

## الشقوق

بشكل عام تشكل دراسة الشقوق في الخزانات المشقة موضوعاً هاماً في الصناعة النفطية كونها تساهم في زيادة إنتاجية الخزانات وقد ساهم أيضاً في عملية تخريب الخزان وبالتالي نقص في إنتاجية الخزانات المشقة، ووفق الأدبيات الجيولوجية، فقد عرفت الخزانات المشقة في الصخور الرسوبيّة غالباً الكربوناتية منها من الناحية الخزنية

تعد دراسة الشقوق والخزانات الهيدركربونية المشقة من أهم الدراسات الخزنية وأكثرها تعقيداً، باعتبارها خزانات غير تقليدية (unconventional reservoirs) تتميز بحالة عدم تجانس كبيرة وقد كانت القياسات البئرية المتعددة (well log) وما زالت هي الأداة الرئيسة في دراسة الشقوق تحت السطحية في الآبار وتقييمها

### تعريف الشقوق Fractures definition

تعرف الشقوق بأنها انقطاعات ميكانيكية في الصخر تتضمن انقطاعات في الإزاحة عبر السطوح والمناطق الضيقه، والشق كمصطلح يستخدم لكل الانقطاعات العامة، وهذا الاستخدام شائع بين علماء الأرض وغيرهم، يوجد العديد من أنواع الشقوق وبأشكال هندسية مختلفة، وتأثيرات ميكانيكية، وخصائص بيروفيزائية، اعتماداً على طبيعة وحجم الإزاحة

إن مصطلح الشق يشير إلى مجموعتين رئيسيتين من المعالم البنوية هي الكسور والفالق

وبشكل عام فإن الفوالق والكسور تشكل بمجملها التجمعات الشعية والتي يمكن أن توفر أفقية تؤمن حركة المسوائل والغازات في الطبقات تحت السطحية . مصطلحات أساسية لوصف الشعوq في الصخر .

• Fault: هو انتقطاع وكسر في الصخر مع إزاحة ملحوظة

• Fracture: هو أي انتقطاع أو كسر في الصخر .

تشمل الصخور الخازنة المشقة زمرة رئيستين :

- زمرة الصخور التي تكون فيها المسامية بين الحبية مهملا والتشقق هو الذي يكسبها المسامية والنفوذية  
(مثال : صخور كلسية مشقة منتجة للنفط ..... مكمن عين صلاح في العراق)

- زمرة الصخور التي فيها مسامية بين حبية ملائمة والتشقق يقدم لها النفوذية الضرورية لإنتاج النفط  
اذاً : التشقق هو الذي أكسبها إمكانية الإنتاج الملائمة  
(مثال : صخور كلسية مدلنته مشقة منتجة .... مكمن دخان في قطر يتميز بمسامية بحدود 20 % ونفوذية بحدود 40-75 ملي دارسي )

### Studies of Fractured Reservoirs



fracture



## نوعية الشقوق :

من المعروف أن الشقوق تحول الصخر أو التركيب إلى مجموعة من الكتل ( **بلوکات** ) الصلبة

تختلف هذه البلوکات في أبعادها وأشكالها حسب  
- كثافة الشقوق - اتجاهاتها - اسلوب تقاطعها مع بعضها البعض

في الطبيعة نصادف

شقوقاً نظاميّه مستمرة ( يكون فيها التباعد في الشق واضحاً )

شقوقاً غير نظامية متقطعة

شقوقاً مستقيمة أو ملتوية متعرجة

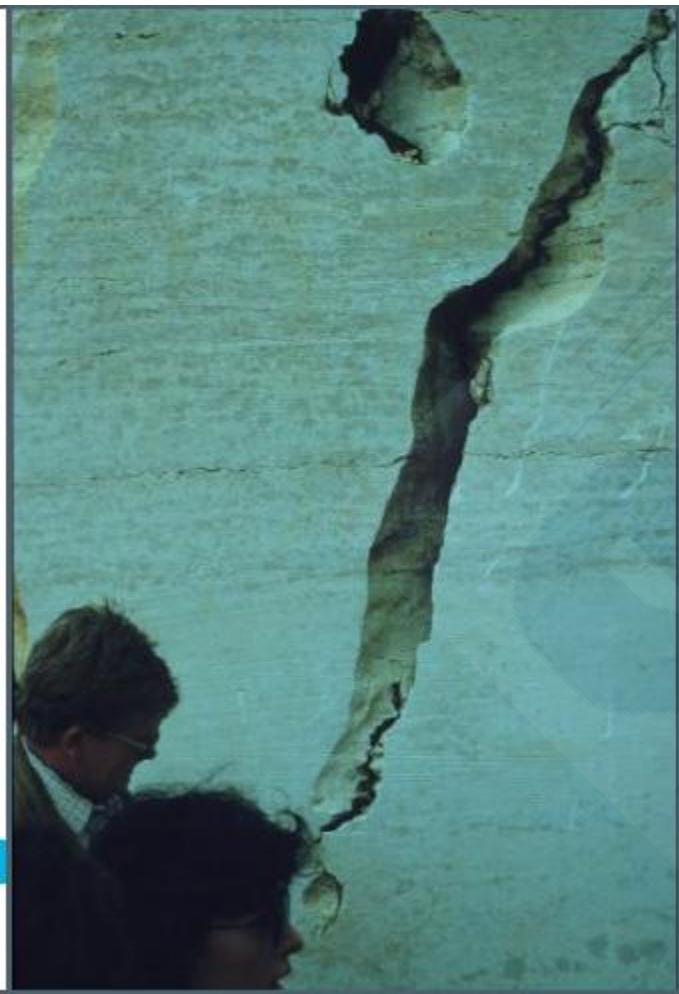
أما أبعادها فهي عموماً تكون صغيرة جداً .. امتدادها لا يتجاوز بضعة أمتار  
وعرضها بضعة ميليمترات

كما يمكن أن نميز بين

- الشقوق الممتلئة جزئياً بالتوضّعات اللاحقة ( توضّعات ثانوية )

- الشقوق الممتلئة كلياً بالتوضّعات اللاحقة

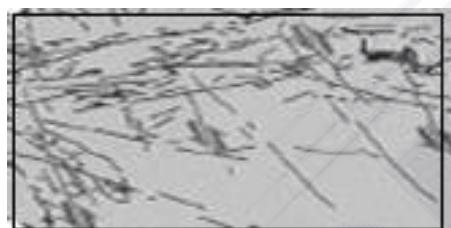
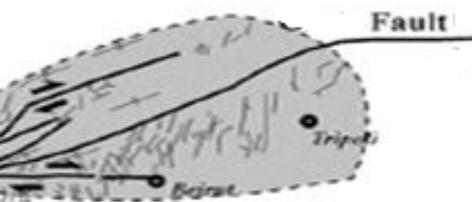
وبالتالي : درجة امتلاء الشقوق تحدّد درجة المسامية والنفوذية للصخر  
المشقق وإمكاناته الانساجية



## الجماعات الشقية

Fracture swarms

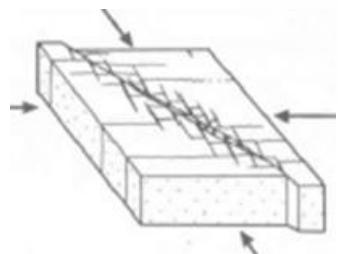
الجماعات الشقية هي عبارة عن مجموعة من الشقوق المتباudeة بشكل ضيق أو محدودة المساحة والتي تتشكل في المناطق التي تتعرض لاجهاد تكتوني إقليمي ومحلي



الفوالق والكسور تشكل بمجموعها الجماعات الشقية والتي يمكن أن تتشكل أفقية للهجرة تحت السطحية للسوائل وبناءً على ذلك تقسم الخزانات

### نطاق التكسر الفالقي Fault damage zone

تحاط الفوالق عادةً بنطاق من الصخور المشوهة ، ربما تكون بعرض عشرات من السنتمترات وقد تتضمن مئات الأمتار من صخور الجدار المعلق، أو الجدار الهاابط بالنسبة لفالق، يمكن أن يؤدي نطاق الفوالق إلى إضعاف التفودية أو تحسينها



الشقوق تنشأ عن طريق قوى ميكانيكية بعد تصلب الصخر ، وبالرغم من ذلك فإن الشقوق يمكن أن تتأثر بعمليات الانحلال والسمنة اللاحقة ومن الممكن أيضاً أن تصبح الشقوق مرتبطة بخصائص الصخر لتشكل أنواعاً من الفراغات أو المسامات

إن جزاً كبيراً من الصخور الكلسية المنتجة للنفط تعود خصائصه كصخر خازن إلى الشقوقة التي تحدث ليس فقط في الصخور الكاربوناتية ( الكلسية ، الدلوميتية ) ، إنما في كافة الصخور القاسية ( كوارتزيت - صخور اندفاعية أو استحالية مختلفة )

أما اتجاهات الشقوق فهو متعدد جداً .. وكذلك أوضاع تقاطعها مختلفة لذلك نميز بين :

- لا على التعين ( عشوائية )
- عمودية - أفقية - مائلة
- عمودية ومتقاطعة - أفقيه ومتقاطعة \_ - مائلة ومتقاطعة ..... الخ

من الجدير بالذكر أن مهندسي المخزون يدرسون بدقة  
نوعية الشقوق في الصخر الخازن المشقق  
اتجاهاتها  
درجة امتدادها بالتوضيعات اللاحقة

لأن تحديد عمليات الانتاج والاستثمار يرتبط ارتباطاً مباشراً بهذه العوامل

تعد النطاقات المشققة في الصخر الخازن هامة ، بسبب الزيادة الكبيرة في النفوذية  
حيث يتم البحث عنها واستكشافها

وبالرغم من أن للشقوق تأثيراً مميزاً جداً على النفاذية الكلية للصخر

فهي ذات تأثير قليل جداً على المسامية، وعلى الإشباعات، وغيرها من الصفات الفيزيائية للصخور

**منشأ الشقوق :**

- العامل البنيوي ( طيات ، فوالق )
- نقص أو زوال الانضغاط عن الصخور
- الارتصاص اتي تعانى منه التركيبات الرسوبية

### **تأثير العامل البنوى :**

يلاحظ أن التكسارات والتشققات يمكن أن تظهر في قمم المهدبات الخاضعة للتوتر أو على مفاصل الطيات المحلية . كما يلاحظ أيضاً أن دور الفوالق في تشقق الصخور الخازنة يختلف من حالة لآخرى

مثال 1 : حقل كركوك في العراق نجد أن الآبار التي اجتازت الفالق الرئيسي والذي تجاوزت رميمته 200 متر لم يظهر تشقق مميز مرتبط بالفالق ، وهذه الآبار هي ضعيفة الإنتاج على عكس ما هو متوقع أي أن الفالق لم يلعب دوراً في تشقق التراكيب الخازنة

مثال 2 : مكمن Mounta في تكساس نجد أن الفوالق سبباً رئيسياً في تشكيل صخر خازن ومنتج نتيجة التشققات علماً أن طبيعة التركيب من الحوار وهذا الصخر يعد بالحالة الطبيعية غير نفوذ

وهناك مكامن منتجة وهي صخور خازنة ومشقة مع أن هذه المناطق لم تخضع لقوى تكتونية لذلك نفترض أن هناك عوامل غير بنوية يمكن أن تسبب التشققات في الصخور

## -نقص أو زوال الانضغاط :

يلعب هذا العامل دوراً هاماً في الصخور الاستحالية .. هذه الصخور تكون قد خضعت خلال تاريخها إلى ضغوط كبيرة جداً وفي حال حصول دور حتى .. أو حركات مؤدية إلى زوال أو نقص الضغط فإن هذه الصخور تشقق وتكتسب مسامية ونفوذية ثانوية

## -الإرتصاص التي تعاني منه التركيبات الرسوبيّة :

الصخور ذات البنية الناعمة تطرد جزء كبير من مياها تحت تأثير الإرتصاص ، مما يؤدي إلى تغيرات في تراكيبها الفلزية وهذا يؤدي إلى ظهور التشققات في هذه الصخور  
المسامات الناتجة عن تشقق الصخر نتيجة تعرضه لاجهاد معين، أو تغير بعض خواصه بعد الترسيب،  
تسمى بالمسامات الشقية (تعريف )

### تقسام المسامات الشقية حسب منشئها إلى ثلاثة أنواع:

- 1- المسامات الشقية المتشكلة عن تأثير العمليات الكيميائية (التشققات المتشكلة في عملية الدلمنة والتي تترافق بتناقص في الحجم).
- 2- المسامات الشقية المتشكلة عن التعرية والحم الكارستي.
- 3- المسامات الشقية ذات المنشأ التكتوني والتي تتشكل أثناء عمليات الطي أو التكسير

### وتصنف المسامات الشقية في نوعين:

- 1- مسامات الشقوق العاديّة: إذا كان عرض الشقوق فيها أكبر من 0.1 مم، وترى هذه الشقوق بالعين المجردة بشكل واضح .
- 2- مسامات الشقوق المجهرية: إذا كان عرض الشقوق فيها يتراوح بين ( 0.01 - 0.1 مم)، وهي تسمى بحركة المواقع ضمنها بشكل مقبول.

## الكشف والتعرف إلى الشقوق :

إذاً أهمية الشقوق تكمن في تشكيل الصخور الخازنة للهيدروكربون وفي تحسين الخصائص الانتاجية لهذه الصخور.

الأمر الذي حدا بالمختصين إلى وضع مجموعة من الطرائق للكشف والتعرف على وجود الشقوق ضمن التركيب الصخري :

### 1- فقدان طينة الحفر :

إن فقدان طينة الحفر ( الطفلة ) أثناء الحفر تعتبر مؤشر على وجود التشكيلات المسامية والنفوذة التي يجتازها الحفر ، وكلما كان فقدان طينة الحفر أكبر كلما كانت الشقوق أغزر في الصخور ومفتوحة ومتصلة ببعضها البعض

### 2- ملاحظة الشقوق في الفتات الصخري (Cultings) :

الفتات الصخري الصاعد إلى سطح الأرض يمكن أن يدل طبيعة الصخور التي يجتازها الحفر ، ويمكن تأكيد وجود الشقوق أو عدمه كما أنه نتيجة كون الشقوق عادة مملوءة جزئياً أو كلياً بتوضعات ثانوية مثل الكالسيت المبلور ( السباريت ) والكوارتز فإنه يمكن من تواجد هذه العناصر الصخرية أو الفلزية في الفتات الصخري الصاعد إلى السطح مع طينة الحفر التأكيد على وجود الشقوق في التركيبات المجازة بالحفر

### 3- ملاحظة الشقوق واتجاهاتها على العينات الاسطوانية المستخرجة من الآبار :

في حال كون العينات المستخرجة متماسكة يمكن ملاحظة الشقوق على هذه العينات بشكل مباشر وتحديد اتجاهاتها ، وكثافتها وامتلائها بالمواد الفلزية الثانوية

### 4- ضعف المردود من العينات الاسطوانية الصخرية :

من المعروف أنه كلما كان المردود المقطوع من الصخور بالاسطوانات الصخرية كاملاً ( 100 % ) كلما كانت التشكيلات الصخرية متماسكة وصلبة وعديمة التشقق ، وبالتالي فإن نقص هذا المردود سيتناسب مع كثافة الشقوق في التركيبات المجازة بالحفر ، وكلما كانت هذه الكثافة أكبر كان المردود المحصول عليه أقل .

5- ارتفاع المردود الانتاجي للتركيبيات :  
إن المردود الكبير في انتاج بعض الآبار الاستكشافية خلال الانتاج التجاري الأولي والذي يتجاوز انتاج الصخر العادي غير المشقق يدلنا على وجود شقوق في الصخر الخازن

مثال :

بعض الآبار في حقل كركوك العراق والتي تستثمر صخراً كربوناتياً مشقاً يصل انتاجها اليومي إلى 3000-5000 متر مكعب في اليوم في حين لا تتجاوز انتاجية الصخور الخازنة الجيدة الرملية بضعة مئات من الأمتار المكعبة في اليوم فقط وهذا ما يؤكد الفعالية الكبيرة للتشقق في تحسين مردود الآبار .

أن دراسة خصائص التركيبات الخازنة ومكوناتها له الدور الاساسي في تحديد الخصائص الفيزيائية والإمكانيات الانتاجية لهذه التركيبات ، ويساعد ذلك على وضع سياسة استثمار سليمة .

## الطائق البئرية المتبعة لدراسة الشفوق

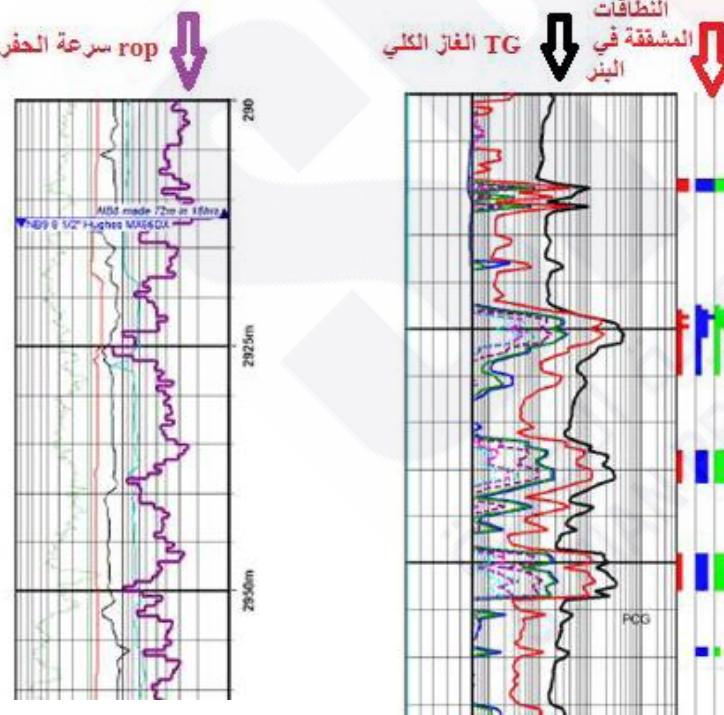
انطلاقاً من الأساليب الحديثة المتبعة في دراسة الخزانات المشعقة، يتم إعداد وتنفيذ الدراسة والقياسات وفق التسلسل التالي :

- أ- معطيات الحفر mud logging data : كل البيانات التي يمكن الحصول عليها أثناء عملية الحفر والمتمثلة بسرعة الحفر ROP، وقراءة الغاز الكلي TG ، وتعيين الشواهد النفطية OIL SHOWS بالإضافة إلى ضياع سائل الحفر mud losses الذي يعد من أهم المؤشرات لتعيين الشفوق .
- ب- القياسات البئرية التقليدية conventional logs: وتمثل بالقياسات الأساسية المعروفة وهي القياسات الصوتية ، وقياسات المسامية ، والليتولوجيا .. الخ.
- ت- القياسات البئرية التصويرية micro image logs : وتمثل بالقياسات الحديثة التي صممت لدراسة الشفوق مثل قياس FMS, FMI .
- ث- العينات الصخرية البابية (الأكور) : دراسة وتحليل العينات الصخرية البابية المستخرجة من الآبار.
- ج- قياسات الإنتاجية: وهي القياسات اللاحقة لعملية الحفر الخاصة بالتنقيب وتحديد النطاقات المنتجة واختبارات التدفق .

وتنتمي هذه المعلومات بالمعلومات التي تقدمها (mud logging unit) وحدة قياس سائل الحفر  
قياس سائل الحفر Mud log:

حيث يتم بشكل أساسي فحص واختبار فتات الصخور المجلوبة إلى السطح والتي تقدم معلومات  
عن التركيب اللينولوجي وعن محتوى السوائل والغازات .

وتجدر الإشارة إلى أن معلومات الحفر التي تشير إلى موقع حدوث ضياع سائل الحفر mud losses ،  
قراة الغاز الكلى TG · سرعة الحفر ROP ، هي من المعايير الهامة التي يعتمد عليها في تعليم وتحديد  
الشقوق ، وهذا ما نلاحظه في كثير من الدراسات الحديثة للشقوق ، حيث تكون في طليعة البيانات المستخدمة  
في معايرة وتحديد الشقوق .



استجابة معلومات الحفر للمناطق المتقطعة  
في الآبار المحفورة

## مؤشرات الشقوق والفالق Fractures and fault indicators

التي تستدعي البحث عن القطاعات المشقة في التسجيلات البئرية

- التاريخ المحلي للشقوق
- النقص في دقة التسجيلات السیزمیة.
- استقراء المشاهدات المأخوذة من التكتشفات الصخرية على سطح الأرض لنفس التشكيلة الجیولوجیة تحت السطحیة .
- ازدياد وتيرة تقدم رأس الحفر (ROP (rate of penetration).
- ضياع سائل الحفر أثناء عملية الحفر . mud losses
- وجود العينات الصخرية المشقة

كما يمكن ملاحظة وجود الفوالق أثناء الحفر حيث يتم غياب مقطع صخري في موقع الفوالق العادي أو تكرار مقطع صخري في موقع الفوالق العکسیة أو ضياع سائل الحفر في المناطق المتاثرة بالفالق وعادةً تظهر الشقوق أثناء الحفر من خلال فقدان الهائل لسائل الحفر والتي تتضمن معالجة لاحقة من قبل الحفار لمنع استجابة الشقوق للتهریب ((إما من خلال ضخ مواد مانعة للتهریب أو من خلال الحقن بالإسمنت))

## القياسات البئرية well logs

ونذكر منها :

### قياس الكمون الذاتي log Spontaneous Potential

يبدي منحنى الكمون الذاتي المسجل مقابل الخزانات المشقة طبيعياً شواداً واضحاً بالعلاقة مع الكمون المسجل أمام المجالات الصخرية الكليمية، وتكون هذه الاستجابة نتيجة لدخول راسح سائل الحفر في الشقوق ، ومع ذلك فإن منحنى الكمون الذاتي يظهر قابلية محدودة لتحديد الشقوق في حالة امتلاء الشقوق بالماء الموجود في سائل الحفر وقد وجد عموماً أن قياسات الكمون غير كافية لتعيين المجالات الشقيقة في الخزانات الكليمية المشقة ومع ذلك يمكن للكمون الذاتي أن يكون مؤشراً جيداً

على وجود الشقوق في حال وضوح اجتياح راسح الحفر داخل الشقوق حيث يتم تسجيل قيم واضحة متعلقة بكمون الارتشاح .

### قياس أشعة غاما Gama Ray Log

يحدد ويقيم تسجيل أشعة غاما الرسوبيات الحاوية على العناصر المشعة، ويعتبر هذا القياس في حال سبر التشكيلات الرسوبية مؤشراً ممتازاً لمحتوى الشيل حيث تحتوي الغباريات والغضارب الصفيحي على تراكيز عالية نسبياً من الثوريوم والبوتاسيوم بالإضافة إلى البيرانيوم .

وفي حال زيادة المحتوى الغباري في الشقوق، ووجود البلورات المشعة كالبيرانيوم التي ترسّبت في فتحة الشق نتيجة دوران المياه أو المحاليل في الشقوق، يؤدي لزيادة الإشعاعية ويعطي قراءة عالية لأشعة غاما، وهذا يمكن أن تضاف استجابة أشعة غاما إلى المؤشرات الأخرى ولذلك ستساعد في الكشف عن الشقوق .

## قياس قطر البئر (كالiper) CalIPer log

هو عبارة عن قياس لقطر البئر المحفورة، وخلال عملية الحفر يكون الضغط الهيدروستاتيكي لعمود سائل الحفر في البئر يكون أكبر من ضغط الطبقة وبالتالي فإن الضغط التفاضلي يؤدي إلى تشكل كعكة الحفر مقابل الطبقات النفوذة وهكذا فإن الجزيئات الصلبة من سائل الحفر ستستقر على جدار البئر وتشكل كعكة الحفر.

**النطاقات المشغلة:** تظهر عادةً على قياس قطر البئر على شكل تناقص في قطر البئر وعادةً يكون هذا بسبب ثخانة كبيرة في كعكة الحفر عند حدوث تهريب لسائل الحفر، و يمكن أن تحدث الحالة العكسية حيث يتسع قطر البئر بسبب تكسر التشكيلة أثناء عملية الحفر وتهدم قطاعات ذات أحجام مختلفة وخاصة عندما تحدث بين شعوق موازية لحفرة البئر.

## قياسات جيوفизيائية حديثة :

هذه القياسات هي المستخدمة حالياً في البحث عن الشقوق للأسباب التالية :

- قدرتها الكبيرة في الكشف عن الشقوق
- لأنها تسمح بمعرفة الوضع الفراغي والهندسي لهذه الشقوق والفراغات

تسمى الأجهزة المستخدمة حالياً في هذه القياسات  
بأجهزة التصوير البئري ( Imaging Devices )

وتصنف إلى ثلاثة أصناف : -البصرية - الصوتية - الكهربائية

تعد سوابير التصوير البئري الكهربائية أكثر دقة والأفضل في الكشف عن الشقوق بالمقارنة مع السوابير الصوتية ، لهذا يمكن القول  
إن الصور الناتجة من القياسات الكهربائية ذات جودة ودقة أعلى من تلك الناتجة من القياسات الصوتية لأن :

- الناقلية الكهربائية لسائل الحفر الذي يملئ شقاً ما هي أكبر بحوالي 1000 مرة من الناقلية الكهربائية للصخر المحيط بهذا الشق ، بينما تكون سرعة انتقال الموجة الصوتية بهذا السائل أقل بحوالي 4 مرات من سرعة انتقالها في الصخر .

- هناك تباين كبير في الناقلية الكهربائية للمواد منه في الممانعة الصوتية ، أي أن الصور الناتجة من القياسات الكهربائية ذات مجال واسع ، مما يسمح بإظهار التفاصيل الدقيقة لجدار البئر .

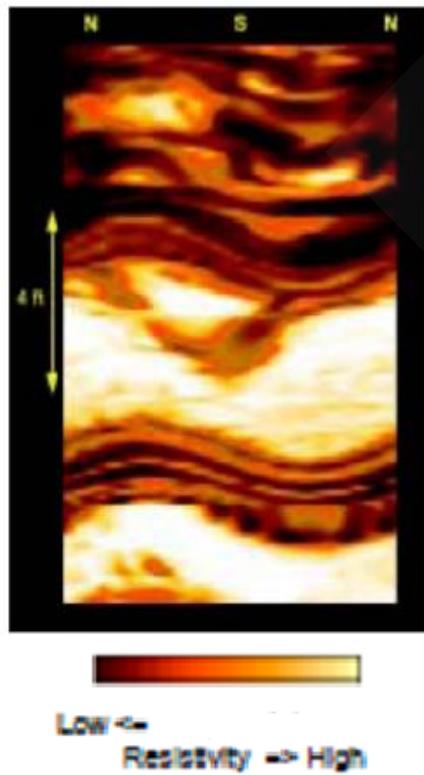
- أي تغير بسيط في ليتولوجية الصخر يرافقه تغير واضح في قيمة المقاومية الكهربائية و تستطيع السوابير الكهربائية سبره على عكس السوابير الصوتية .

من السوابر الكهربائية ذكر :

- 1- المصور الطبي الدقيق ( FMI )
- 2- الماسح الطبي الدقيق ( FMS )

تتألف هذه السابر من أربعة وسائل ، تحوي كل منها على عدد من الأقطاب الكهربائية المتشابهة في التصميم تدعى أزرار ، حيث تلجم هذه الوسائل على أذرع ( arm ) خاصة تفتح آلياً في البئر .

هذه السوابر قادرة على التقاط صور لجدار البئر بقدرة تميز عالية ودرجة تغطية ممتازة .



بعد إزالة الجهاز إلى البئر يتم التتحقق من التلامس الجيد للوسائل مع جدار البئر ثم يتم إرسال تيار كهربائي مستمر بشدة محددة وثابتة وبشكل موجه نحو الطبقة من كل زر من الأزرار المتوضعة على الوسائل ، ويتم تسجيل التغير في قيمة شدة التيار الإلكترونياً بحيث تلتقط الإشارة القادمة من الطبقة ويتم رسم 16 أو 27 منحني لمقاومة الدقيقة عن كل وسادة وتعالج لاحقاً لنجعل على صورة كهربائية متكاملة لجدار البئر .

تظهر في الصورة التغيرات الدقيقة في مقاومية الطبقة على هيئة تغيرات لونية واضحة ودقيقة ، مما يسمح باستخلاص كافة الصفات البتروفيزيائية والليتولوجية للطبقات .

وتظهر **الشقوق** في الصورة بشكل **دقيق ولون داكن** مقارنة بلون الصخر المحيط بها ،  
كما تظهر التفاصيل الدقيقةة مثل:

- سطوح التماس بين النطاقات الصخرية ، الميول الطبيعية ؛ البنية النسيجية لها ، بيئات الترسيب
- الرفاقات الصخرية التي لا تزيد سماكتها عن  $1\text{ cm}$  ( قدرة التميز للصور  $1\text{ cm}$  )
- أنظمة التطبق ( المتصلب وغيره )
- الفوالق والطيات والانهيارات

كما تسمح هذه التسجيلات بتمييز النطاقات المحتملة لتكون النفط أو الغاز والحصول على نفوذية الطبقة بدقة عالية كما أنها قادرة على التميز بين الفجوات والشقوق النفوذة ويحدد اتجاهاتها ، وبالتالي تحديد الخصائص الخزنية بدقة



الميول الطبيعية

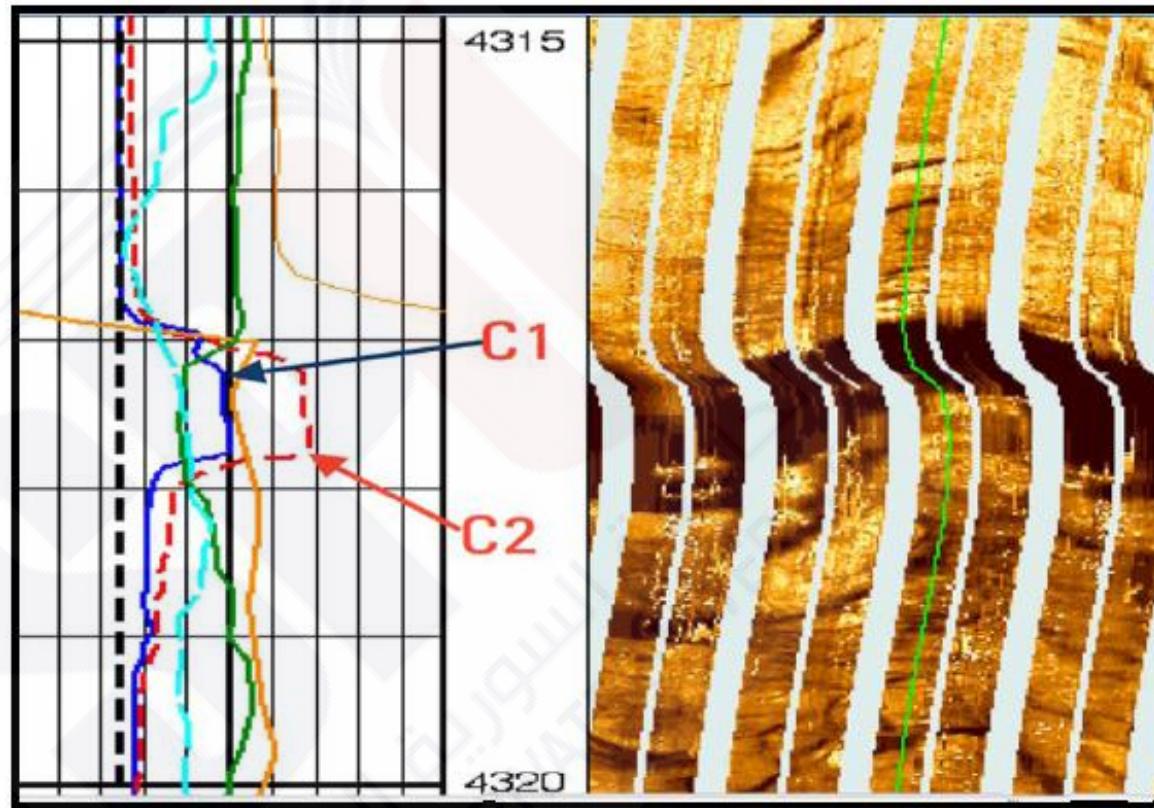
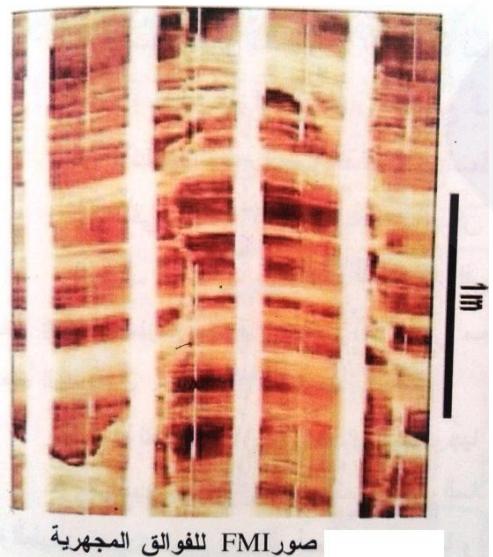


صور FMI لطيات وفوالق

مثال :  
طية شديدة الانحدار ومتناشرة ،  
تميل من الطرفين بزاوية تقارب  
85 درجة  
ووجدت هذه الطية أسفل مجموعة  
من الفوالق التي تلعت دوراً  
مهماً في هجرة النفط

وفي حالات عديدة يمكن أن نلاحظ تماً كبيراً بين منحنيات قطر البئر وبين الكثير من القياسات المحددة للشقوق مثل القياس التصويري FMI .

مثال :  
احد الفوالق المجهرية  
تم تحديده في منتصف  
الصورة من خلال الانزياح  
البسيط للطبقات بمقدار  
بضعة سنتيمترات .



تطبيق قيس قطر البئر مع القياسات التصويرية FMI في تحديد الشقوق

مثال :

تستخدم في عملية انتاج الصورة سلسلة من الألوان المتدرجة على هيئة طيف لوني ( الأبيض - الأصفر - البرتقالي - اسود ) حيث تسمح باظهار التغيرات الدقيقة في مقاومية الطبقة على شكل تغيرات لونية .

تعكس هذه التغيرات اللونية حقيقة التغيرات الليتولوجية أو المسامية أو كلاهما

المناطق الغامقة في الصورة تمثل طبقات ذات مسامية عالية ، على الأغلب طبقات غضارية  
المناطق الفاتحة تشير إلى تدخلات كربوناتية أو انهيدرية

