Geological Calibration and Well Control

Lecture 11

Dr. Riad Taifour

- Geological Calibration and Well Control
- Objectives of Well-Seismic Ties
- Well velocity surveys
- VSP (Vertical Seismic Profiling)
- Synthetic seismogram
- Tying Synthetic to Seismic Data

المعايرة الجيولوجية واختبار الآبار
Geological Calibration and Well Control

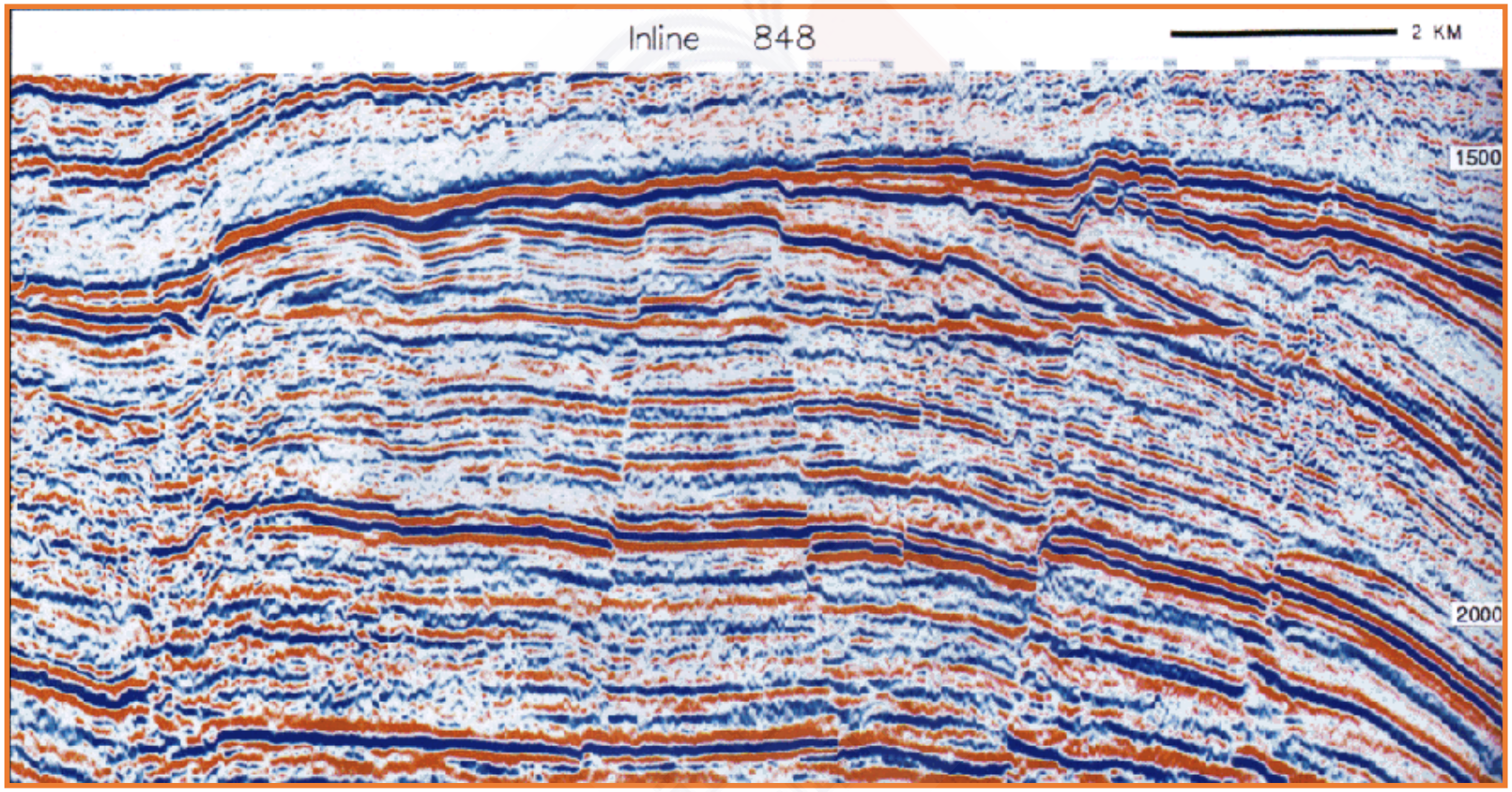
- من المستحسن معايرة المظاهر السيزمية في مرحلة مبكرة من الدراسة مع جميع المعلومات الجيولوجية المتاحة . .أحيانا تظهر (تبرز)عواكس في الحقل ويصبح من الممكن ربطها مباشرة مع بعض الانعكاسات السيزمية .
- نمط الفوالق السطحية من صور لاندسات غالبا ما يكون دليل مفيد لترسيم الفوالق الضحلة للمعطيات الثنائية البعد الممتدة على نطاق واسع .
- رسم الخرائط الهيكلية على السطح قد تكشف وجود المحدبات و المقعرات .
- ومع ذلك، فقد تبين أن المنخفضات السطحية قد تكون متزامنة مع الارتفاعات في تراكيب كبيرة في أعماق أكبر.

المعايرة الجيولوجية واختبار الآبار
Geological Calibration and Well Control

- معلومات الآبار تُعد ضرورية من أجل معايرة الأجزاء العميقة من باطن الأرض، حيث أن الآبار المستخدمة يمكن أن يصل عمقها إلى حوالي 4000 إلى 5000 متر. إلى أن الانتشار الجغرافي لمعلوماتها يقتصر بشكل أساسي على بعد واحد.
- لذلك فإن التقنيات الجيوفيزيائية الأخرى مثل المغناطيسية والجاذبية تعد ضرورية هنا .الطريق الجاذبية تعتبر مفيدة لتحديد الشكل العام للحوض وتحديد الكتل (عالية /منخفضة).وتكون مهمة وذات قيمة في المناطق التي تكون فقيرة بالبيانات السيزمية.
- القياسات المغناطيسية تعطي معلومات إضافية عن الخطوط العريضة للحوض الرسوبي و /أو وجود لمكامن خام /بركانية .

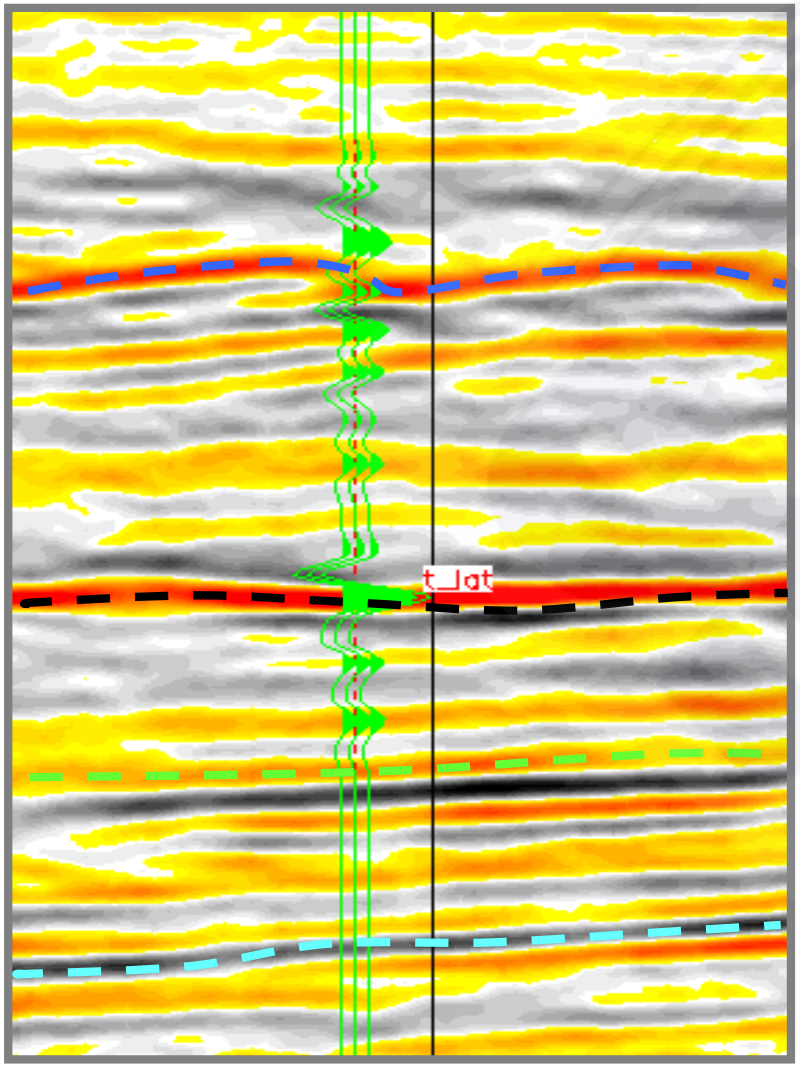
المعايرة الجيولوجية واختبار الآبار
Geological Calibration and Well Control

- تعد الطرائق الجاذبية والمغناطيسية من الطرائق الجيوفيزيائية المتكاملة، وهي مفيدة جداً في وضع الخطوط العريضة الأولى للعناصر التركيبية في المنطقة قيد الدراسة (الاستكشاف)
- يمكن أن تُستخدم لإعادة بناء تطور الصفائح التكتونية ونمذجة الأحواض.



عواكس بارزة في الحقل يمكن ربطها مع انعكاسات سيزمية مقابلة لها

أهداف ربط السيزميك بالآبار
Objectives of Well-Seismic Ties

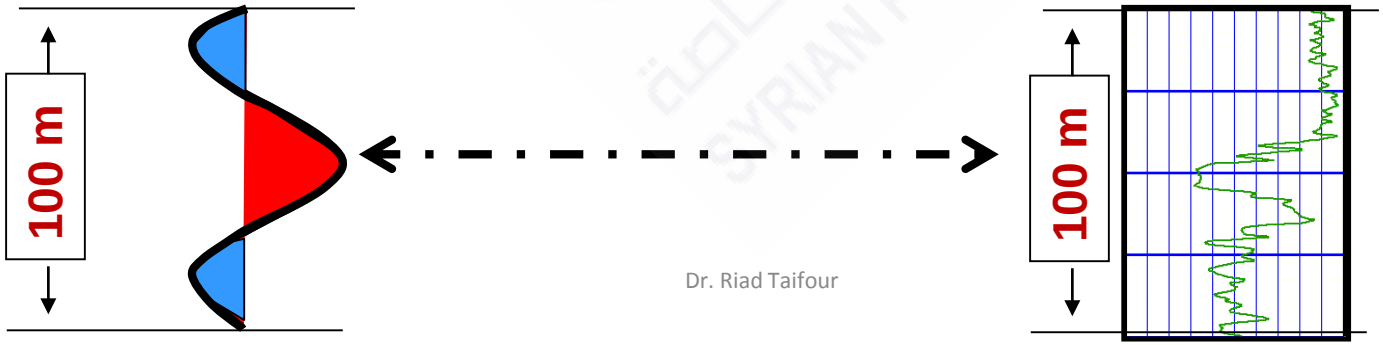


Synthetic Trace الأثر الاصطناعي

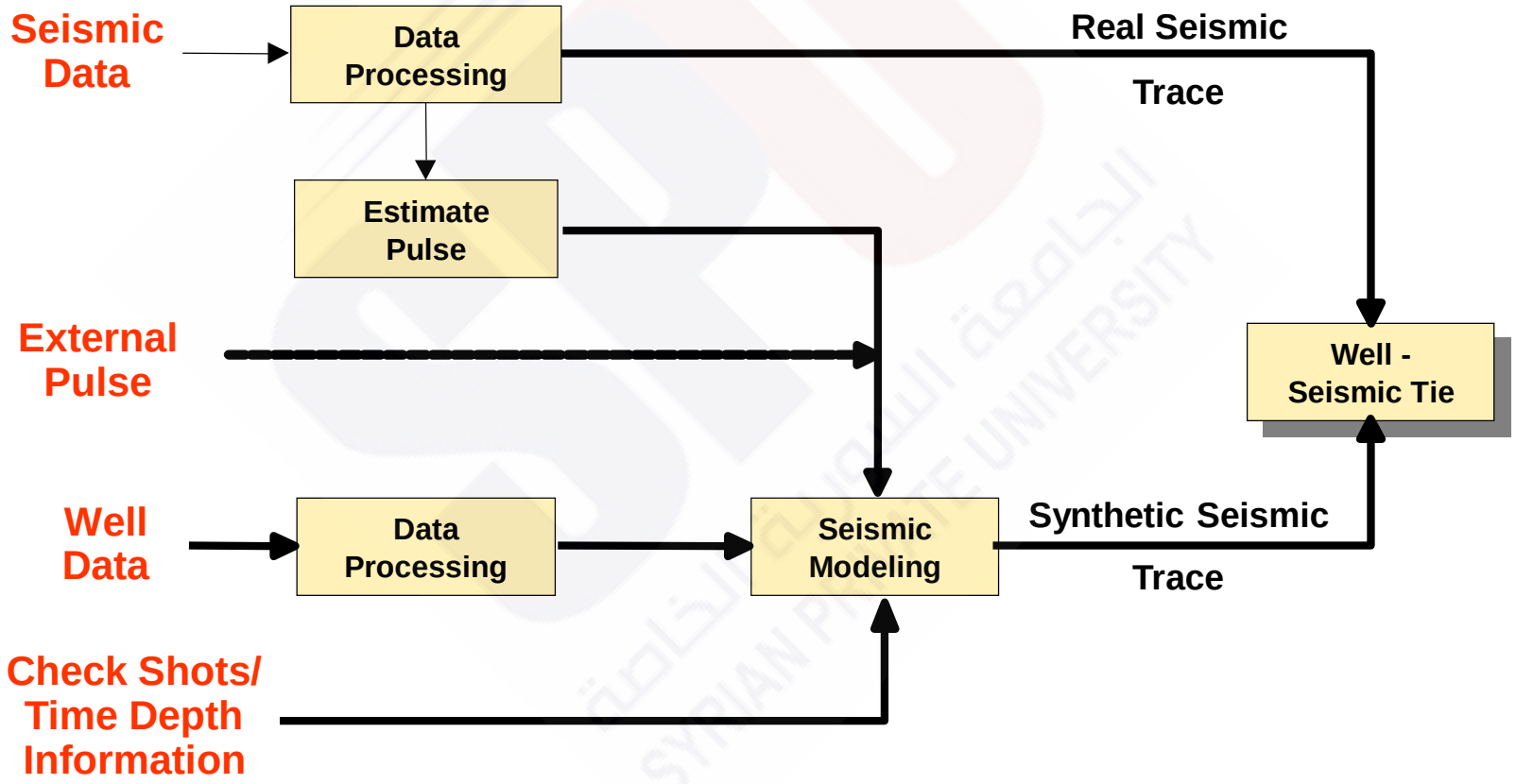
- ربط السيزميك بالآبار يسمح بأن يتم مقارنة معطيات الآبار المقاسة بواحدة العمق مع المعطيات السيزمية المقاسة بوحدة الزمن.
- هذا يسمح بأن يتم ربط أعالي التشكيلات المحددة في الآبار مع الانعكاسات المحددة على المقطع السيزمي.
- يتم استخدام القياسات الصوتية وقياسات الكثافة في الآبار من أجل وضع الأثر السيزمي الاصطناعي
- الأثر السيزمي الاصطناعي يتم مقارنته مع المعطيات السيزمية الحقيقية التي تم قياسها بجانب موقع البئر.

مقارنة بين السيزميك ومعطيات الآبار
Comparison of Seismic and Well Data

معطيات البئر Well Data	المعطيات السيزميةSeismic Data
عينات زمنية نقطية على طول البئر	عينات زمنية مساحية (ثنائية البعد)
تردد عالي يتراوح من 10000-20000 هرتز	تردد ضعيف 5-60 هرتز
دقة عمودية تتراوح من 2 سم – 2 متر	دقة عمودية تتراوح من 15- 100 متر
دقة أفقية تتراوح من 0.5 سم – 6 متر	دقة أفقية تتراوح من 150 – 1000 متر
يتم قياس السرعة العمودية، الكثافة،المقاومة الكهربائية، النشاط الاشعاعي ، الكمون الذاتي، خصائص الصخر ومائع الصخر من العينات البئريةcores	يتم قياس السعة، الطور، الاستمرارية، السرعة العمودية والأفقية
يتم قياس العمق	يتم قياس الزمن



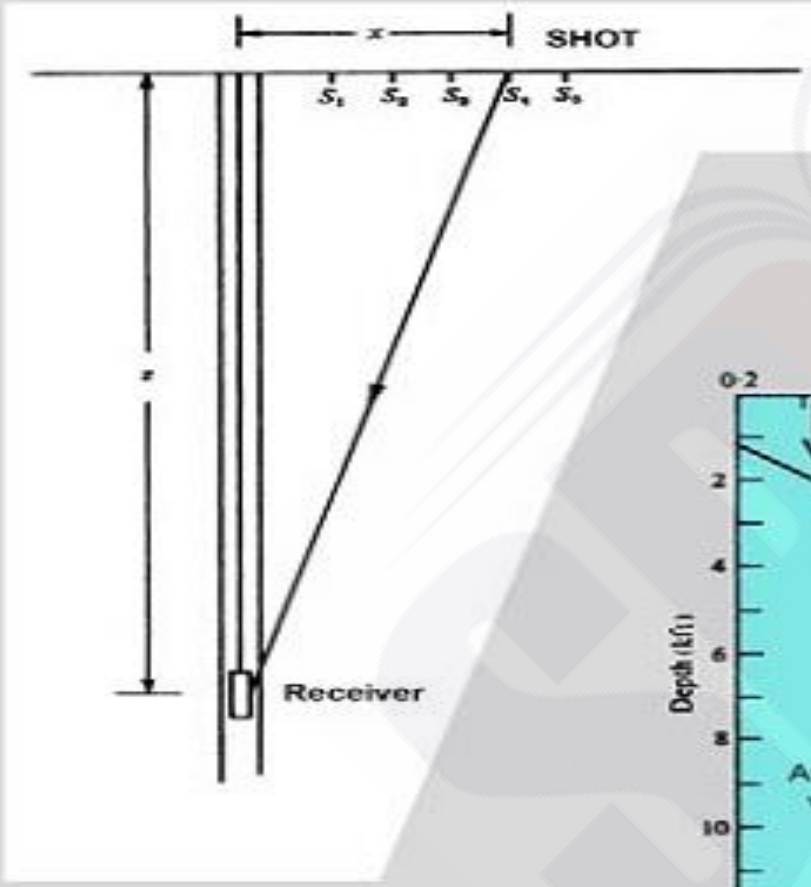
مخطط بياني يبين مراحل الربط بين السيزميك والآبار



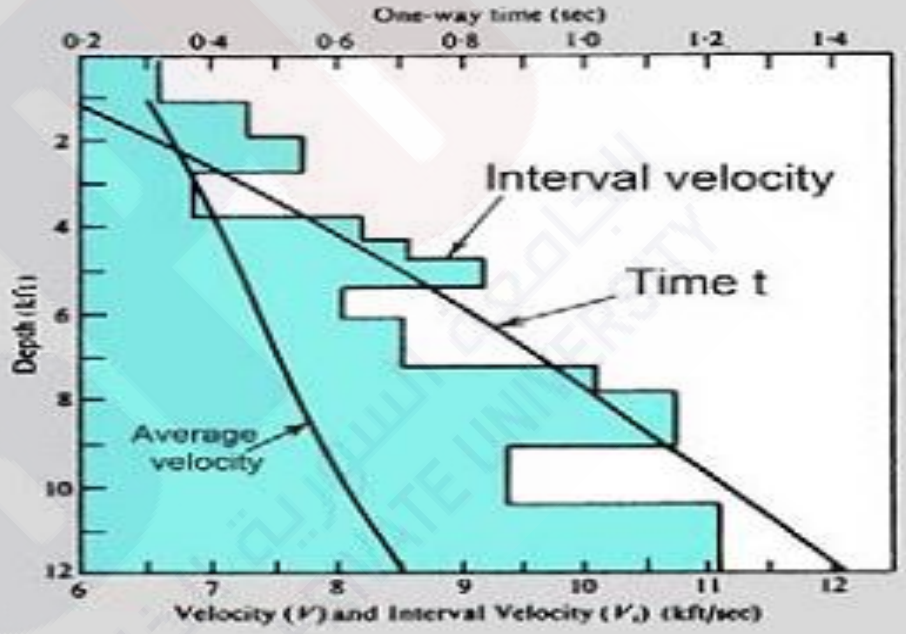
قياسات السرعة في البئر Well velocity surveys
معطيات تفجير (قياس) الاختبار Check Shot Data

- قياسات السرعة في الآبار تعد ضرورية من أجل زيادة الموثوقية في عملية التحويل من الزمن إلى العمق.
- يتم هنا انزال لاقط إلى البئر ويتم تثبيته في جدار البئر ويتم توليد إشارة سيزمية على السطح عند موقع البئر.
- يتم تسجيل نقطة معطيات (زمن وصول) عند جميع مواقع اللاقط، والتي يمكن أن تكون كل 25 أو 50 متر على طول البئر
- بعدها يتم رسم منحني الزمن – العمق (T-Z) من قياسات الزمن والعمق عند نقاط القياس المختلفة.
- يتم الحصول على تابع منحني T-Z مستمر من خلال دمج معطيات القياسات الصوتية مع معطيات المنحني.

WELLSHOOT ACQUISITION SETUP



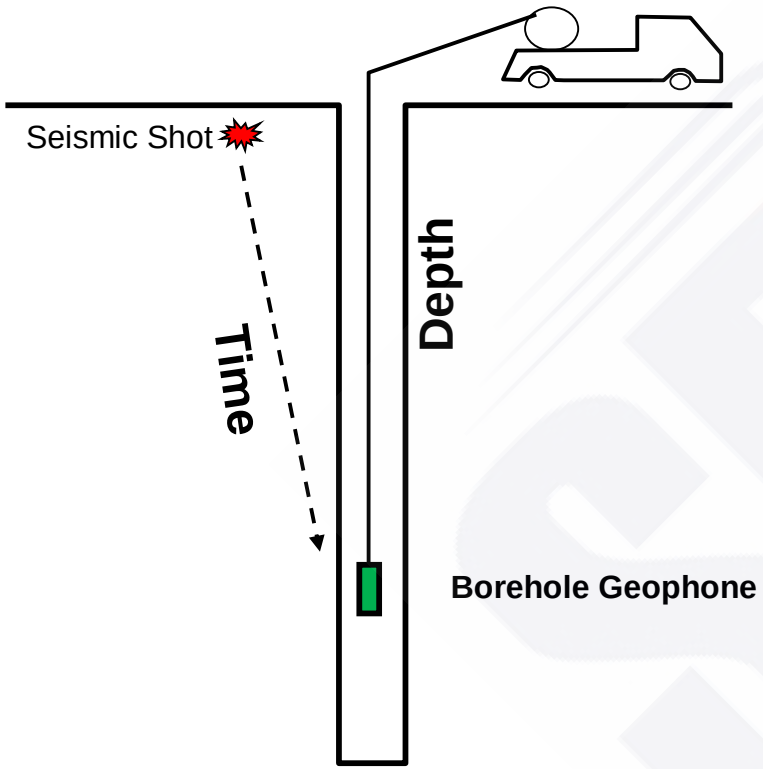
T-Z GRAPH



$$T = T_{measured} \cdot \left(Z / \sqrt{Z^2 + X^2} \right) \qquad V_i = \frac{Zm - Zn}{Tm - Tn}$$

V = the average velocity from surface to depth Z

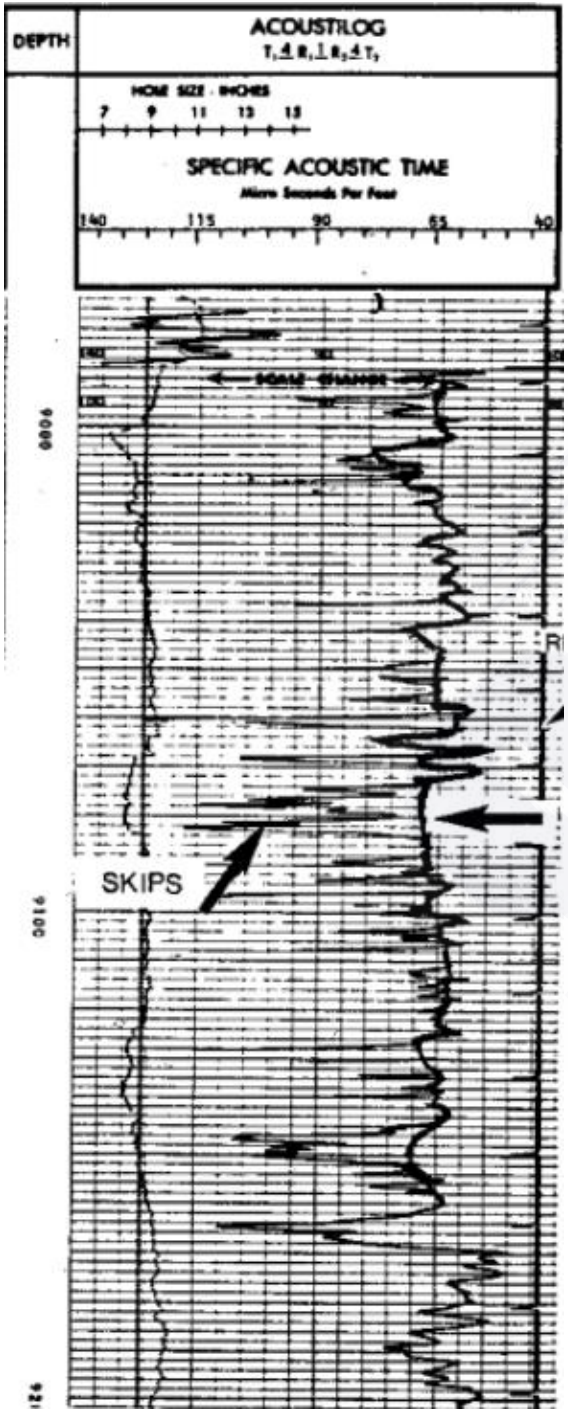
T IN ONE WAY TIME



- تفجيرات الاختبار تقيس الزمن العمودي باتجاه واحد من السطح وحتى أعماق متغيرة (مواقع اللواقط) ضمن البئر.

- يُستخدم لتحديد زمن البداية لأعلى التشكيل على المعطيات السيزمية.

- يُستخدم من أجل معايرة العلاقة بين أعماق البئر وبين الأزمنة المحسوبة من القياسات الصوتية.



➢**القياسات الصوتية:** السرعة يتم هنا حسابها كمقابل للزمن المقاس. مقياس الصوت يتدرج من 40 وحتى 140 ميكرو ثانية/ قدم ، هذا يعني أن السرعة تتغير في المجال .(7500-2143 m/s)

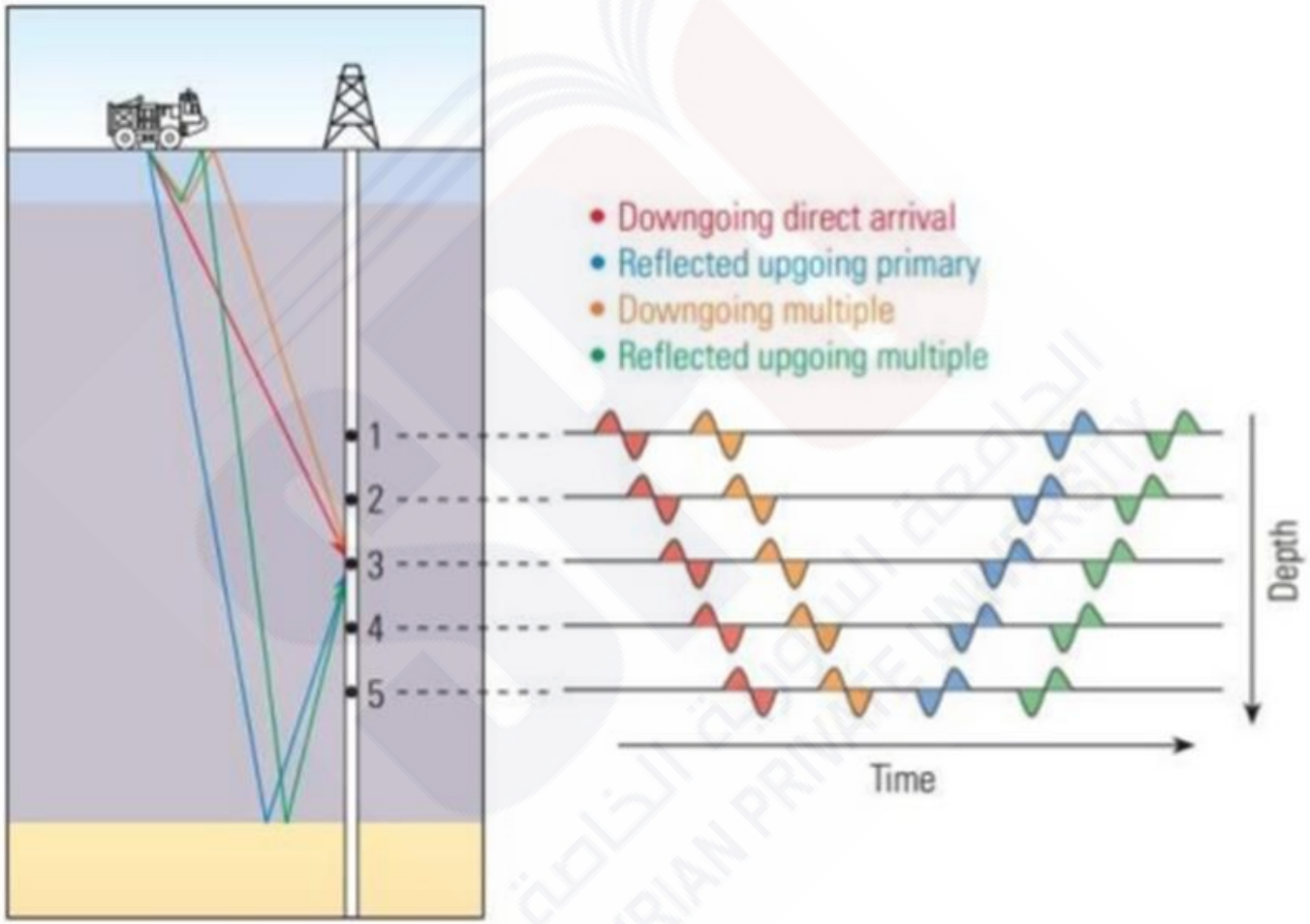
القياس الصوتي يقيس أزمنة الانتقال لإشارة ذات تردد عالي ضمن مسافات عمودية صغيرة. السرعات المجالية حول البئر يتم حسابها من قياسات زمن الانتقال.

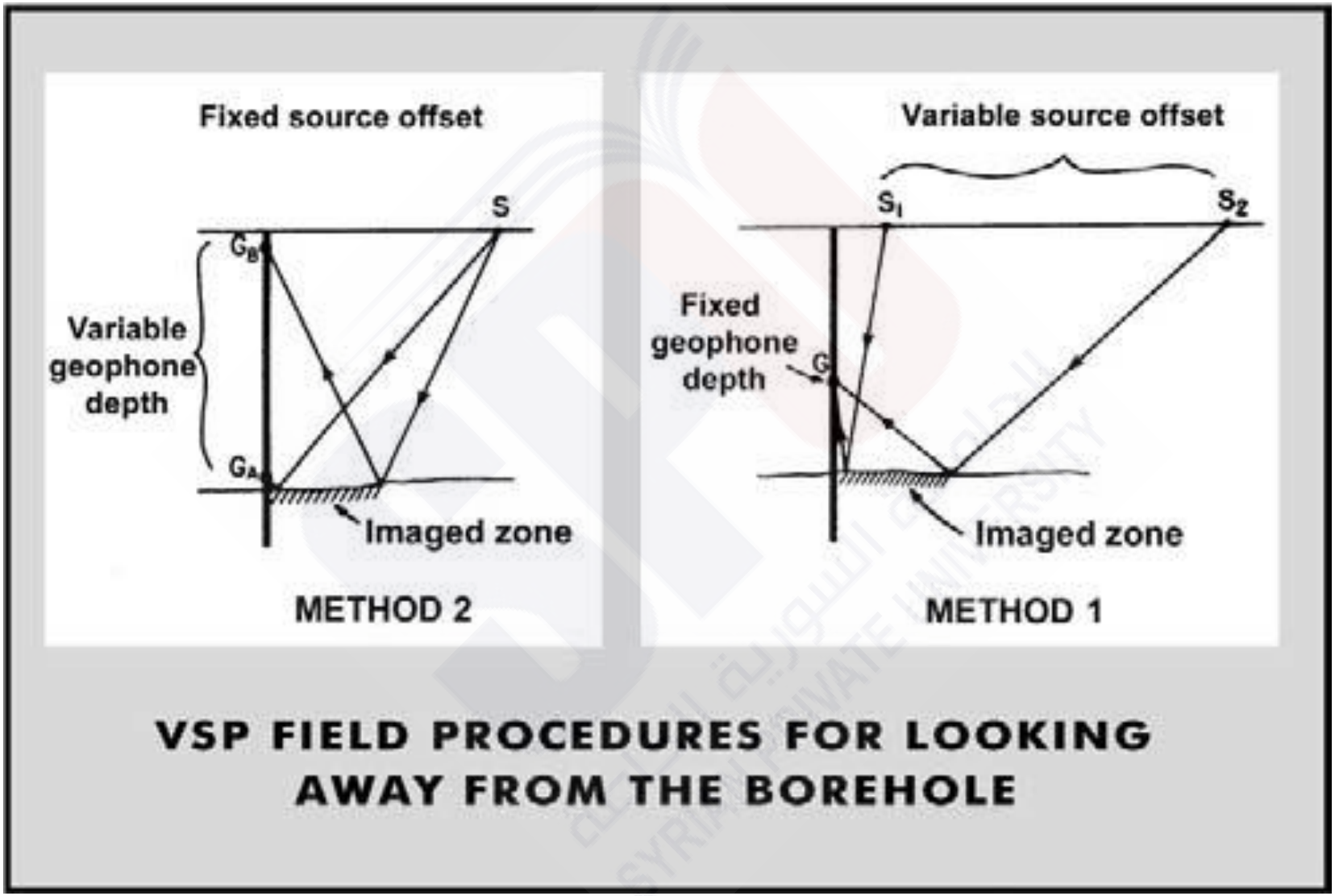
القياسات السيزمية العمودية(VSP (Vertical Seismic Profiling:

القياسات السيزمية العمودية VSP تؤمن أيضاً عملية ربط أفضل بين الآبار والسيزميك (الشكل)، وهنا لا يتم فقط أخذ الوصول الأولي بعين الاعتبار، وانما يتم أخذ كامل الأثر بطول يصل إلى 6 ثانية.

يتم وضع اللواقط في البئر وتثبت في جدار البئر وتتم عملية القياس. ويتم توليد الطاقة (التفجير) عدة مرات من أجل محاكاة المقطع السيزمي وفق هذا التشكيل المحدد للواقط. معطيات قياس السرعة العمودية لا يتم تسجيلها فقط من أجل تحديد زمن الوصول الأولي (كما هو الحال في تفجير الاختبار Checkshot) ، ولكن يتم تحليل كامل الأثر ومعالجته سيزمياً.

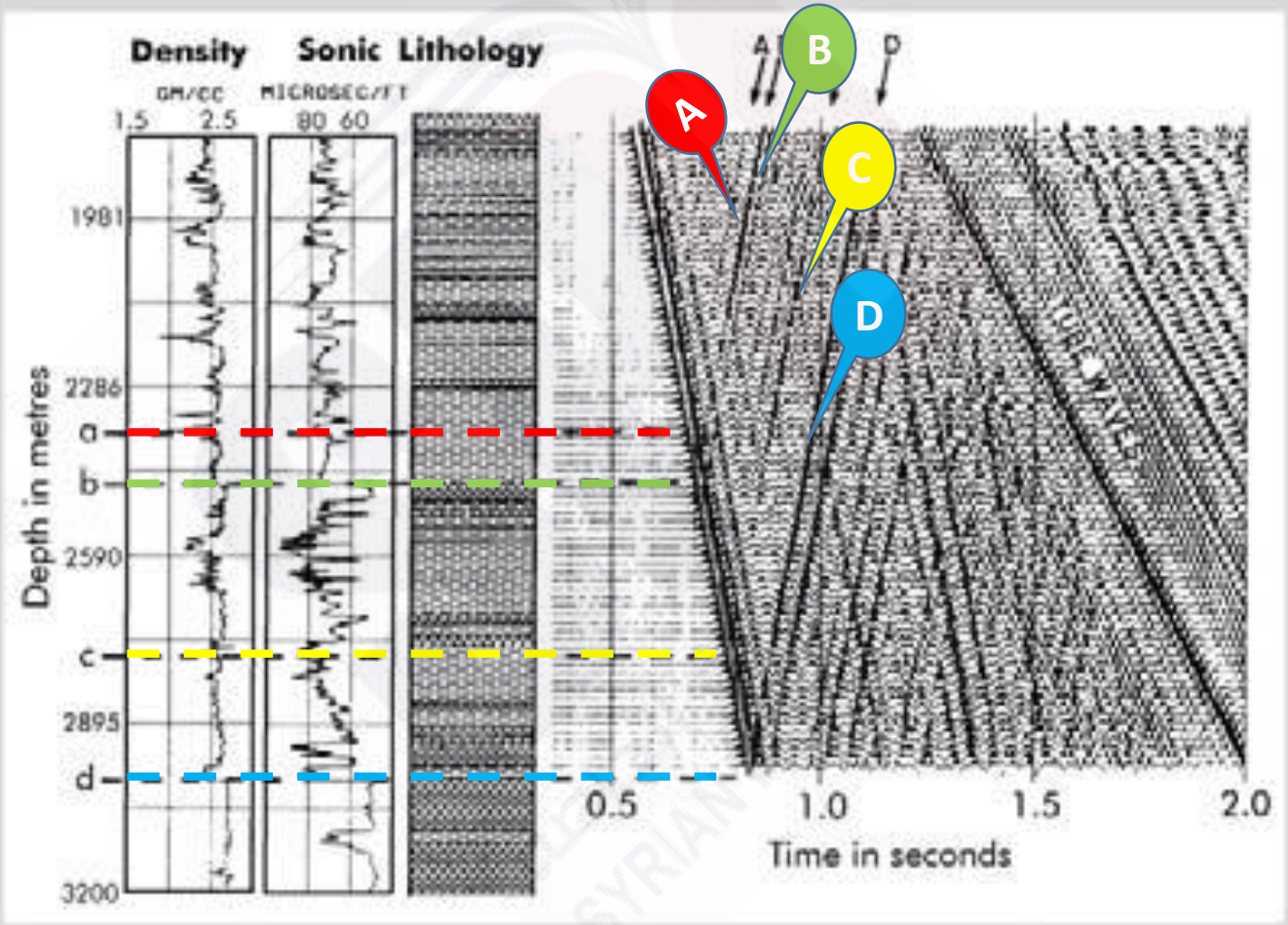
وهنا يتم الأخذ بالاعتبار مقدمات الموجات القادمة upcoming والذاهبة Downgoing.


Downgoing direct arrival
Reflected upgoing primary
Downgoing multiple
Reflected upgoing multiple
1
2
3
4
5
Depth
Time



VSP FIELD PROCEDURES FOR LOOKING AWAY FROM THE BOREHOLE

Well calibration and VSP



مقدمة الموجة القادمة upcoming تتضمن معلومات أساسية عن الجيولوجيا في المحيط المباشر للبئر.

معالجة معطيات القياس العمودي VSP تعطي اثر منفرد يمكن مقارنته مباشرة مع الأثر السيزمي في موقع البئر.

أثر القياس السيزمي العمودي يُعد أفضل للمقارنة مع المعطيات السيزمية الحقيقية من السيسموغرام الاصطناعي الناتج عن عملية الثني، والذي سيتم الحديث عنه لاحقاً. فأثر القياس السيزمي العمودي يعطي عملية ربط أكثر موثوقية مع معطيات البئر (الشكل).

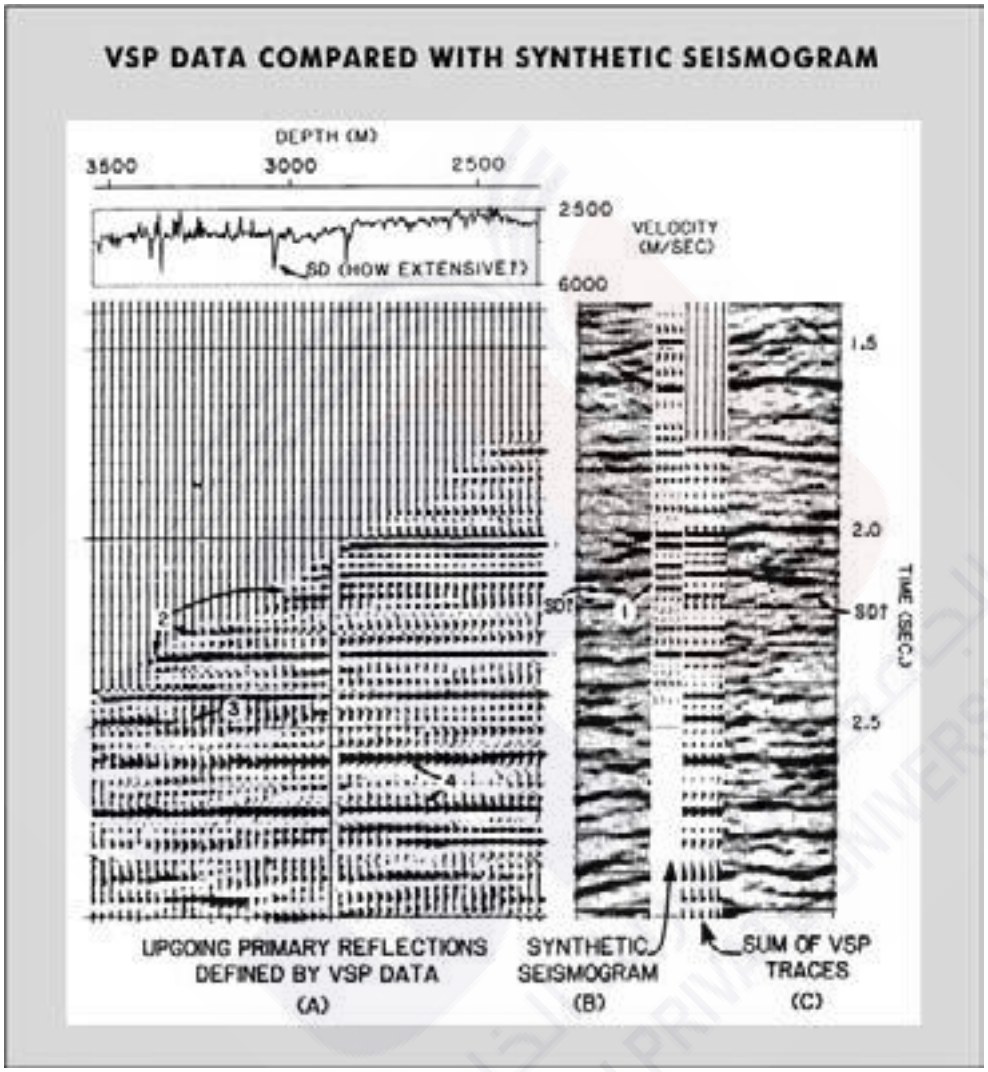


Figure : VSP and synthetic seismogram display for comparison of their resolution. The upgoing waves are separated from the downgoing waves by FK or velocity filtering. The VSP trace (or corridor stack) has a frequency contents that is better comparable to the surface seismic dataset

السيسموغرام الاصطناعي Synthetic seismogram

يعتمد عامل الانعكاس على سرعة و كثافة الصخور المقيستان بالسابرة الصوتية و الكثافة. لذلك يجب أن يقاس هذان المتغيرات في الآبار المحفورة و ذلك لإيجاد علاقة تربط بين هذه القياسات و المعطيات السيزمية السطحية. يدعى الأثر السيزمي المحسوب من القياسات البئرية بالسيزموغرام الصنعي Synthetic seismogram

Synthetic seismogram

يُعد السيسموغرام الاصطناعي أداة ربط هامة بين القياسات البئرية و التسجيلات السيزمية السطحية الفعلية. فهي تفيد في التعرف على الانعكاسات الحقيقية الناتجة عن السطوح الفاصلة بين الطبقات و التي تمثل أعالي التشكيلات الجيولوجية ذات العلاقة مثل تشكيلات الصخر الخازن، والأم و الغطاء...الخ.

تسمح المقارنة بين السيزموغرام الصنعي و المعطيات السيزمية السطحية إلى تمييز و تحديد الانعكاسات أو الحوادث الأولية (و التي بالطبع تحمل معلومات جيولوجية) والانعكاسات المظللة التي لا تحمل أي معنى جيولوجي و المسماة بأمواج الضجيج. فالسيزموغرام الصنعي هو عبارة عن شكل بسيط من الموديل السيزمي، صُنع لكي يحاكي الموديل الواقعي للتسجيلات السيزمية.

السيسموغرام الاصطناعي Synthetic seismogram

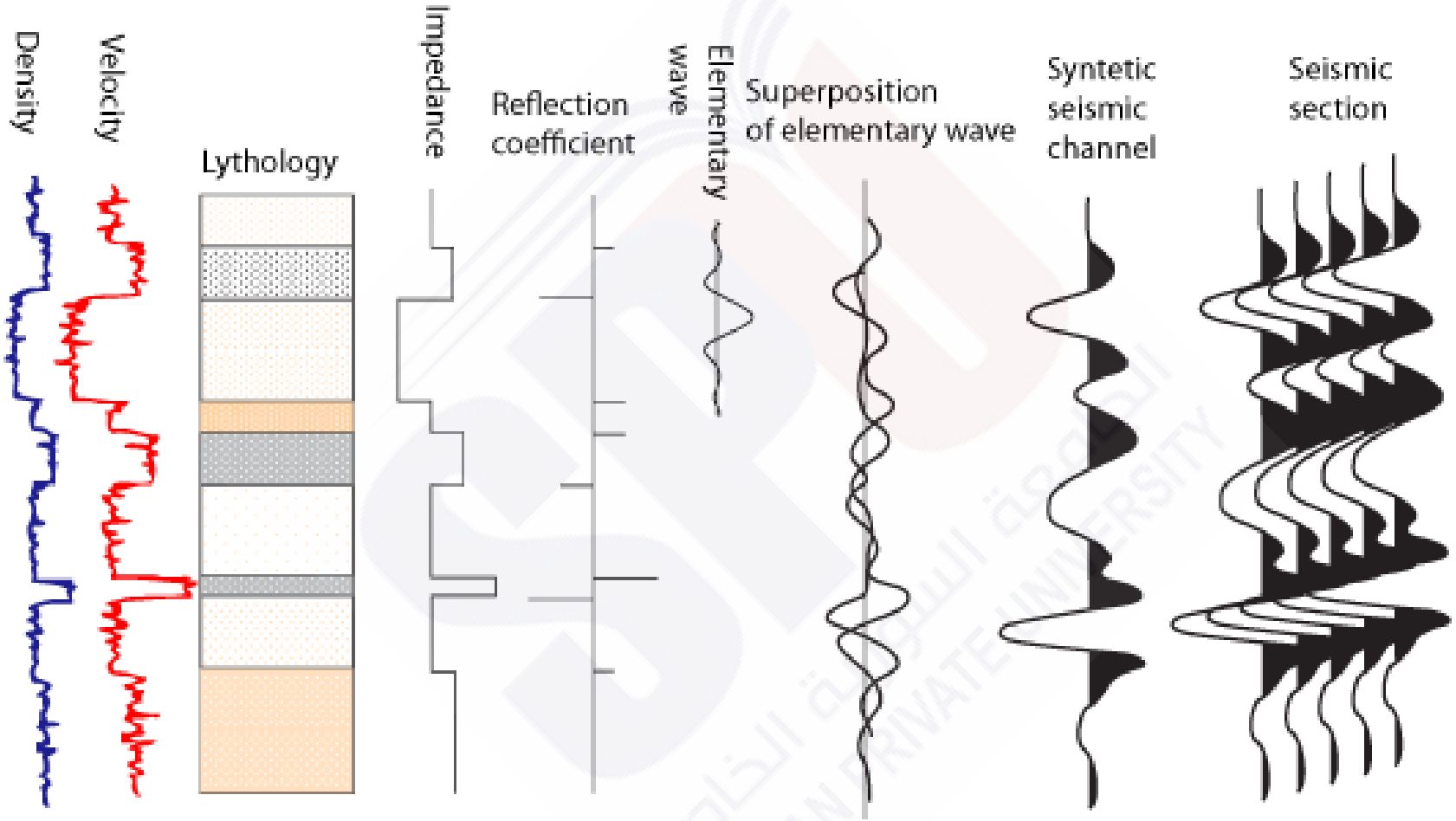
إنشاء السيسموغرام الاصطناعي Creating synthetic seismogram:

في البداية يتم إجراء تصحيحات لقيم القياسات الصوتية بالاعتماد على قياس السرعة المنفذ بطريقة VSP (Vertical Seismic Profile) أو checkshot. بعدئذ تضرب قيم السرعة بالكثافة للحصول على:

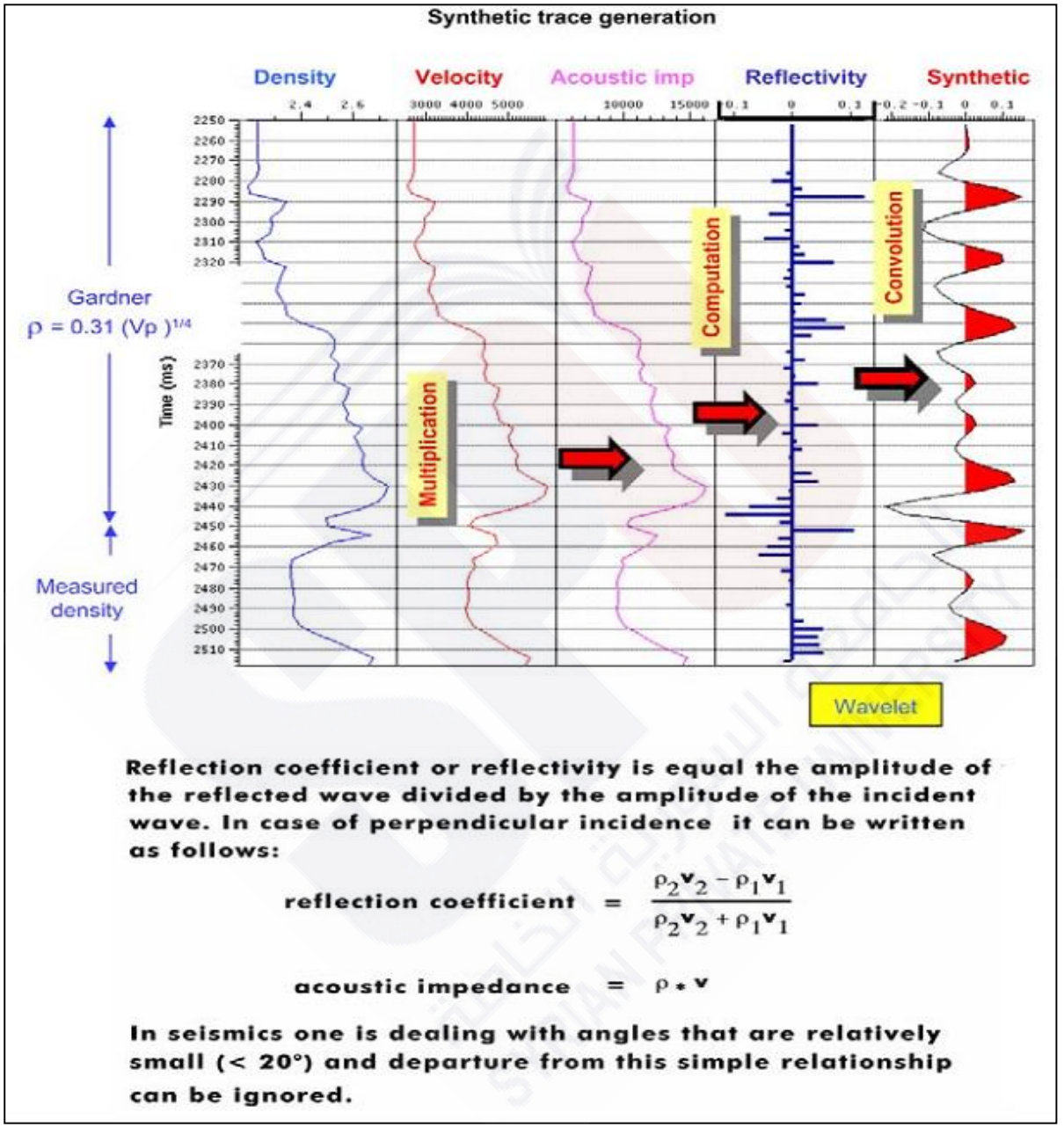
1- تسجيل قياس الممانعة الصوتية للطبقات على طول البئر،

2- تسجيل قياس عوامل الانعكاسReflection Coefficients للسطوح الفاصلة بين الطبقات المحسوبة من قيم الممانعة الصوتية.

بعد ذلك، يتم ثني (Convolution) قيم عوامل الانعكاس مع الموجة السيزمية المفترضة للمنبع Wavelet و التي تمثل بموجة ريكر Ricker ذو الطور الصفري و ذات التردد المسيطر على التسجيلات السيزمية السطحية و الذي يتراوح تقريباً ما بين 30-40 هرتز. وعند ذلك يتشكل السيسموغرام الصنعي (الشكل)



الشكل ( ): مراحل إنشاء السيسموغرام الاصطناعي



Reflection coefficient or reflectivity is equal the amplitude of the reflected wave divided by the amplitude of the incident wave. In case of perpendicular incidence it can be written as follows:

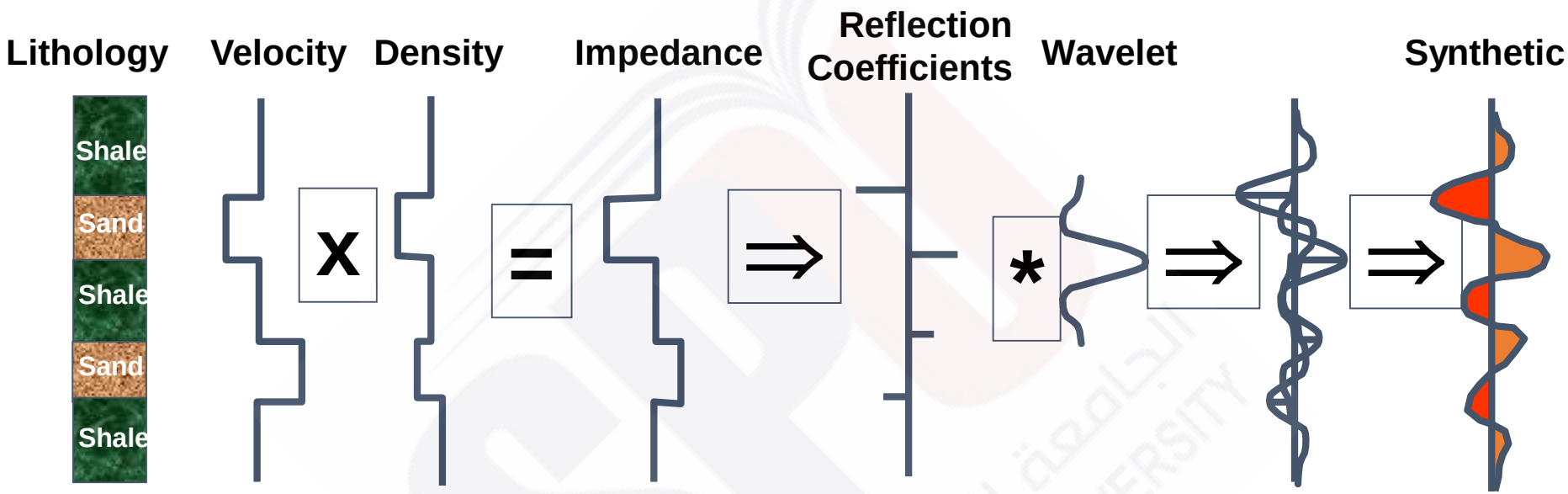
$$\text{reflection coefficient} = \frac{\rho_2 v_2 - \rho_1 v_1}{\rho_2 v_2 + \rho_1 v_1}$$

$$\text{acoustic impedance} = \rho * v$$

In seismics one is dealing with angles that are relatively small (< 20°) and departure from this simple relationship can be ignored.

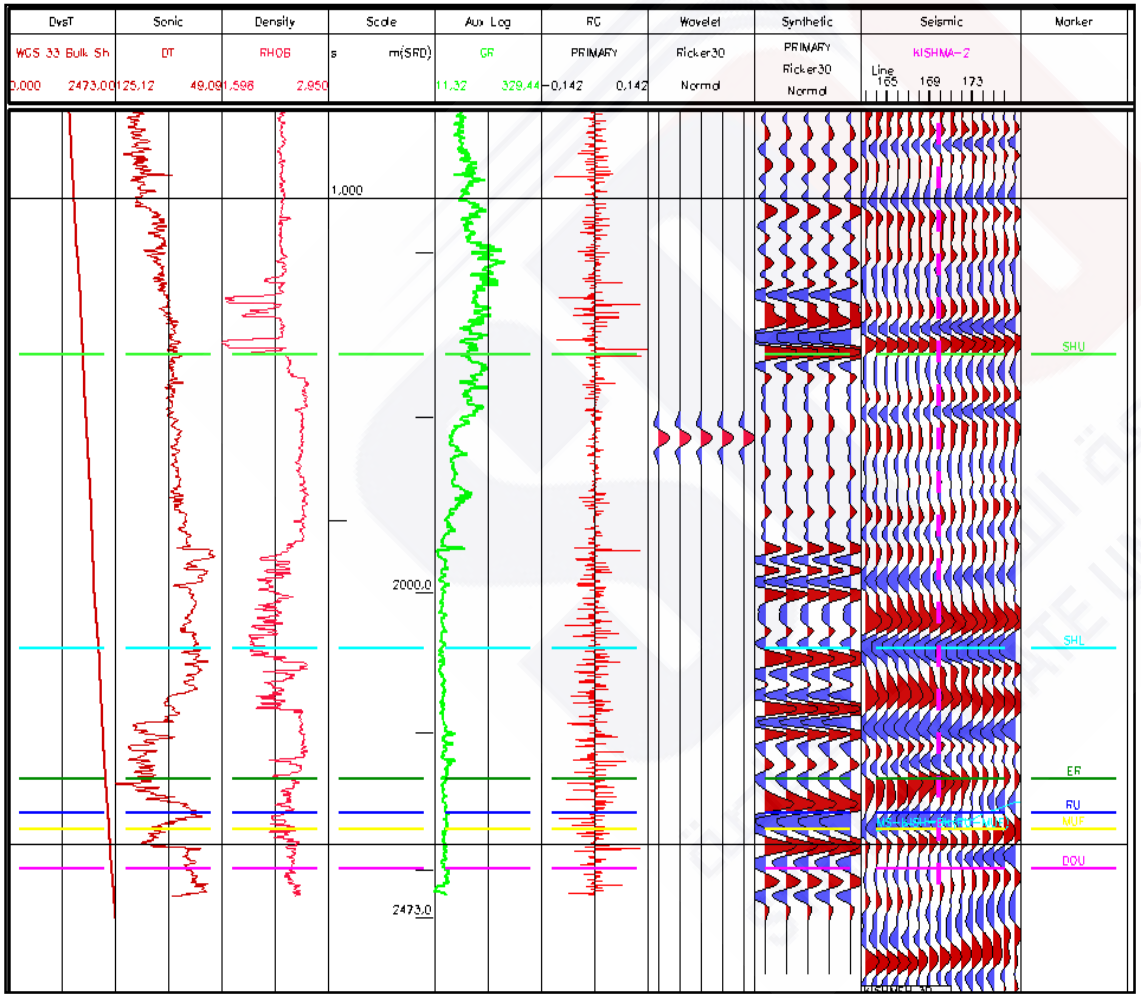
الشكل ( ): مراحل إنشاء السيسموغرام الاصطناعي

The Modeling Process



- WE 'BLOCK' THE VELOCITY (SONIC) AND DENSITY LOGS AND COMPUTE AN IMPEDANCE 'LOG'
- We calculate the reflection coefficients at the step-changes in impedance
- We convolve our pulse with the RC series to get individual wavelets
- Each RC generates a wavelet whose amplitude is proportional to the RC
- We sum the individual wavelets to get the synthetic seismic trace

يتم مقارنة السيزموغرام الصنعي مع المعطيات السيزمية السطحية مع تحريك السيزموغرام الصنعي باتجاه الأعلى أو الأسفل حتى يتم أفضل تطابق بينهما الشكل ( )

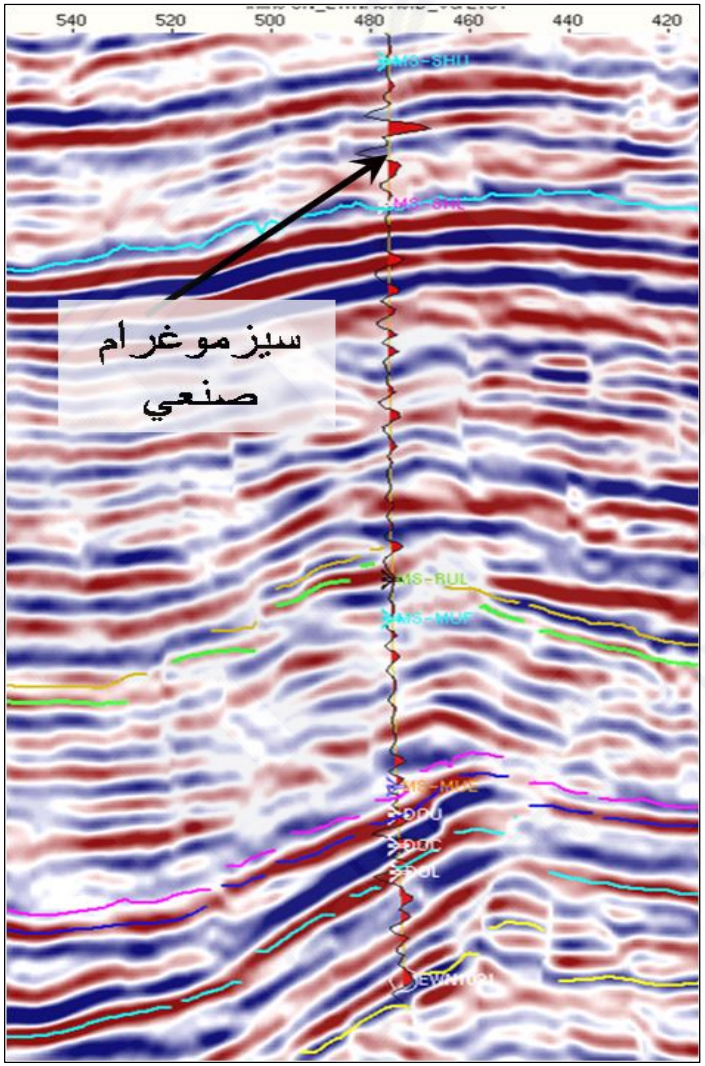


الشكل ( ): سيسموغرام اصطناعي في أحد آبار الكشمة الواقع في منخفض الفرات. يظهر مقارنة بين المعطيات السيزمية السطحية (إلى اليمين من الشكل) و السيزموغرام الصنعي (المجاور للمعطيات السيزمية) الناتج عن التسجيلات الصوتية و الكثافة، و يشاهد تطابق الانعكاسات الممثلة لأعالي التشكيلات المختلفة.

إن المشكلة الأساسية في صنع السيزموغرام الصنعي هو أن المعطيات المدخلة لا تكون دائماً كاملة. غالباً ما تكون معطيات الكثافة و السرعة الموثوقة ناقصة على كامل البئر لأسباب كثيرة مثل التغليف المعدني و عمليات الحقن الإسمنتي لبعض مجالات البئر...الخ.

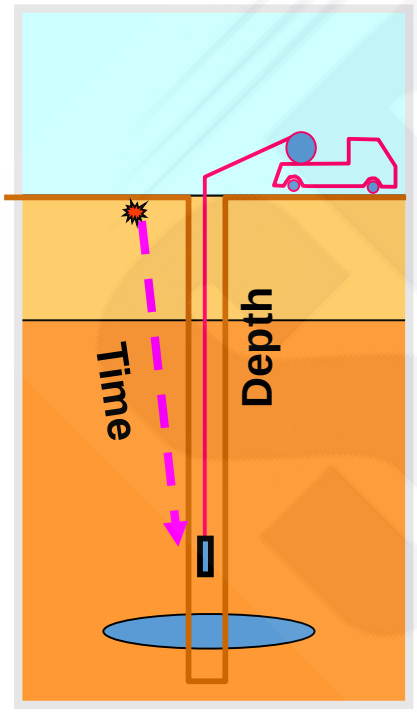
لذلك لا يمكن على الدوام خلق و انشاء سيزموغرام صنعي لكل الآبار المنفذ فيها قياسات بئرية. و الجدير بالذكر يمكن إضافة تسجيلات بئرية أخرى لدعم الربط بين معطيات البئر و المعطيات السيزمية السطحية مثل قياسات قطر البئر و هو مهم جداً للتعرف على الصخور القاسية و الطرية، و قياسات SP للتعرف على التشكيلات الغضارية، و قياسات GR للتعرف على الصخور النارية و الغضارية...و غيره.

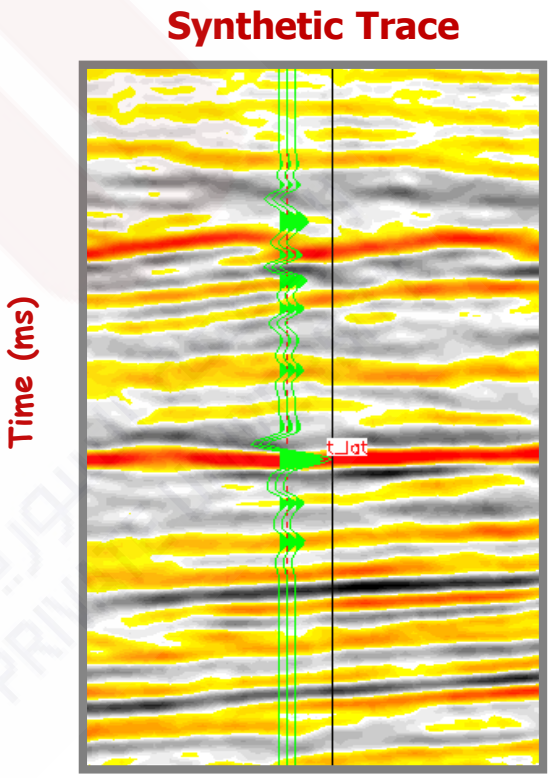
Synthetic seismogram



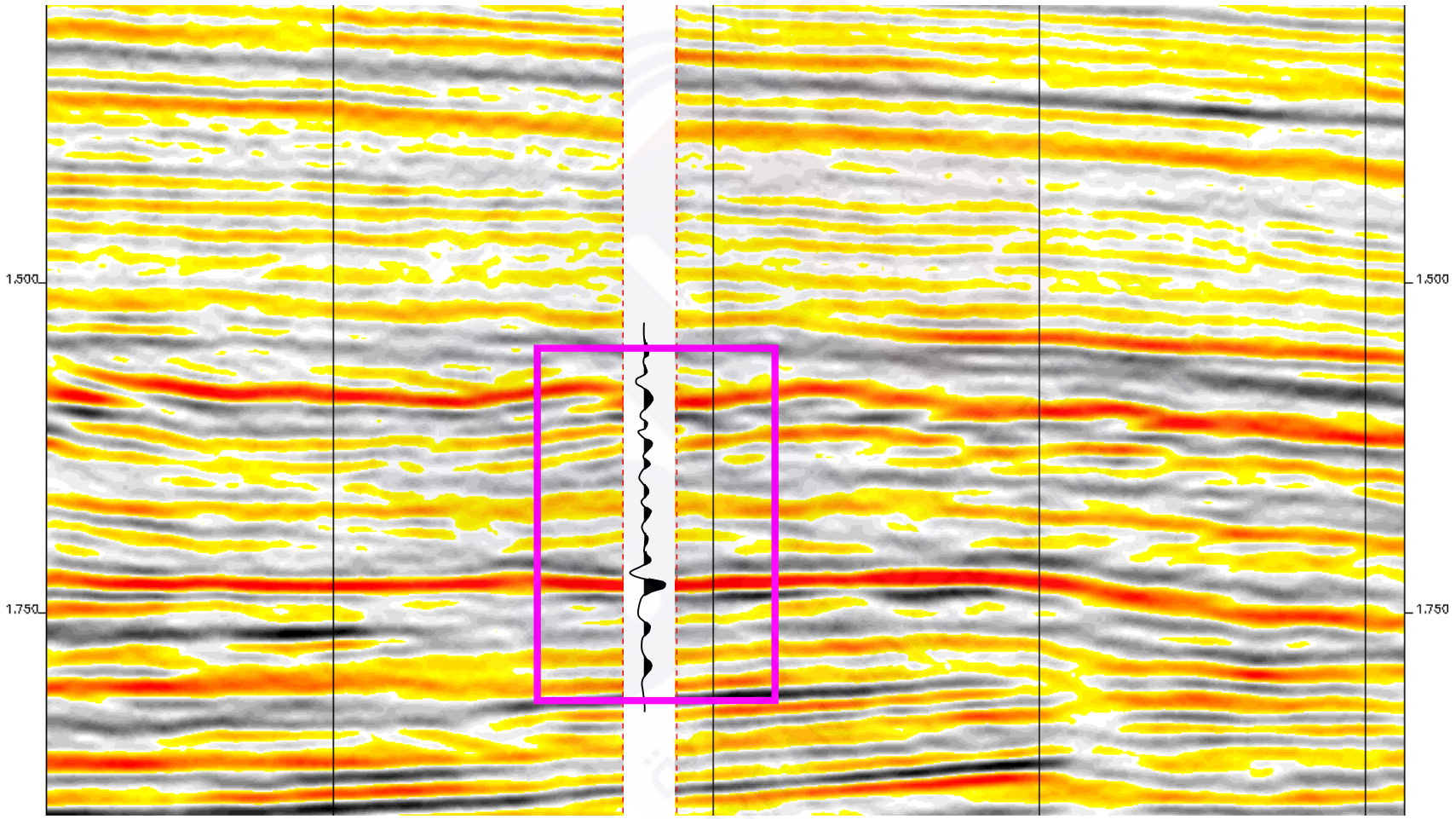
الشكل ( ):يظهر تطابق السيزموغرام الاصطناعي (الخط الزيكزاك) مع معطيات السيزمية السطحية.

معلومات الآبار تكون أساسية من أجل معايرة الجزء العميق من باطن الأرض





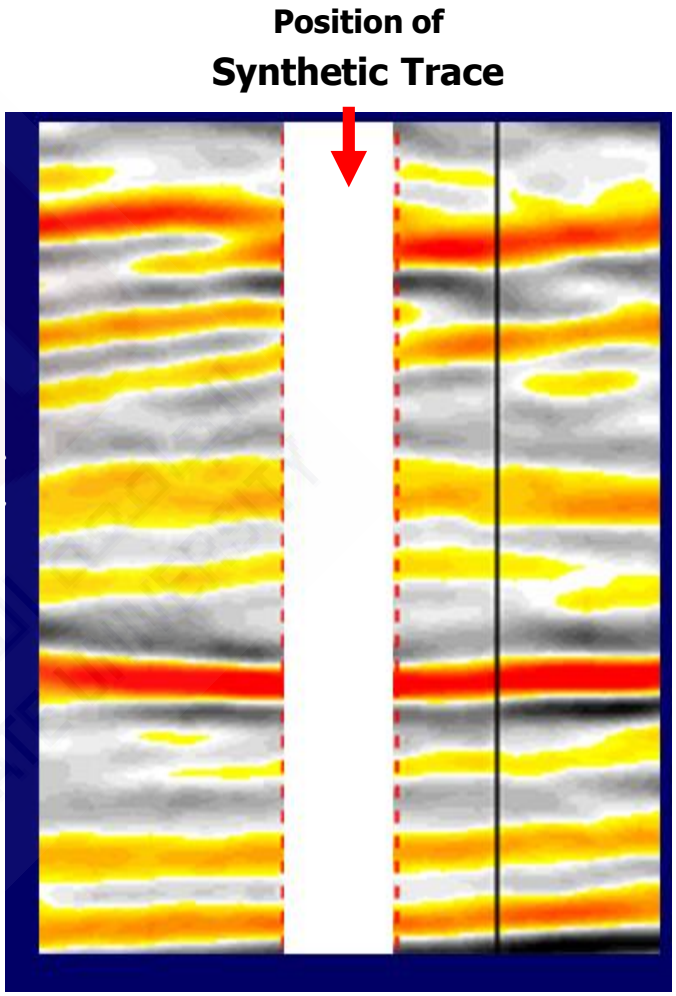
Our Example



ربط السيسموغرام الاصطناعي مع معطيات السيزميك

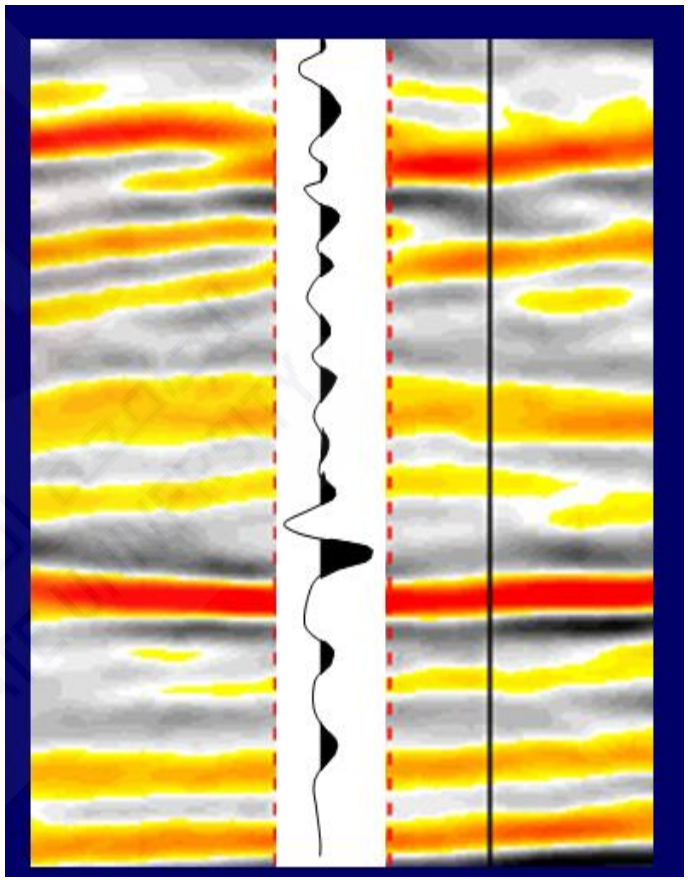
Position synthetic trace on seismic line.

Project synthetic along structural or stratigraphic strike if well is off line



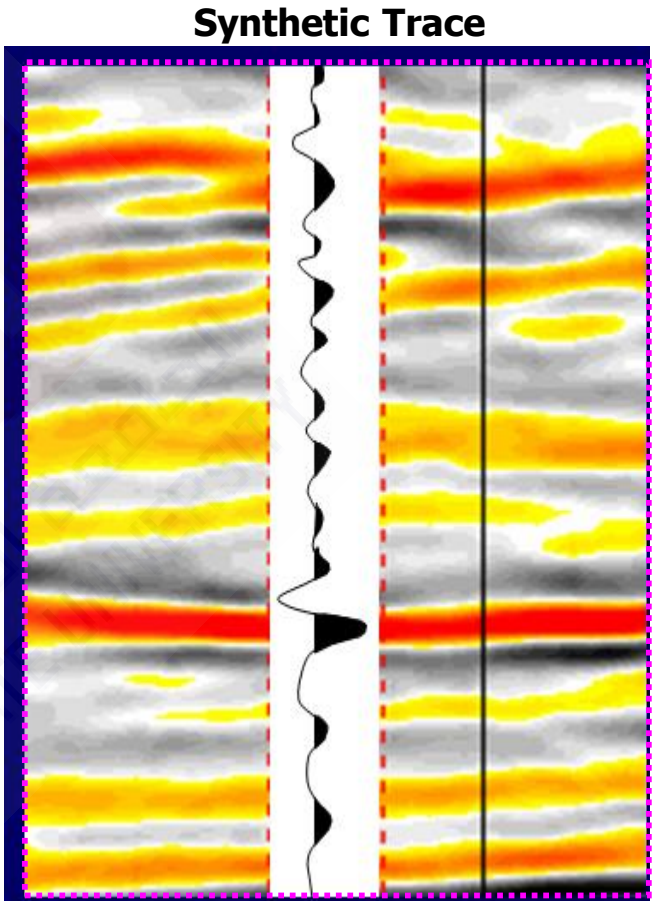
Tying Synthetic to Seismic Data

- Position synthetic trace on seismic line.
  - Project synthetic along structural or stratigraphic strike if well is off line
- Reference datum of synthetic to seismic data (usually ground level or seismic datum)
  - Without check shots estimate start time of first bed



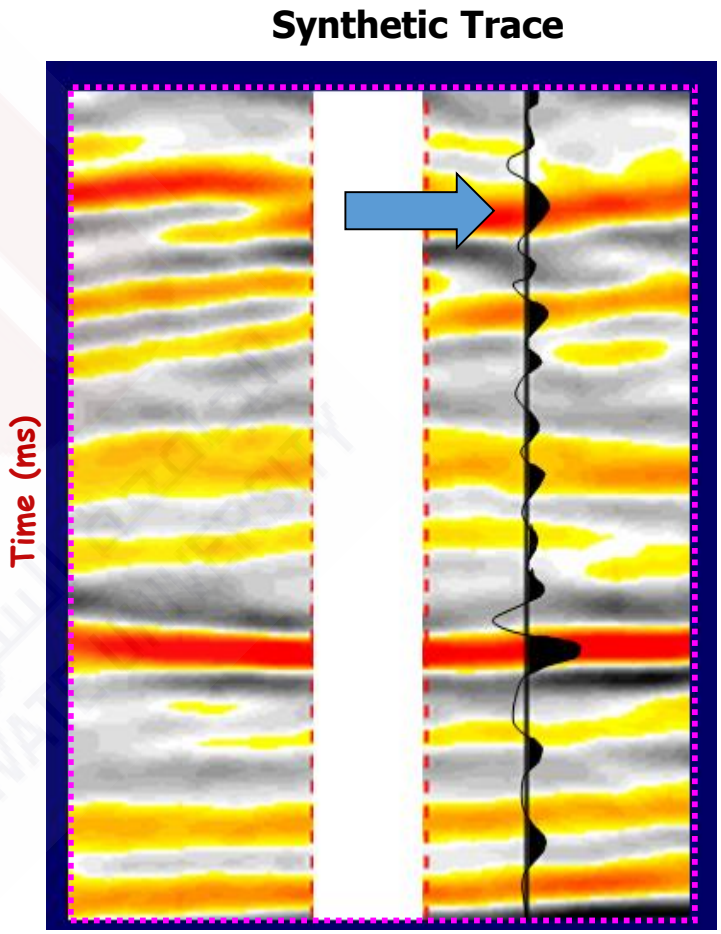
Tying Synthetic to Seismic Data

- Position synthetic trace on seismic line.
  - Project synthetic along structural or stratigraphic strike if well is off line
- Reference datum of synthetic to seismic data (usually ground level or seismic datum)
  - Without check shots estimate start time of first bed
- Shift synthetic in time to get the best character tie
  - Use stratigraphic info on detailed plot to help determine the best fit.



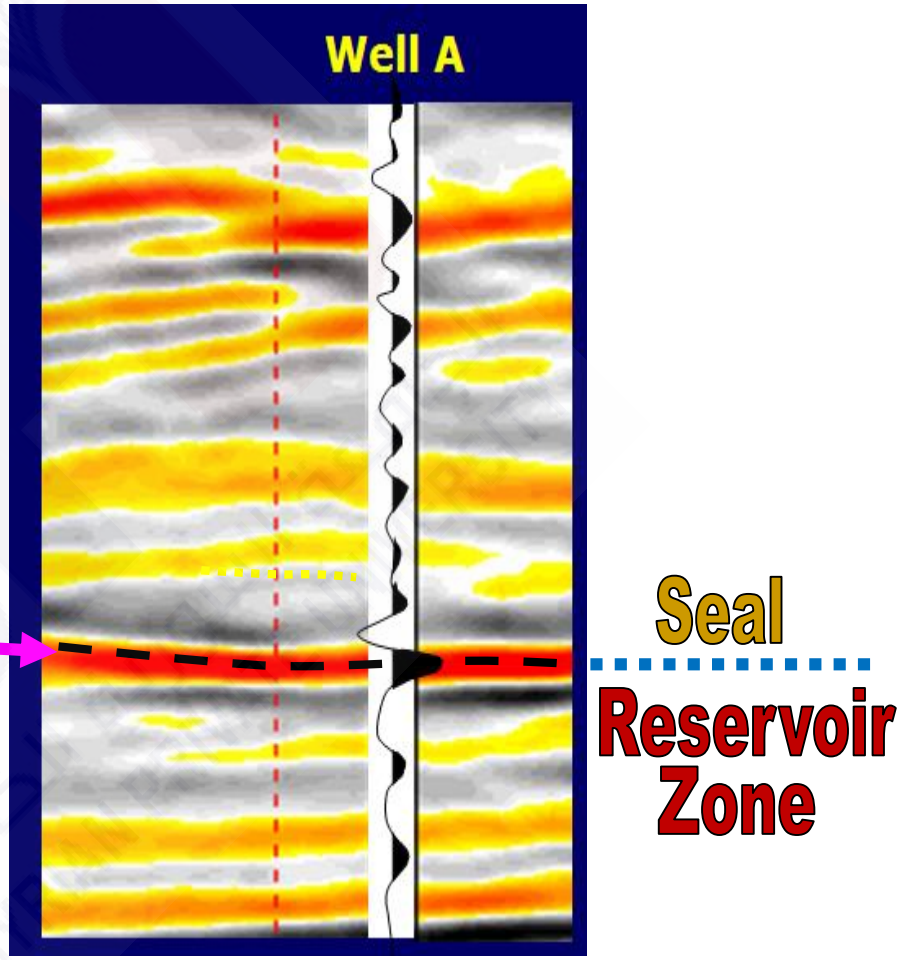
Tying Synthetic to Seismic Data

- If justified, shift synthetic laterally several traces to get the best character tie
- Character tie is more important than time tie
  - We can use a cross-correlation coefficient as a measure of the quality of the character tie



Tying Synthetic to Seismic Data

- **Accept the tie that yields best character tie with least time shift in the zone of interest (reservoir)**



The top of the reservoir should be mapped on this peak (red)

شكراً لإصغائكم