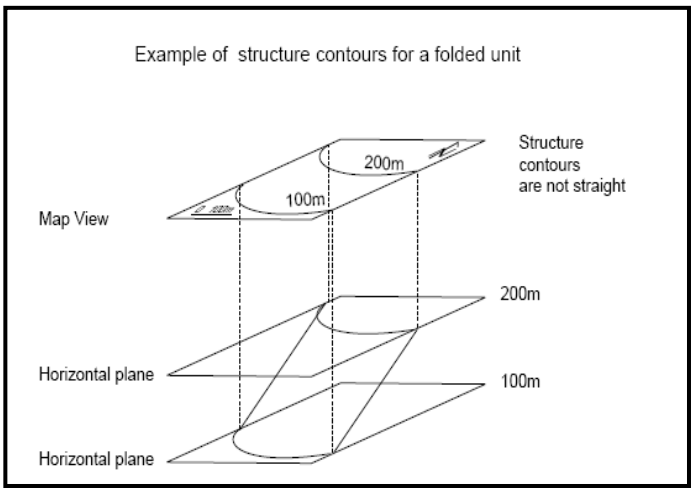
تم اختيار الخط الكنتوري الاول بالاعتماد على القيم الموجودة وتم ربط النقاط ذات القيم المتساوية المناسيب مراعيا في ذلك رسم الخطوط بموازاة اتجاه مضرب الطبقة عند النقطة المقاسة ويتم تغيير الاتجاه للخط الكنتوري مع تغيير اتجاه مضرب الطبقة. في حين يتم رسم الخط الكنتوري الثاني بالاعتماد على الفترة الكنتورية المختارة ويتم حساب المسافة بين هذين الكنتورين من خلال المعادلة:

المسافة بين كنتورين متتاليين (م) = (الفترة الكنتورية (م) / ظل زاوية ميل الطبقة)

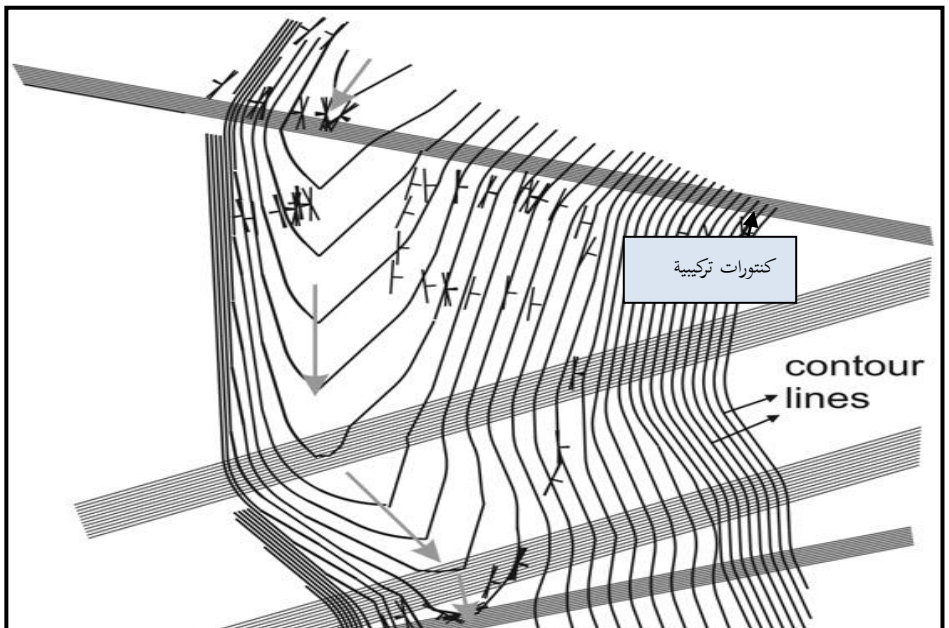
يتم بعدها تحويل المسافة الى (سم) بالاعتماد على مقياس رسم الخارطة المستخدم في البرنامج ويستمر في رسم باقي الخطوط الكنتورية التركيبية بنفس المنوال السابق. وسيظهر من الرسم بان الخطوط الكنتورية ستكون متقاربة في حدود التماس للتكاوين ذات الميل الشديد بينما ستكون متباعدة لحدود التماس للتكاوين ذات الميل القليل.



الشكل ٣: يوضح الكنتورات التركيبية المستقيمة في طبقات الاسطح المستوية (Martel, 2001).



الشكل 4 : يوضح الكنتورات التركيبية المنحنية في طبقات الاسطح المطوية (Martel, 2001).



الشكل ٥: يوضح خارطة تركيبية كنتورية لطية محدبة مرسومة بالاعتماد على المعلومات الحقلية وقياسات (Dip, strike) عن (Carrera *et al.*,2009).

النتائج والمناقشة

نتائج دراسة تركيبية طية بيخير المحدبة باستخدام المخططات الاستيريوغرافية:

تكاوين الكريتاسي:

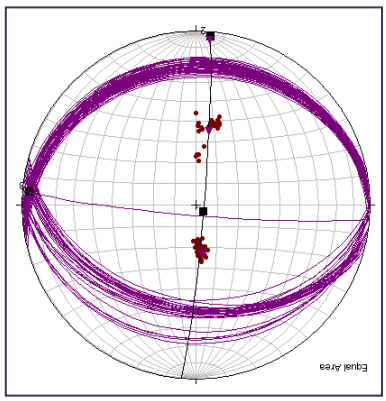
أظهرت نتائج تكاوين الكريتاسي (بخمة وشرانش) مجتمعة لطية بيخير المحدبة نفسها ومن مجموع (82 قياس) ان وضعية محور الطية هو(276/04) وان قيمة الغطس للطية ضمن تكاوين هذا العصر في الجهة الجنوبية الشرقية هي (17) درجة والمستوي المحوري (276/85) وان وضعية الجناح الشمالي هي (23 / 083) ووضعية الجناح الجنوبي (36 / 280) أي ان الاتكاء هو جنوبي وان الزاوية البينية بين جناحي الطية ضمن تكاوين الكريتاسي هي (124 درجة) مما تدل على ان الطية مفتوحة (Fleuty, 1964) وانها اسطوانية حسب (Ramsey and Hubber, 1987)، (الشكل 6). وان محورالطية لتكوين بخمة وحده هو (275/ 03) ، وان محور الطية لتكوين شرانش وحده هو(277/05).

تكاوين الترشيري:

أظهرت نتائج تكاوين الترشيري (خورمالة، جركس وبيلاسبي) مجتمعة لطية بيخير المحدبة نفسها ومن مجموع (205 قياس) إن وضعية محور الطية هو(04 / 274) والمستوي المحوري (84 / 275) وان وضعية الجناح الشمالي هي (28 / 087) ووضعية الجناح الجنوبي (44 / 280) أي ان الاتكاء هو جنوبي وان الزاوية البينية بين جناحي الطية ضمن تكاوين الترشيري هي (108 درجة) مما تدل على ان الطية مفتوحة

(Fleuty, 1964)، (الشكل 7)، فيما كان قيمة محور الطية لتكوين خورمالة هو (04 / 277)، و لتكوين جركس هو (05 / 276)، و لتكوين بيلاسبي هو (04 / 272).

ومن ملاحظة وضعية محور الطية في الكريتاسي والترشيري يظهر لنا بان اتجاهها هي (WNW - ESE) ولكن حصل انحراف في اتجاهها من (04 / 276) في الكريتاسي الى (04 / 274) في الترشيري، أي ان هناك انحراف بمقدار (2 درجة) عكس عقرب الساعة من الكريتاسي الى الترشيري وذلك في حالة اخذ القراءات مجتمعة وهذه النتيجة ربما لا تعطي الصورة الحقيقية للواقع كون القراءات اخذت من تكاوين ذات خواص متباينة في تماسكها (High Competency contrast) وصلادتها وطباقيتها حيث يلاحظ بان تكاوين مثل بيلاسبي وشرانش تكون ذات طباقية صلدة ومستوية وجيدة لقياس القراءات بعكس التكاوين الاخرى مثل (جركس وخورمالة) ذات التماسك الهش (Low Competency) وكما وان تكوين بخمة تشكل لب طية بيخيرحيث القراءات عندها تكون شبه افقية. عليه ولغرض بيان مدى انحراف محور الطية بين عصري الكريتاسي والترشيري ضمن التكاوين الصلدة فقط، فقد تم عمل مقارنة بين قياسات تكوين شرانش متمثلة لتكاوين الكريتاسي وتكوين بيلاسبي متمثلة لتكاوين الترشيري، فأظهرت النتائج بان هناك انحراف في محور الطية من (277/05) في الكريتاسي الى (272/04) في الترشيري اي ان هناك انحراف بمقدار (5 درجات) باتجاه عكس عقرب الساعة ، وهي تتطابق تقريبا مع ما وجده (الحبيطي، ٢٠٠٨) حيث وجد انحراف في محور الطية بين نفس التكوينين بمقدار (١٢ درجة) وباتجاه عكس عقرب الساعة أيضا، كما واتفقت الدراستين ايضا على ان الطية من النوع المفتوح بالاعتماد على الزاوية البينية.



تكاوين العصر الكريتاسي (بخمة ، شيرانش)

معدل وضعية الجناح الشمالي 083 / 23

معدل وضعية الجناح الجنوبي 280 / 36

محور الطية 276 / 04

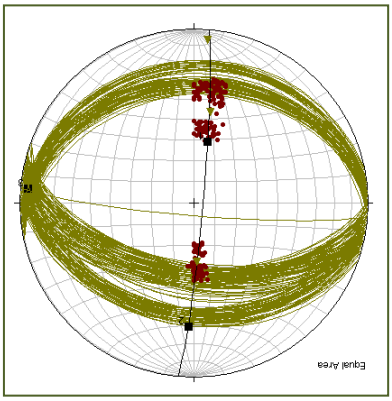
المستوي المحوري 276 / 85

المستوي القطبي 186 /85

الزاوية البينية 124

عدد القراءات 82

الشكل ٦ : وضعية طبقات تكاوين العصرالكريتاسي / طية بيخير المحدبة المحدبة



تكاوين العصر الترشيري(بيلاسبي ، جركس ،خورمالة)

معدل وضعية الجناح الشمالي 087 / 28

معدل وضعية الجناح الجنوبي 280 / 44

محور الطية 274 / 04

المستوي المحوري 275 / 84

المستوي القطبي 185 / 84

الزاوية البينية 108

عدد القراءات 205

الشكل 7 : وضعية طبقات تكاوين العصر االترشيري / طية بيخير المحدبة.

نتائج دراسة تركيبية طية بيخير المحدبة باستخدام الخرائط التركيبية الكنتورية:

استخدمت في الدراسة الحالية الخرائط التركيبية الكنتورية كطريقة اخرى في دراسة تركيبية طية بيخير المحدبة وتحليلها هندسيا وتصور امتدادات التكاوين تحت السطح كون حدود التماس بين التكاوين المنكشفة على سطح الارض متعرضة للتجوية وبارتفاعات متباينة على طولها ومختلفة من منطقة الى اخرى وهي لا تعطي تصورا حقيقيا لما موجود تحت السطح. ومن خلال هذه الخرائط يمكن ايضا تحديد اتجاه محور الطيه ضمن التكاوين والى اعماق تحت السطح وبالتالي يمكن مطابقتها مع النتائج المستحصلة من عملية التحليل بايجاد وضعيات العناصر الهندسية للطية وباستخدام المخططات الاستيريوغرافية وملاحظة التغيرات الحاصلة مع

العمق. استخدمت الأسطح الطباقية والتي تمثل الحدود الفاصلة بين تكاوين محددة متواجدة في المنطقة لغرض رسم هذه الخرائط .

تم رسم كنتورات تركيبية لحد التماس بين كل من تكوين شرانش وكولوش، (الشكل 8)، وكنتورات تركيبية لحد التماس بين تكوين كولوش وجركس (الشكل 9)، وكنتورات تركيبية لحد التماس بين تكوين جركس وبلاسبي، (الشكل 10).

ولغرض إجراء مقارنة بينهم تم رسم خارطة تركيبية كنتورية للحدود الفاصلة الثلاثة المذكورة اعلاه معا، (الشكل 11).

ومن خلال ملاحظة وتدقيق الخرائط التركيبية الكنتورية المذكورة، يمكن الاستنتاج بان هناك اختلاف وانحراف في محاور الطية ضمن التكاوين اعلاه مع العمق واختلافها عما هو عليه في السطح حسب ما تم ايجاده من خلال الرسومات الستيريوغرافية المذكورة سابقا، الاشكال (6 ، 7) .

يظهر من (الشكل 8) بان محور الطية المستخرج من حد التماس بين تكويني شرانش وكولوش يمتد باتجاه (NW-SE) وتحديدا باتجاه (288 درجة). ويظهر من (الشكل 9) بان محور الطية المستخرج من حد التماس بين تكويني كولوش وجركس يمتد باتجاه (NW-SE) وتحديدا باتجاه (282) درجة فيما يظهر من (الشكل 10) بان محور الطية المستخرج من حد التماس بين تكويني جركس وبيلاسبي يمتد باتجاه (NW-SE) وتحديدا باتجاه (281 درجة).

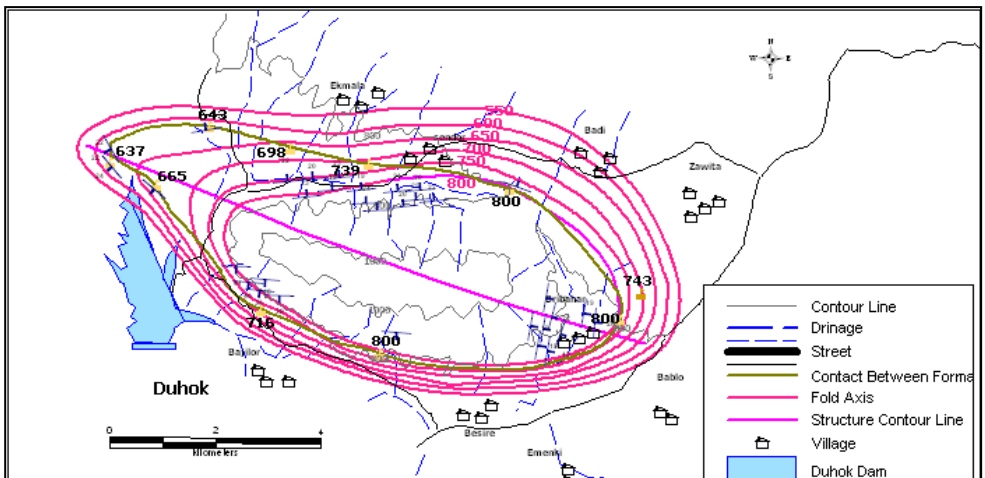
ومن تدقيق وملاحظة هذه النتائج تظهر لنا جليا بان هناك اختلاف في امتداد محور الطية ضمن التكاوين المختلفة وان هناك انحراف في محور الطية ب (7 درجات) باتجاه عكس عقرب الساعة من عصر الكريتاسي نحو العصر الترشيري، كما ويمكن ملاحظة بان هناك اختلاف في اتجاه محاور الطي من السطح باتجاه العمق حيث كان معدل محور الطية حسب النتائج المستخلصة من الرسومات الستيريوغرافية بان امتداد محور الطي هو (275 درجة) في السطح (بالاعتماد على القياسات للمكاشف الصخرية على سطح الأرض)، بينما يظهر هناك بان معدل امتداد محور الطي مع العمق يتغير الى اتجاه (284 درجة) (بالاعتماد على الكنتورات التركيبية مع العمق). مما يعزز استنتاج تعدد مراحل الطي لاكثر من دليل، وحسب النتائج التي توصلت اليها الدراسة الحالية.

ويعزى اختلاف محور الطي مابين صخور العصر الكريتاسي والترشيري الى دوران الطبق العربي باتجاه عكس عقرب الساعة بعد اصطدامه بالطبق التركي اضافة الى وجود اكثر من قوى واحدة اثرت على الطية وأدت الى تكونها. وهذا يتفق مع ما ذكره (Omer, 2005) في دراسته للطيات المحدبة لمنطقة بناباوي–سفين–برادوست والعائدة للعصر الكريتاسي المبكر والى البلايوسين في شمال شرق العراق ، حيث وجد دوران في محاور الطي بين صخور الكريتاسي وصخور الترشيري بمقدار (6 درجات) بعكس اتجاه عقرب

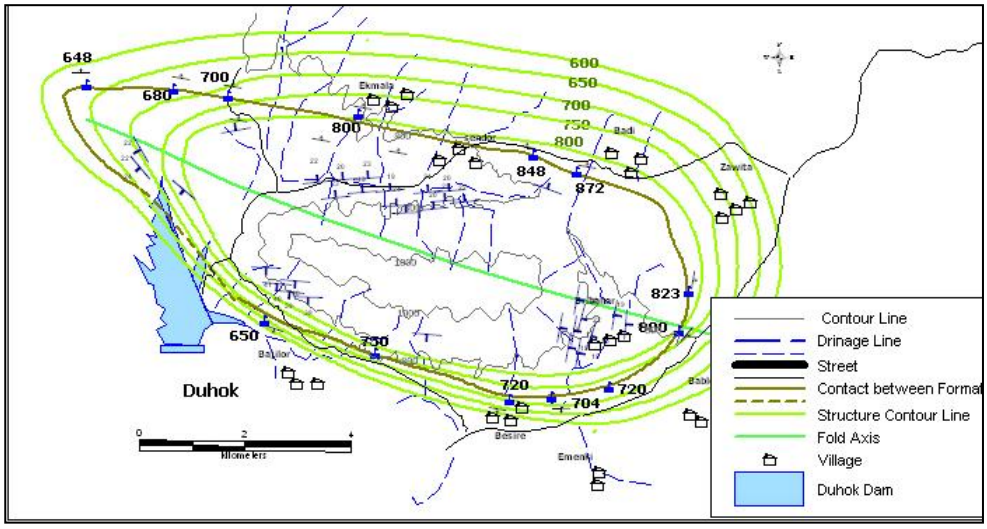
الساعة ومعلوم ان الطبق العربي قد استدار عكس عقرب الساعة نتيجة التصادم مع الطبق الاوراسي (Hancock and Atiya, 1979).

ذكر (النعمان اتصال شخصي، 2010) وجود عدم توافق زاوي في مناطق كثيرة في شمال العراق، واكد ان وجود عدم توافق زاوي بين صخور الكريتاسي والترشيري يعد دليلا قطعيا على حصول طي في عصر الكريتاسي وهذا ما ظهر في طية سنجار حيث لوحظ وجود عدم توافق زاوي بين تكوين شرانش والعائد الى العصر الكريتاسي وتكوين سنجار الجيري والعائد الى العصر الترشيري.

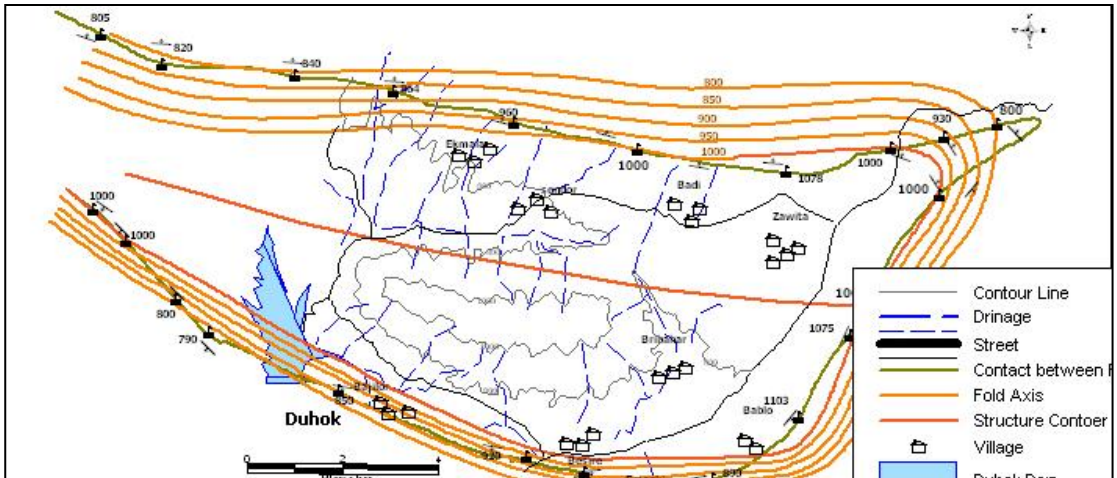
وترى الدراسة الحالية الى ان طية بيخير قد تكونت باكثر من مرحلة طي فمع الانقلاب الجيوديناميكي للنظام التكتوني من حالة الاستطالة الى الانضغاط الذي حصل في العصر الكريتاسي وحدوث الغوران للقشرة المحيطية لمحيط التيثس الجديد ادى الى تكون بيئة تكتونية انضغاطية حيث توقفت الازاحات الاعتيادية على الفوالق الليستيرية في الحافات القارية الخاملة وبدات بعد ذلك ازاحات مضربية على الفوالق وهذا قد نتج عنه طور من الطي على بلوكات الموصل وكركوك في حزام طيات الفورلاند (Numan, 2000) حيث يمثل الطور الاول الذي ادى الى الطي في التكوينات العائدة الى الكريتاسي (بخمة، شرانش) في طية بيخير. و ان الطور الثاني من الطي في طية بيخير حصل بعد التغير الذي حصل في الايوسين من نظام الغوران الى نظام التصادم، حيث ذكر(Numan, 2001) الى حصول تصادم بين الحافة الخاملة للطبق العربي والحافات الفعالة لتركيا وايران ابتداءا من الايوسين وذلك بعد الاستهلاك الكلي لقشرة المحيط التيثس، وذكر نفس الباحث الى ان طور الذروة للاوروجيني الالبي في البلايوسين نتج عن عملية طي واسعة النطاق.



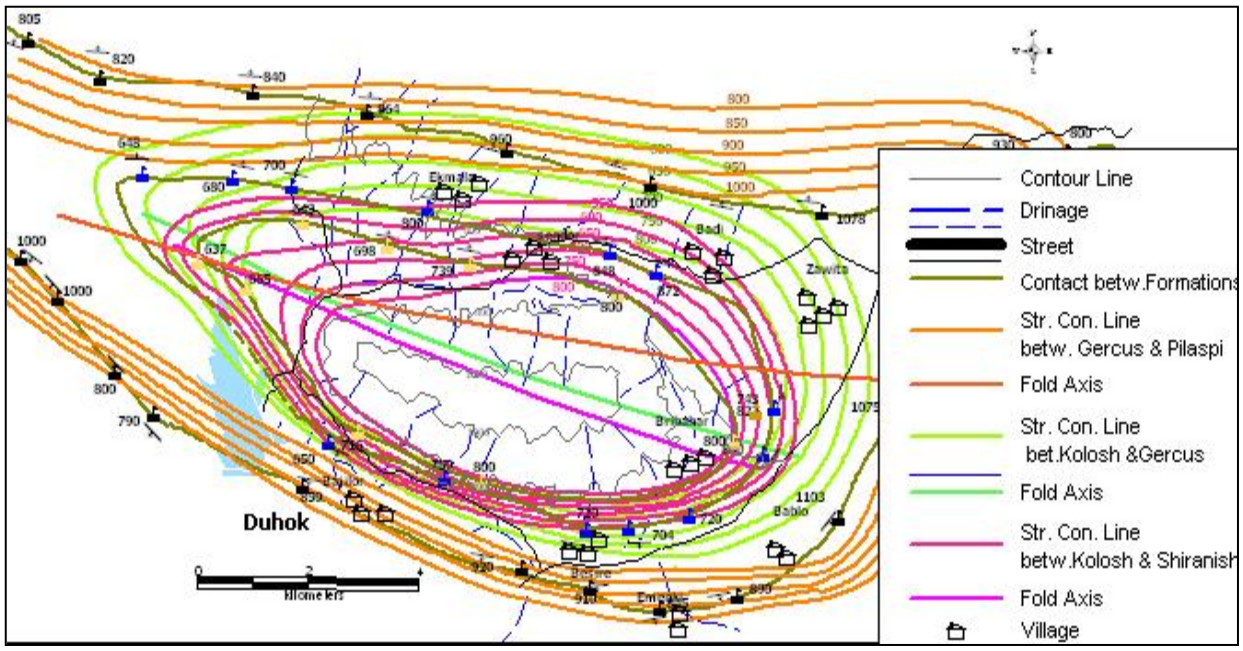
الشكل ٨: الخارطة التركيبية الكنتورية لحد التماس بين تكويني شيرانش و كولوش.



الشكل 9 :الخارطة التركيبية الكنتورية لحد التماس بين تكويني كولوش و جركس.



الشكل 10: الخارطة التركيبية الكنتورية لحد التماس بين تكويني جركس و بيلاسبي.



الشكل 11 : الخارطة التركيبية الكنتورية لتكاوين منطقة الدراسة.

المصادر العربية

الجميلي، إبراهيم سعد، 1982. دراسة تركيبية مقارنة للفواصل في مناطق مختارة من قطاعي الطيات البسيطة والمستوي في العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم ،جامعة الموصل.

الحبيطي، صفوان طه، 2008. تغيرات الطراز التكتوني على طول محور طية بيخير المحدبة – شمال العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.

الداؤودي، خزعل احمد. 1989، الفحوصات الطوبوغرافية والتكتونية لصحور القاعدة لنطاق الطيات البسيطة– شمال العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.

الجميلي، إبراهيم سعد، 2004. الاستقصاء التكتوني لتراكيب التكس الهش في نطاق طيات الفورلاند – شمال العراق، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل .

الاسدي، يوسف محمد، 2010. مراحل الطي في تكوينات الكريتاسي والترشيري في طية بيخير المحدبة، محافظة دهوك، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة البصرة.

الشالي، ريزان علي، 1992. موازنة مقاطع مختارة في قطاع الطيات البسيطة في شمال العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.

النائب، منهل احمد، 1982، دراسة تركيبية لمقاطع مختارة في طية بطمة الغربية وبيرمام داغ، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية ا لعلوم، جامعة بغداد.

العزاوي، نبيل قادر، 1982، دراسة مقارنة في الطراز التكتوني للطيات لثلاث مناطق في قطاع الطيات البسيطة في العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.

العزاوي، نبيل قادر، 2003، التطور التركيبي لشكل طيات نطاق الفورلاند في العراق ومدلولاته التكتونية اطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية العلوم، جامعة الموصل.

فؤاد، صفاء الدين فخري، 1983. دراسة جيولوجية تركيبية لطيات قرة داغ، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد.

المصادر الأجنبية

Al-Alawi, M. N. T., 1980. Structural Study of Upper Cretaceous and Tertiary Successions In Jabel Bekhair, Duhok area, N-Iraq. Unpub. M.Sc. Thesis, Mosul University.

Al-Doski, J. A. H., 2004. Anew Contribution to Structural of Duhok Area (Kurdistan –Iraq). J. of Duhok University. Vol. 7, No. 2.

Ameen, M. S. 1979. Regional Investigation of Geoflexures and Tectonic Analysis in the Simple Folded Zone of Iraq. Unpub. M.Sc. Thesis, Mosul University.

Badgley, P. C. 1959. Structural Methods for Exploration Geologist, Harper and Brothers Publishers, New York. 280 p.

Broadhead, R. F. and Gillard. L, 2005. Structure Contours on Tubb Sandstone Member of Yeso Formation (Lower Permian) Central Basin Platform, SE New Mexico. New Mexico Bureau of Geology and Mineral Resources, Adivision of New Mexico Tech. Socorro NM. Report 489.

Carrera, N., Monz, J. A., Roca, E. 2009 . 3D Reconstruction of Geological Surfaces by the Equivalent dip-domin Method: An Example from Field Data of the Cerro Bayo Anticline. Journal of Structural Geology. pp. 1573 - 1585.

Fleuty, M. J. 1964. The Description of Folds, Proc. Geol. Ass. London. Vol.75, pp. 470 - 488.

Hancock, P. L., and Atiya, M. S., 1979. Tectonic Significance of Mesofracture Systems Associated with the Lebanese Segment of the Dead Sea Fault. J. Structure. Geol. Vol. 1, pp. 143 - 153.

Levandowski, D., Al-Menadaidi, H. M, Al-Dewi, B. M., Al-Amiri. M. 1978. An Evalution of Computer-Aided Analysis of Landsat Mss Data for Regional Geological Mapping, Folded Mountain Zone, North Ivaa, J. of Geological Society of Ivaa, Vol. 11, pp. 1 - 24. Martel, 2001. http://www. Soest.hawaii.edu/martel/courses/GG303/Lecture-05.

Numan. N. M. S., 2000. Majorcretaceous Tectonic Events in Iraq. Raf Jour. Sci. Vol. 11. N0. 3, pp. 59 - 74

Numan, N. M. S., 2001.Cretaceous and Tertiary Alpine Subductional History in Northern Iraq. Iraqi Jour. of Sci. Vol. 1 , No. 2, pp. 59 - 74.

Omar, A. A. 2005. Integrated Structure and Tectonic Study of Binabawi - Safin-Bradost Region in Iraq Kurdistan, Unpub. P. hD. Thesis, Salahaden University.

Roberts, L. N. R., 2002. Structure Contour Map of the Top of the Dakota Sandstone, Uinta- Piceance Province, Utah and Colorado. The Central Rregion, Denver, Colorado.

Ramsay, J. G. and Huber, M. I. 1987. Folds and Fractures: The Techniques of Modern Structural Geology, Vol. 2, New York, Academic Press, 700 p.