الجـــــس:

عبارة عن تسجيل الصفات الفيزياوية للصخوربدلالة عمق البئر المحفورة ، بالاضافة الى تسجيل الصفات الفيزياوية يسجل نوع المائع سواءا كانت ماء او هيدروكربونات .

تتم عملية الجس بواسطة اجهزة خاصة تتكون من الحاسبة وعربة و معدات تنزل الى داخل البئر . تجري عملية الجس عادة بعد انتهاء من الحفر اي قبل التبطين (casing) وخاصة مجسات ذات التجاوين المفتوحة (open

hole) ، معظم المجسات تجري على مسافة معينة خاصة المنطقة المكمنية اوعند ملاحظة الشواهد النفطية . يعتمد اختيار المجس على ما تامل من ايجاده.

بعض المجسات تنزل الى التجويف من الوسط (centerelized)مثل sonic ، DLL، بعض الاخر يلصق باحد اطراف جدار البئر(eccentrelized) مثل (نيوترون ، كثافة).

لماذا جس الابار ضروري :-

هناك ثلاث طرق للحصول على معلومات تحت السطحية;Subsurface :-

١- Mudlogging يتم بواسطة اخذ عينات sample من الفتات التي يخرج بواسطة السائل الحفر الى السطح . لكن لايمكن الاعتماد عليه بصورة مطلقة لانه مرات عديدة لا يمثل العمق المطلوب ، كذلك بسبب caving يختلط نماذج من عمق مع اخر .

٢- Coring اخذ نماذج اللباب يمثل العمق المطلوب و لكن هناك مساوئين اولهما غالي التكلفة و ثانيا اللباب لا يمثل نفس الحالة من درجة الحرارة و الضغط الموجودان في المكمن

٣- Logging وهي الطريقة الثالثة لاخذ المعلومات التحت السطحية ممكن الحصول على معلومات وافية وبكلفة قليلة . المجسات لا يعطينا المعلومة مباشرة بل يحتاج الى تفسيرinterpretation . لذا تقسم العاملين في مجال الجس الى نوعين operation وهم يقومون بعملية الجس في الحقل وinterpretation وهم يقومون بتفسير المجسات في المكتب .

اهداف الجس :-

١- تحديد الصخارية lithology

٢- تحديد الصفات المكمن من حيث المسامية والنفاذية والتشبع المائي

٣- التميز بين صخور المكمن و غيره

٤- تحديد النوع المائع الموجود بين مسامات صخور المكمن سواء اكانت نفط او غاز او ماء

٥- تحديد المنطقة المنتجة productive zone

٦- تحديد العمق وسمك المنطقة المنتجة

٧- تحديد مستويات التماس بين الغاز ونفط و ماء O.W.C، G.O.C

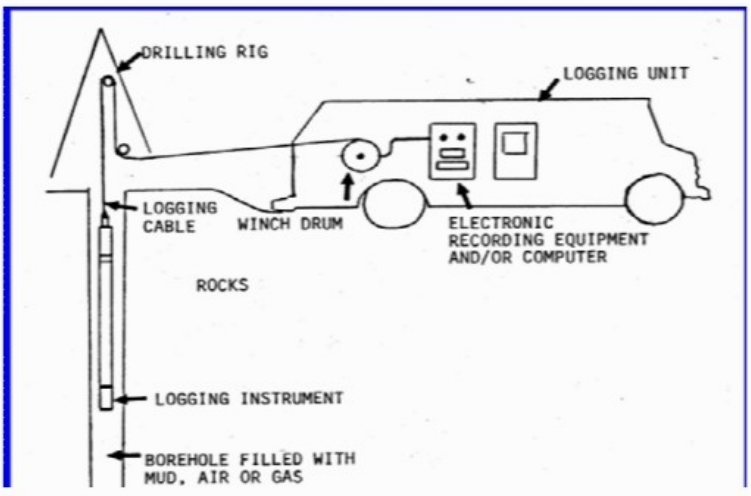
٨- المضاهاة بين الابارcorrelation

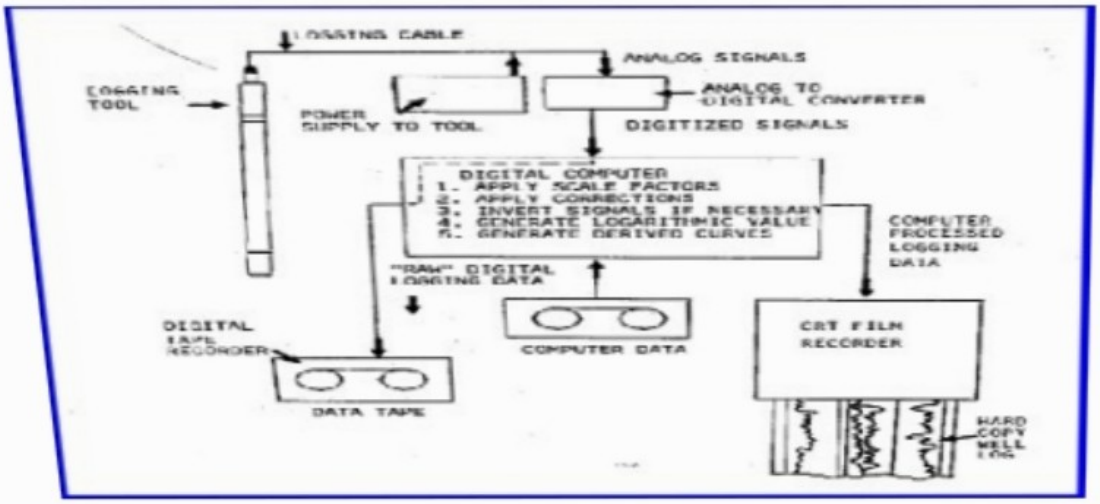
٩- حساب ميل التكوين

تقسم wirline logging الى قسمين :-

أ- تجهيزات خارج التجويف uphole instrument تحتوي على البرج و وحدات الجس مثل الحاسبة والسيارة و الرافعة

ب- تجهيزات داخل التجويف down hole instrument تحتوي على الكيبل وsonds .





سجل المعلومات العائدة للصخور على فلم او ورق يحتوي على جزئين من log header

الشركة العربية لحفر الآبار

AWLCO

B.H.C. SONIC LOG

FILING NO.

1:200
1:500

COMPANY N.P.O. (91)

WELL A2-29

FIELD AIN-ZALAH

COUNTY _____ STATE IRAQ

LOCATION: N: 4067 743.3 M
E: 286 180.6 M

SEC _____ TWP _____ RGE _____

Other Services:
DLL/MS
CDL/CN
FED
CBL/VDL

Permanent Datum K
Log Measured from K.B
Drilling Measured from K.B

Elev. _____
Ft. Above Perm. Datum

Elev.: K.B 47
D.F 47
G.L 47

Date	16-1-87			
Run No.	FOUR			
Depth—Driller	4900 M			
Depth—Logger	4897.6 M			
Bottom Logged Interval	4893.5 M			
Top Logged Interval	4244 M			
Casing—Driller	4245 @ 7"	@	@	@
Casing—Logger	4244			
Bit Size	6"			
Type Fluid in Hole	F.W.B			
Density and Viscosity	1.25 | 58			
pH and Fluid Loss	10 | 4.4 cc	cc	cc	cc
Source of Sample	F.L.			
Rm @ Meas. Temp.	0.7 @ 57 °F	@ °F	@ °F	@
Rmf @ Meas. Temp.	0.57 @ 54 °F	@ °F	@ °F	@
Rmc @ Meas. Temp.	0.95 @ 57 °F	@ °F	@ °F	@
Source of Rmf and Rmc	Mcs. | Mcs.			
Rm @ BHT	0.15 @ 266 °F	@ °F	@ °F	@
Time Since Circulation: End Circulation	12:00	15-1-87		
Time Since Circulation: Logger on Bottom	19:17			
Max. Rec. Temp. Deg. F.	260 °F	°F	°F	
Equip. No. and Location	104 | KIK			
Recorded By	FAIZ			
Witnessed By	ARAWI | ARCO			

٤- نوع الطين

٥- مقياس صفات الطين

٦- مقاومة الطين RM ومقاومة راشح الطين RMF ومقاومة كتلة الطين RMC

في الغلاف هناك نوعان من قراءات العمق قراء العمق في الجس depth Logger وعمق الحفر depth driller والاختلاف من ٢٥ سم الى متران وهذا يعود الى تمدد الكيبل وهناك chat لتصحيح هذا الفرق .

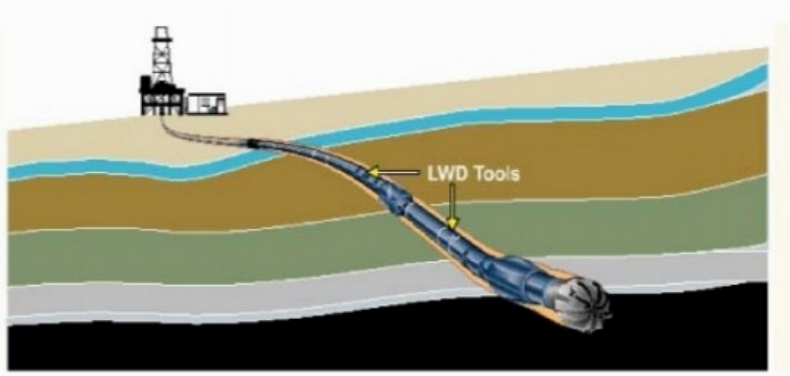
صممت كل اجهزة جس لقطر معين اذا زادت او نقصت يؤثر على قراءة الجهاز . الحد الادنى لحجم التجويف هو ٦ انجات والحد الاقصى لقطر التجويف صعب تحديده (بعض المجسات مثل نيوترون و density و dipmeter لها سبرينك و ذراع يفتح لحد ٢٠ انج .

معظم tools للمجسات يقاوم ضغط لحد 20000 psi و درجة حرارة 350 F اذا زادت هذه القيم هناك ادوات اخرى للقيام بنفس العملية .

عند انزال tools للمجسات ينزل عدة ادوات في ان واحد مثلا caliper + gama +density + neutron الهدف هو لعدم صرف وقت اكثر .

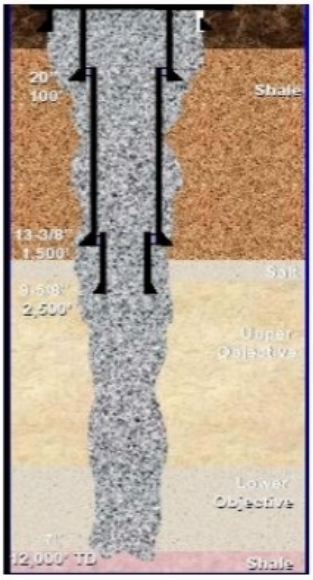
-: LWD logging while drilling

عبارة عن عملية الجس اثناء الحفر يتم هذه بربط الجهاز الجس مع جهاز الحفر ويستخدم هذا خاصة في الابار المائلة او الافقية deviated or horizontal

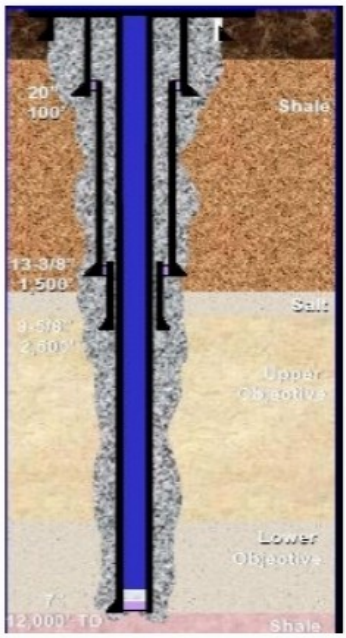


تجري عملية الجس في الحالتين :-

١- الابار المفتوحة open hole

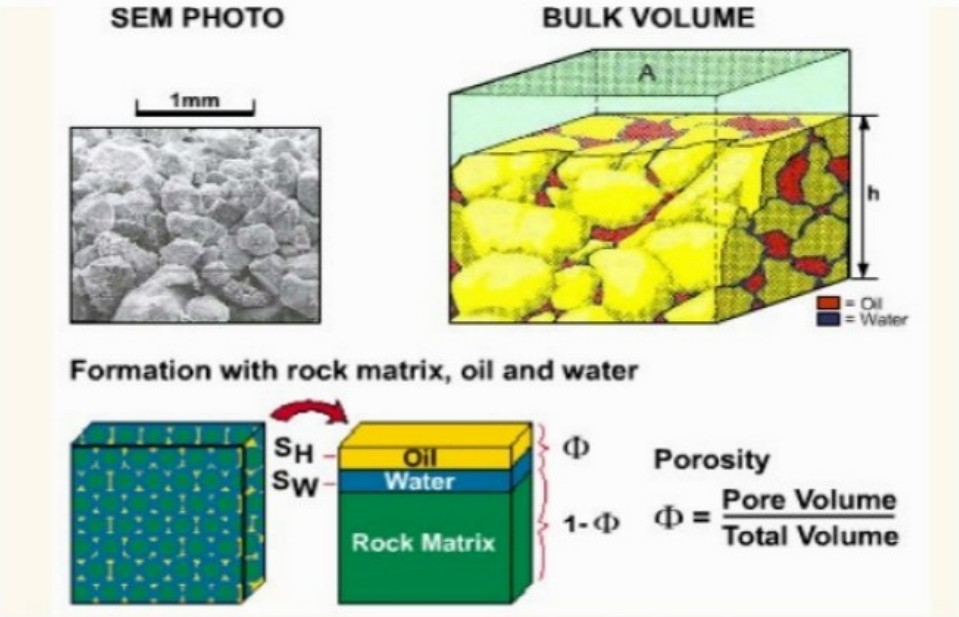


٢- الابار المبطنة cased hole



قبل الخوض في الحديث عن المجسات وانواعه هنالك بعض المصطلاحات من الضروري التطرق اليهم :-

١- المسامية :- عبارة عن حجم المسامات على الحجم الكلي للصخرة . توجد الموائع في داخل المسامات سواء كانت نفط او ماء او غاز

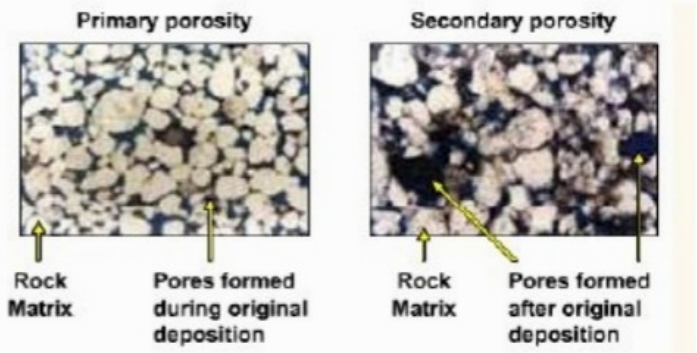


تقسم المسامية الى نوعان :

المسامية الاولية :- عبارة عن المسامية التي يتكون وقت الترسيب .

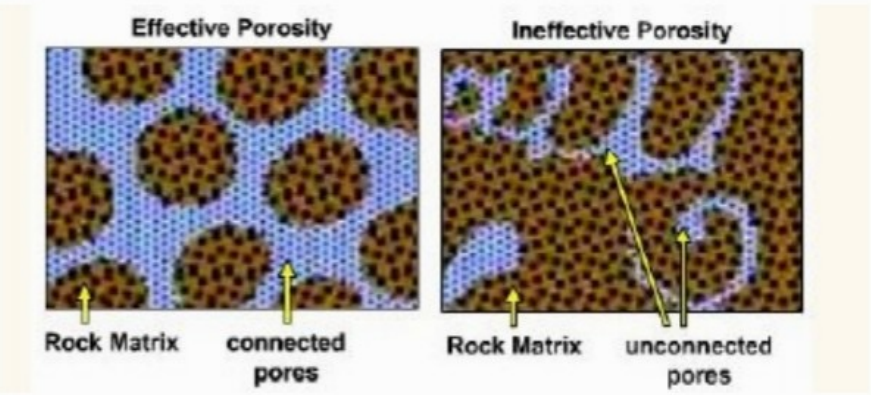
المسامية الثانوية :- عبارة عن المسامية التي تكون بعد الترسيب بفعل العوامل التكتونية او التحويرية Tectonic or diageneces

وتصنف المسامية حسب مدى جريان السوائل flowing فيها الى نوعين :



المسامية الفعالة effective porosity عبارة عن المسامية المتصلة يمكن للسوائل الجريان فيها مثل دولومايت متشقق

المسامية غير فعالة ineffective porosity عبارة عن المسامية الغير المتصلة ولا يمكن للسوائل الجريان فيها مثل shale



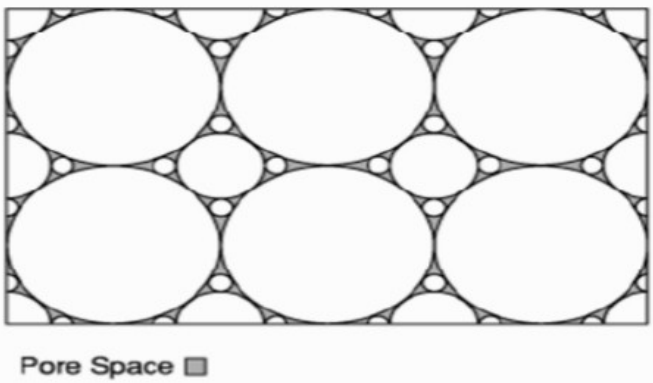
العوامل المؤثرة على المسامية :-

١- Packing

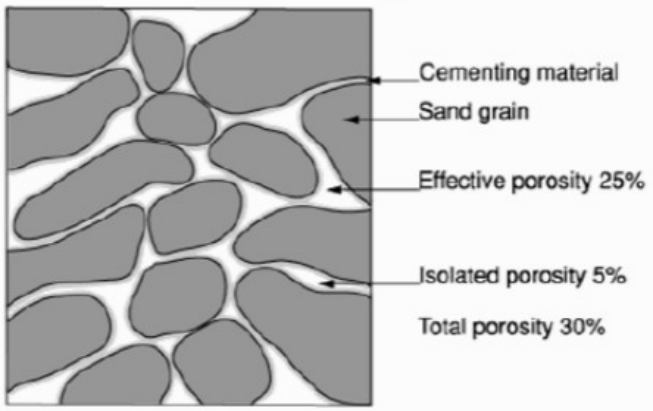
Column stacking
Porosity = 47.6 %

Close packing
Porosity = 25.9 %

٢- Sorting



٣- Cementing



تتوزع المسامية في الصخور على نحو التالي :-

35-45 %unconsolidated sand(young)

20-35 %consolidated sand

15-20 %strong sand (low permaible)

5-20 %limestone

10-30 %dolomite

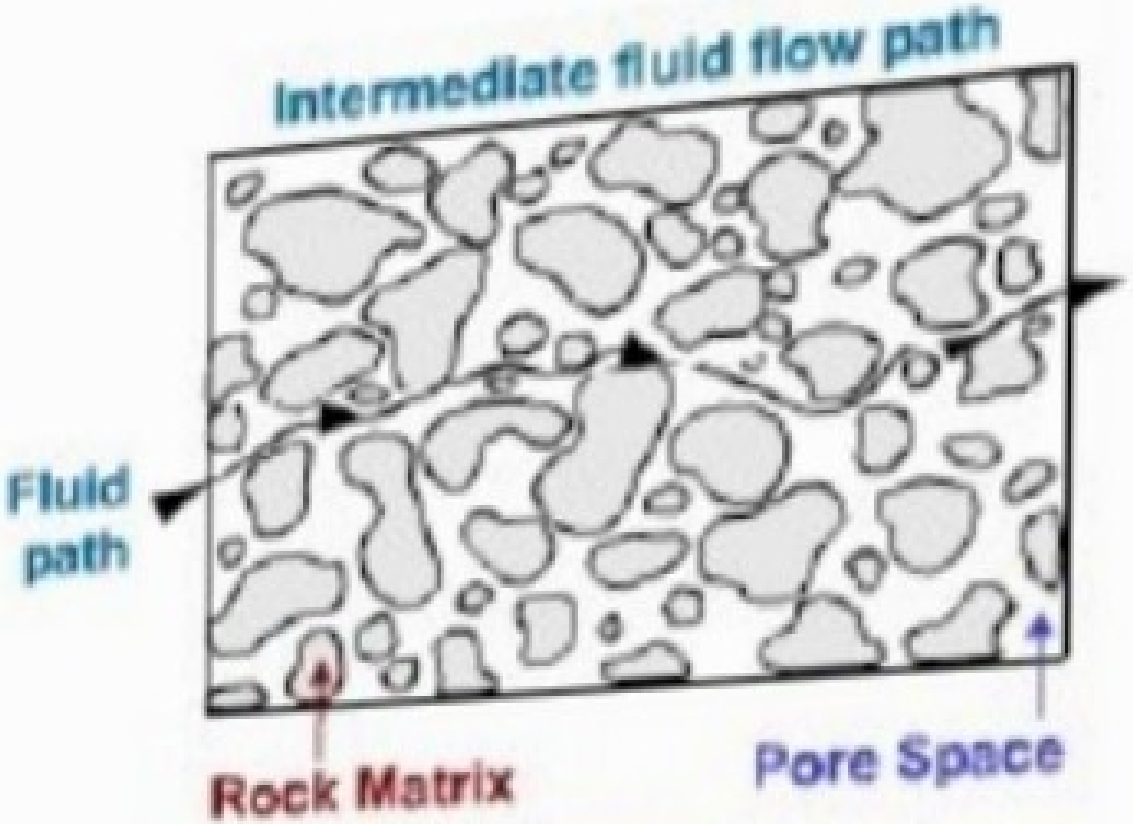
النفاذية :- هي قابلية الصخرة لسماح الموائع في الجريان خلال الشبكة من المسامات المتصلة effective porosity . اما اذا كانت المسامات غير متصلة فان نفاذية الصخرة ستكون معدومة .

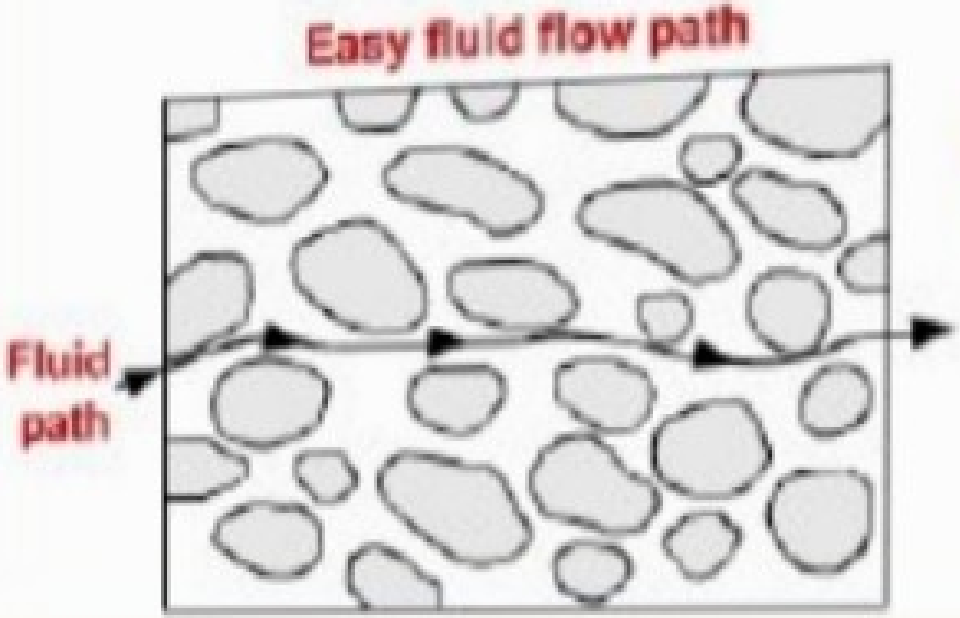
نفاذية الصخور المكمنية ذات اهمية كبيرة لانه النفط يجري في الطبقة المكمنية بواسطة النفاذية .

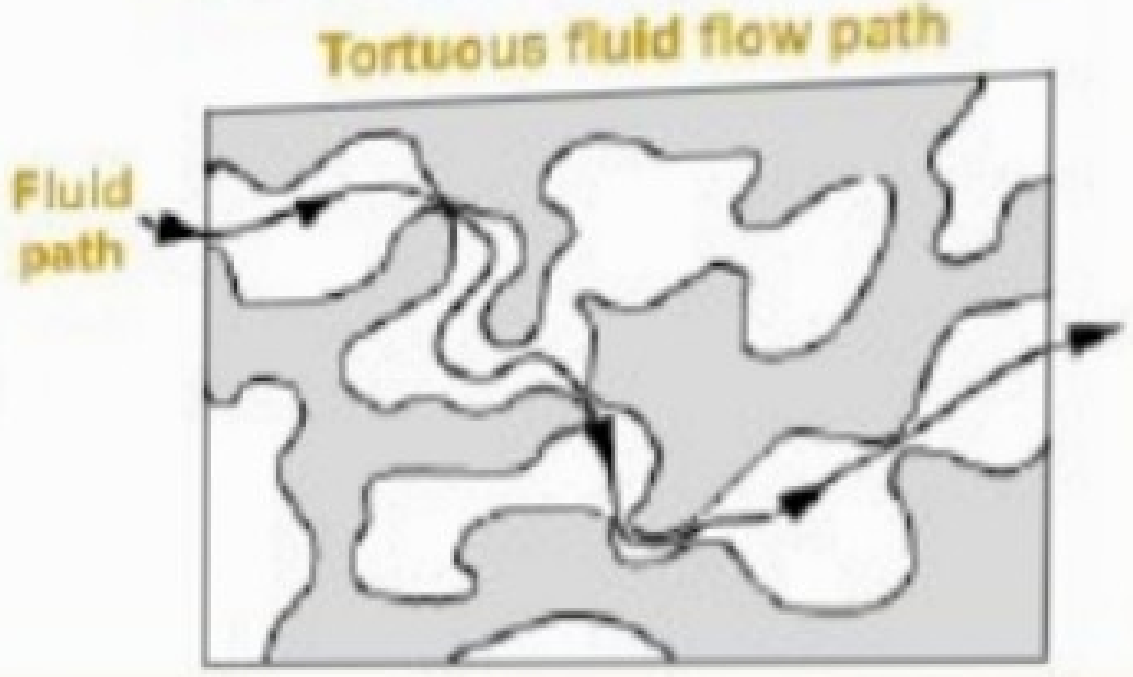
تعتمد النفاذية على حجم الحبيبات كلما كبرت حجم الحبيبة كلما زادت النفاذية وتعتمد على تصنيف جيد well sorted.

علاقة المسامية بالنفاذية : ليس هناك علاقة ثابتة بين المسامية والنفاذية هنالك صخور ذات مسامية متساوية ولكن نفاذيتهم قليلة

Fluid flow in various formations with same porosity but different grain size, structure and packing.





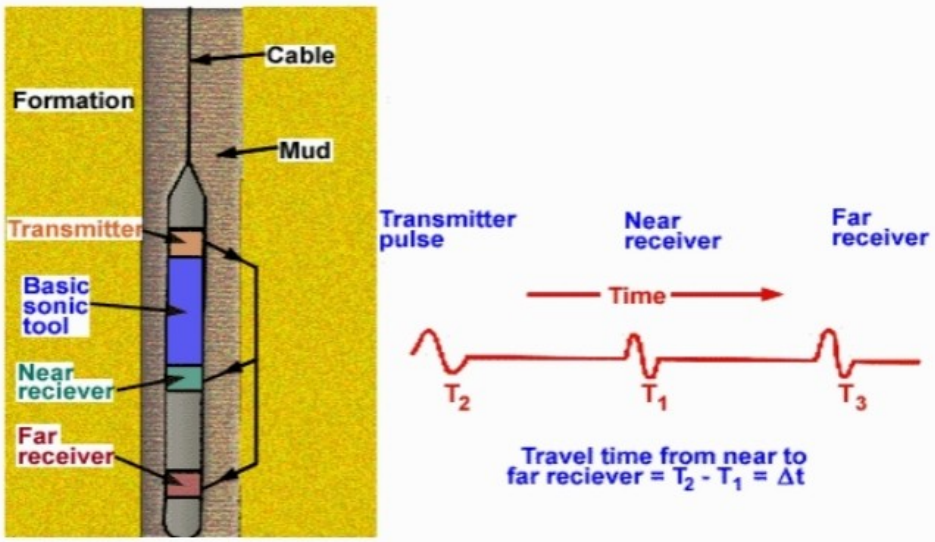


١- المجس الصوتي :

يعتمد هذا المجس على فكرة أن الصخور الصلدة الكثيفة عديمة المسامية تكون فيها سرعة الصوت أكثر من الصخور المسامية الخفيفة .

يحتوي المجس على مرسلة واحدة او مرسلتيين Transmitter ومستلمتان Receiver.عند البدء بالتسجيل ينتقل موجة صوتية من المرسلتيين باتجاه التكاوين وتستلم من المستلمتين،هنا يحسب فرق وقت ذهاب وأياب الموجة (ΔT).

هناك عدة تسميات لهذا الجهاز منها BHC تطلق من قبل شركة شلمبيرجر Borehole compensated.
وحدة قياس (ΔT) هو Micro second/Feet ويتراوح المقياس بين Ms/ feet((40-140)



أهم فائدة لهذا الجهاز هو الحصول على المسامية الأولية Primary porosity وذلك عن طريق معادلة wyllie (تعطي نتائج صحيحة في التكوينات التي مساميتها تتراوح بين (18%-25%)اما التكوينات ذات المسامية العالية(30%-35%)وحاوية على الهايدروكاربون يعطي مسامية اعلى من الحقيقة).

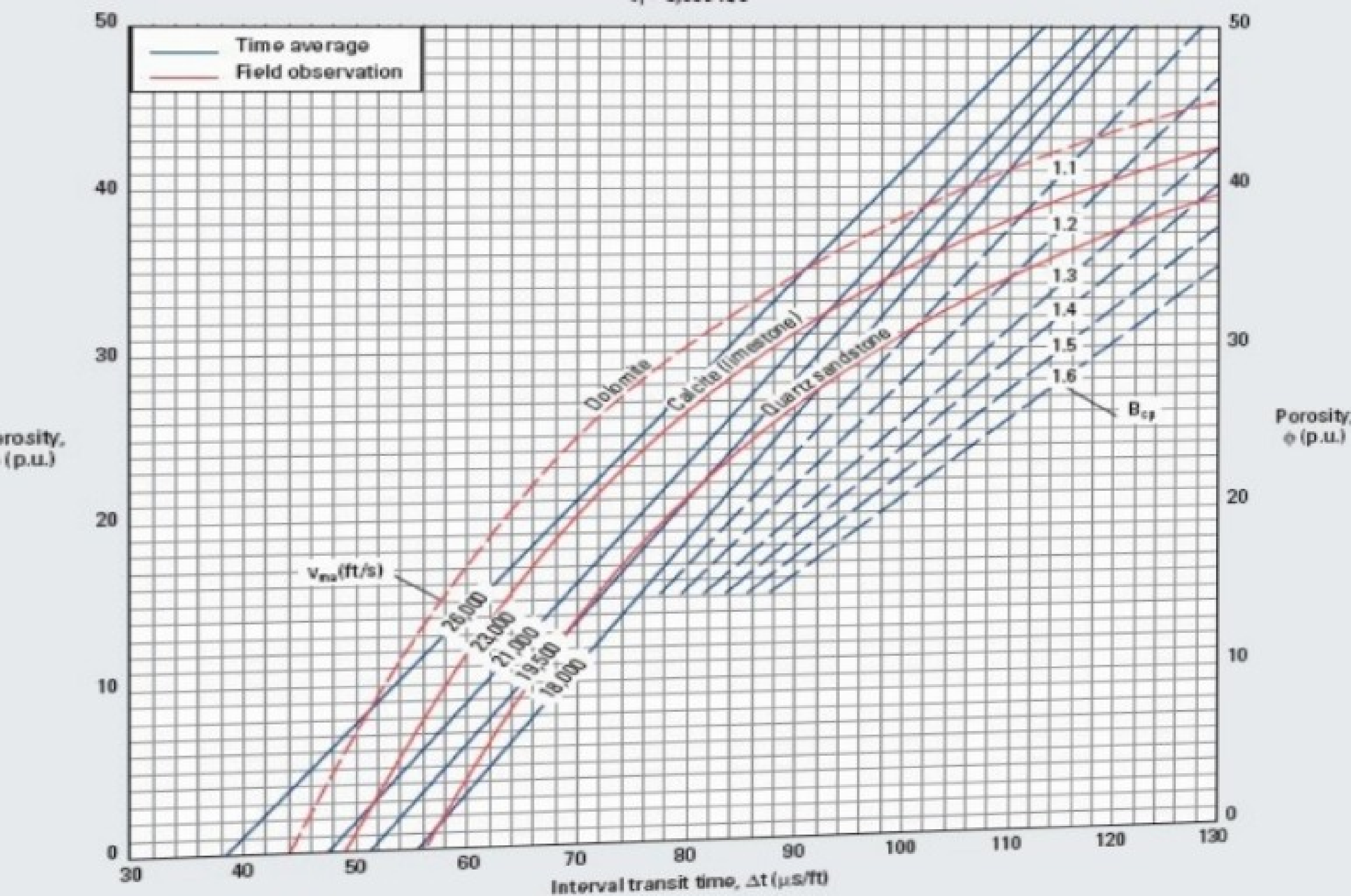
$$\emptyset = \frac{\Delta T \log - \Delta tma}{\Delta Tf - \Delta tma}$$

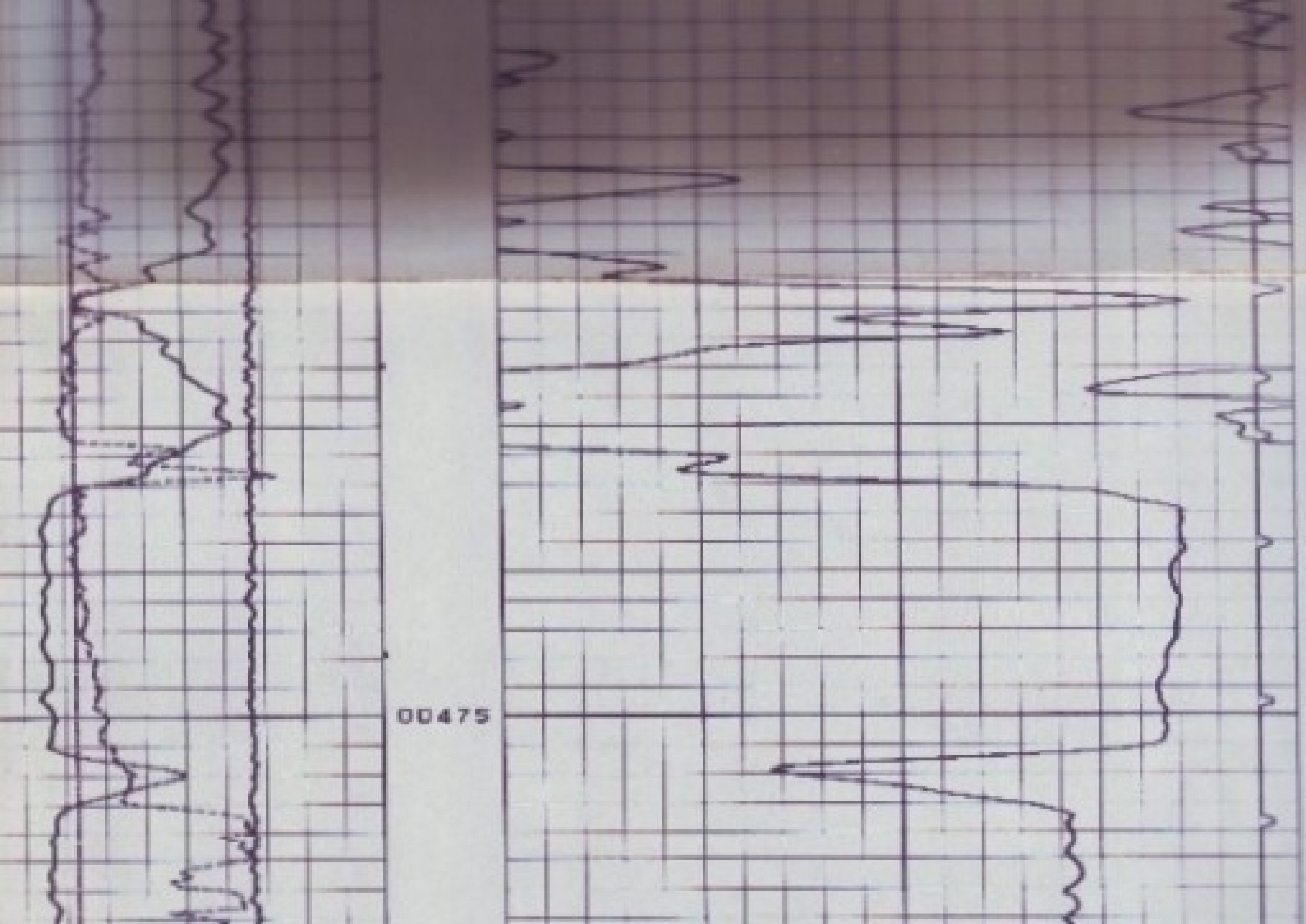
Δ T log = الفترة الزمنية اللازمة لانتقال الموجة الصوتية خلال قدم واحد ما نقرأه في المجس.

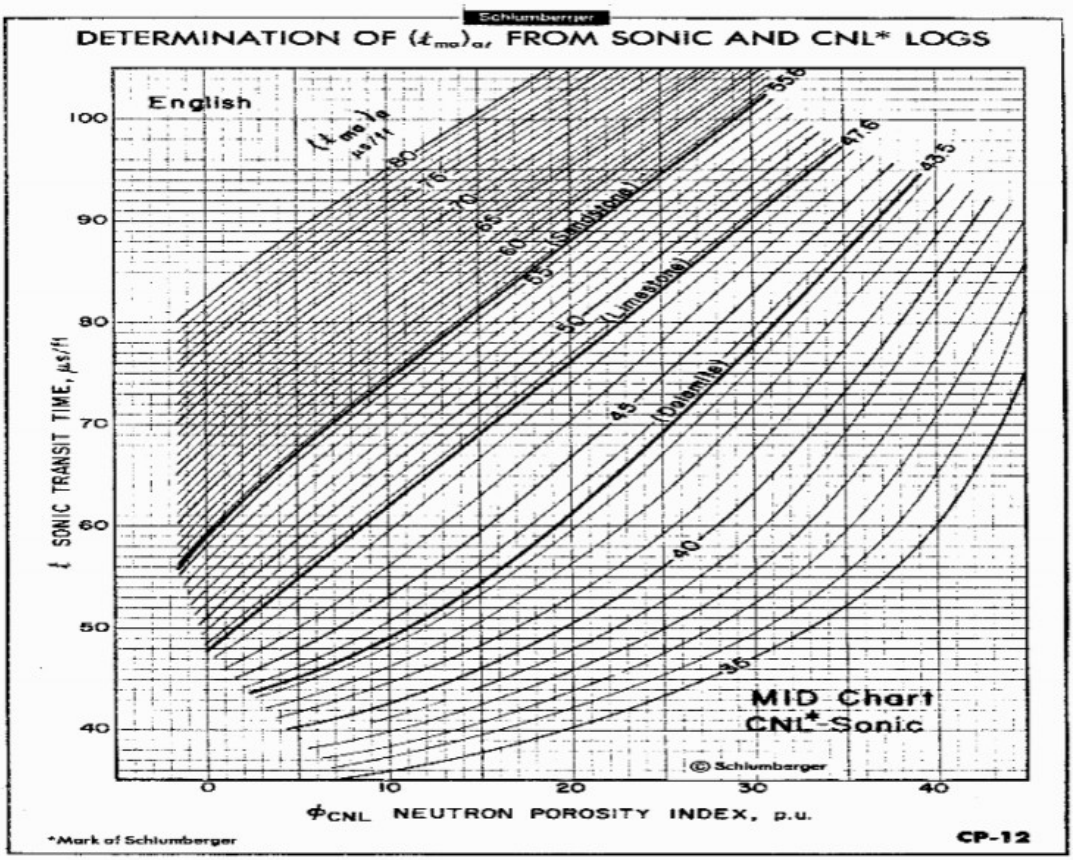
ΔTma= الفترة الزمنية خلال حشوه الصخرة(كل نوع من الصخرة لها ΔTخاص به كما نراه في الجدول التالي):

نوع الصخرة	Δ Tma
Limeston	47
Dolomite	43
Sandston	55
Anhydrite	56
Salt	67
Casing	57

ΔTf =الفترة الزمنية لانتقال الموجة خلال المائع الموجود في تجويف البئر ، وهي قيمة ثابتة يعتمد على ملوحة سائل الحفر (طين الحفر مالح=189،طين الحفر العذب=190) تضرب النتيجة في0.7 أذا كانت في منطقة غازية ويضرب في0.9 أذا كان في منطقة نفطية ويمكن حساب المسامية عن طريق هذا chartشريطة ان يكون ΔTlog مع الصخارية او سرعة الصوت معلومة :


Time average
Field observation
Dolomite
Calcite (limestone)
Quartz sandstone
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
1.6
B_{cp}
v_{ma}(ft/s)
26,000
23,000
21,000
19,500
18,000
50
40
30
20
10
0
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
Interval transit time, Δt (μs/ft)
Porosity, φ (p.u.)


00475



حدود عمل الجهاز : -

١- لقياس المسامية يجب معرفةmatrix

٢- وجود shale يؤدي الى قراءات العالية وذلك بسبب وجود bound water

٣- وجود غاز يؤدي الى قراءة عالية لـ Δt log

٤- لا يقراء المسامية الثانوية

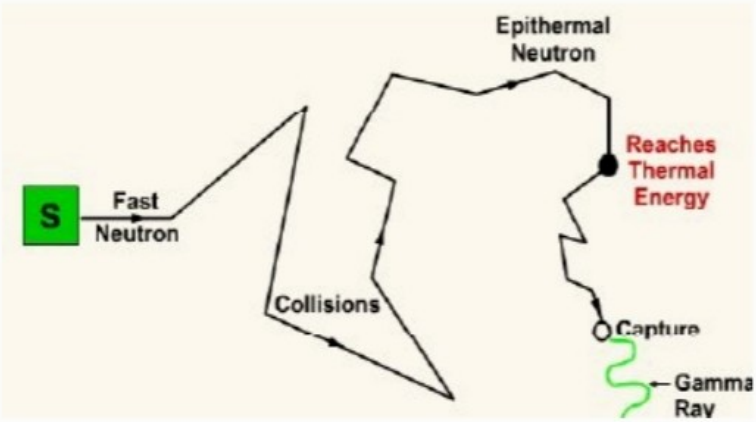
و أحد صفات في sonic هو ممكن العمل في التجاويف الغير المنتظمةrough hole .

مجس النيوترون neutron log:-

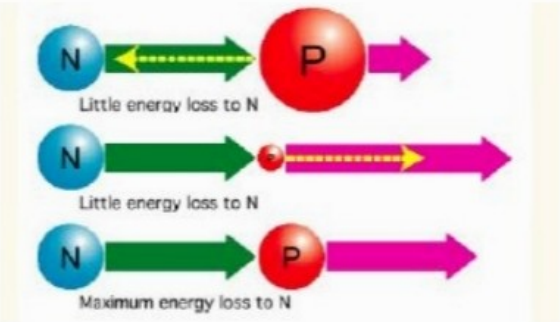
ليس للنيوترونات شحنة وكتلته مساوية لكتلة بروتون داخل النواة . صفة عدم وجود شحنة يسمح له باختراقه لتكاوين الصخرية .

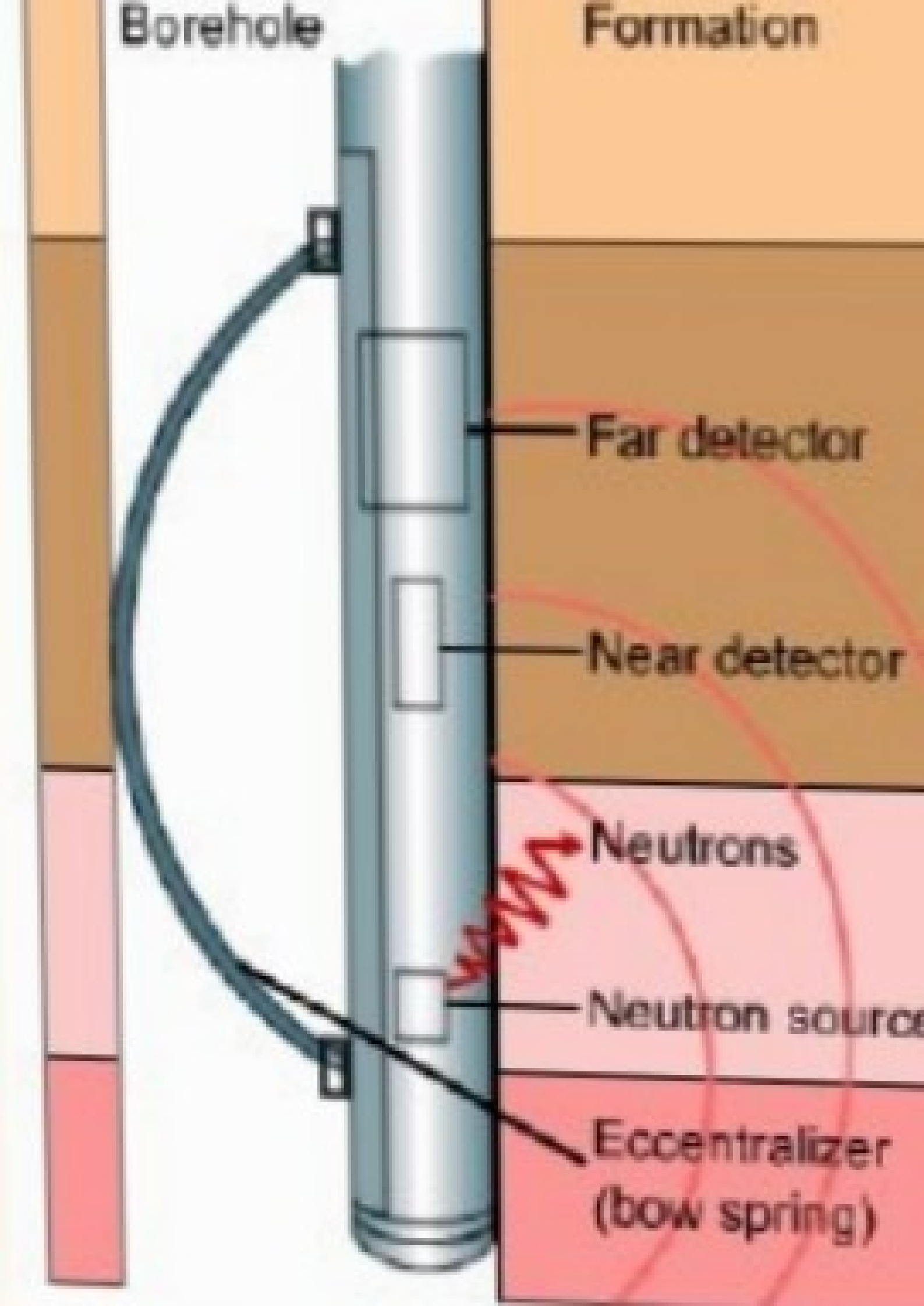
يعتبر مجس النيوترون من احدى المجسات الاساسية في استخراج المسامية من open hole ويقيس المسامية الظاهرية للصخور (apparent porosity) ويستخدم في الابار المبطنة ايضا . صممت الجهاز لتجويف قطره 7 7\8انج

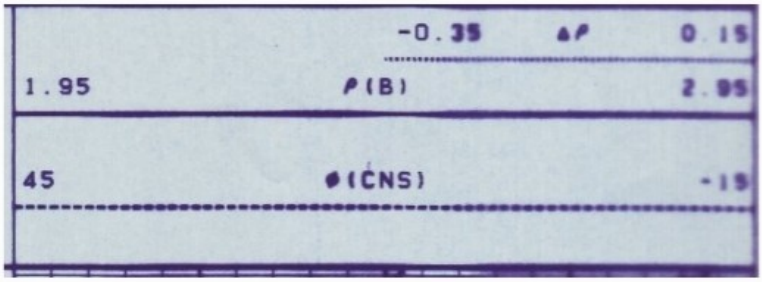
اذا تجاوزت هذا الحد يقرأ الجهاز مسامية اعلى من القيمة الحقيقية لذا يحتاج الى تصحيح ، ولكن يمكن استخدامه في تجويف قطره يتراوح بين 6 – 16 inch.



مبدأ عمل الجهاز يعتمد على ارسال نيوترونات من مصدر مشع (بريليوم) باتجاه التكوين ، عند اصطدامها بذرات هيدروجين الموجودة في الصخور المحيطة يفقد جزء من طاقتها بذلك تصل النيوترونات المصطدمة بذرات الهيدروجين الى طاقة معينة تسمى thermal neutron .وبذلك تنقص عدد النيوترونات وتقاس المسامية الظاهرية من خلال نقصان عدد النيوترونات .




Borehole
Formation
Far detector
Near detector
Neutrons
Neutron source
Eccentralizer
(bow spring)



مجس النيوترون في حالة open hole

الحالة القياسية standard condition لـ open hole هو

١- 7.7 /8 قطر التجويف

٢- ماء عذب

٣- لا توجد mudcake

٤- درجة حرارة 75 F وضغط جوي

٥- الجهاز ملتصق مع البئر جيدا

في حالة open hole تستعمل لتحديد المسامية مباشرة من المجس ، تحديد المنطقة الغازية ، تحديد lithology

الحالة القياسية standar condition لـ cased hole:-

١- قطر البئر 4\38

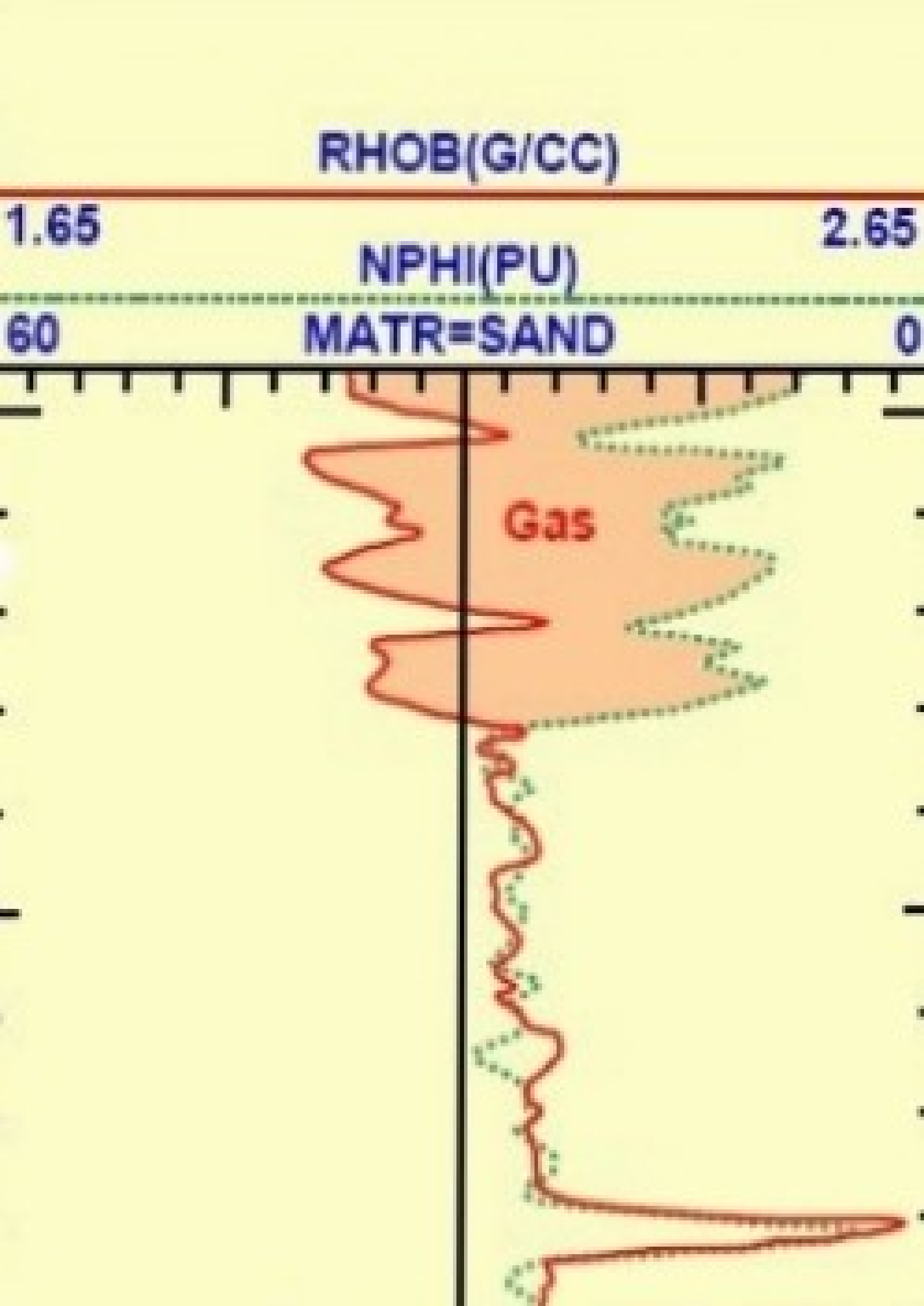
٢- سمك البطانة 0.304

٣- سمك السمنت 1.62

٤- ماء العذب fresh water

٥- درجة حرارة 75 F وضغط الجوي

٦- الجهاز الملتصق مع جدار البئر .


RHOB(G/CC)
1.65
2.65
NPHI(PU)
60
MATR=SAND
0
Gas

تاثير الهيدروكاربونات على قراءة مجس نيوترون :-

لتصحيح المسامية الحاصلة من المجس نيوترون في حالة وجود هايدروكاربون نستعمل هذه المعادلة :-

Øn= Øe{1-Shr(1-2.2 ρh) في حالة غاز

Øn= Øe{1-Shr_0.7- ρh) في حالة النفط

ممكن ان نختار Øn كمسامية رئيسية في حالة تشبع بالنفط

التأثيرات الجانبية :-

١- وزن الطين mud weight

يعودتاثير وزن الطين الى اضافة بارايت حيث يحل محل الهيدروجين في سائل الحفر . وهذه بدوره يؤدي الى زيادة سمك mud cake ويقلل المسامية الظاهرية .

٢- التباعد stand off :-

القصد منه ابتعاد الجهاز عن جدار البئر لاي سبب كان اي غير ملتصق بجدار البئر بصورة جيدة والتي تؤدي الى قراءة عالية من المسامية . ابتعاد ثلاثة انجات يؤدي الى زيادة ثلاثة درجات .

٣- الملوحة salinity:-

الماء المالح يؤثر على كمية هيدروجين لانه بذوبان NACL يحل محل الهيدروجين وبالنتيجة يقلل المسامية .

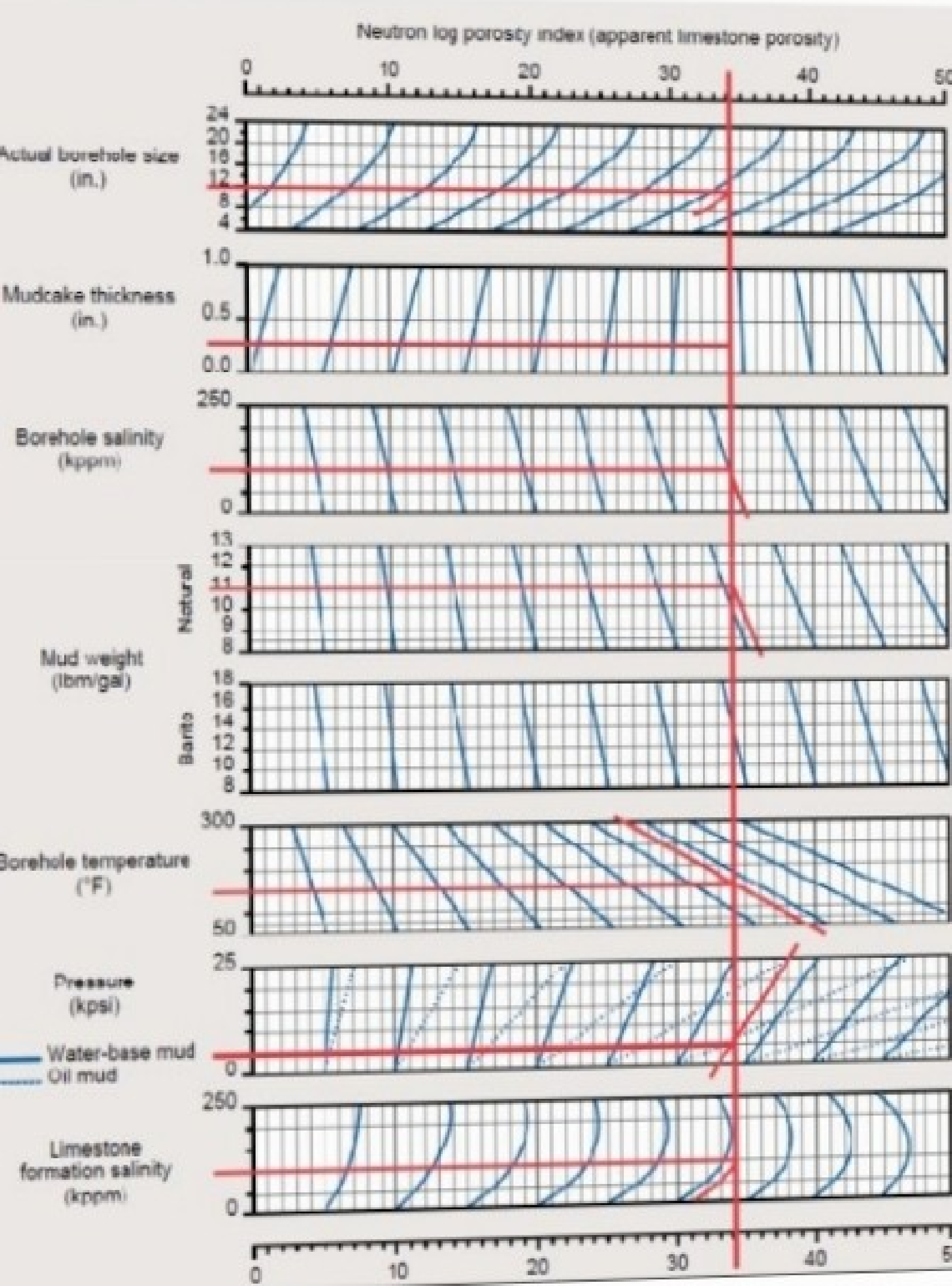
٤- الحرارة :- زيادة درجة حرارة تؤدي الى تقليل تركيز الهيدروجين .

٥- casing + cement :-

للحديد قابلية قوية لامتصاص اشعة كاما ولكن السمنت الموجود خلف البطانة فيها هيدروجين عالي لذا يزداد المسامية .

٦- تاثير washout :-

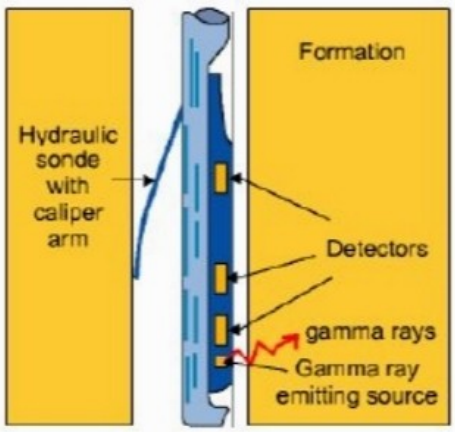
he logs have to be corrected for the borehole environment:



مجس الكثافة Density log :-

الكثافة احد الخواص المهمة ، لتقيم التكاوين و احد الاشارات المهمة لمعرفة المسامية . كثافة الحشو matrix للصخور المكمنية تتراوح بين 2.87 gm\cm3 – 2.62 . هذه القيم تمثل معدل كثافة الحشو للصخور المكمنية . كثافة السائل اذا كان ماء عذب fresh water تكون 1.0 gm\cm3 اما كثافة سائل الحفر في الابار المملوءة بطين ملحي تساوي 1.1 gm\cm3 .

وصف الجهاز :



يسمـــــــى هذا المجـــــــس بـ (Formation density compensated) (FDC) أو يسمـــــــى (Compensated Density)CDL .

بصورة عامة يتكون الجهاز من عنصر مشع (سيزيوم 137 اوكوبلت6) يقيس هذا المجس كثافة الصخور والتي لها علاقة عكسية مع المسامية كلما زادت المسامية كلما قلت الكثافة. يتم أنزال هذا المجس غالبـا"مع مجـــس النيوتـــرون CNLوكذلك يمكـــن أنزاله مع مجس Gama ray و Caliper يقيس عمق التكوين لمسافة لاتزيد عن (20 cm) لذلك يكون تأثره بالهيدكاربون اقل ، ويستخدم لحساب الكثافة الإجمالية Bulkdensity أي كثافة Fluid+Matrix و رمز المستعمل هوρb يحتوي الجهاز على كاشفين Detactor ومصدر مشع sourceمثبتان على مسند Pad حيث يلتصق بجدار البئر أثناء التسجيل كما في الشكل اعلاه .المقياس يكون بين gm/cm(1.95-2.95).

مبدأ العمل :-

اشعة الكاما المنطلقة من المصدر (source) تصطدم مع الكترونات المادة او التكوين ، تفقد اشعة الكاما جزءا من طاقتها للالكترونات مع كل تصادم، يطلق على هذه النوع من التفاعل Compton scattring . مقدار الاشعة كاما المبعثرة دليل على كثافة المادة او كثافة الالكترونات اي اشعة الملتقطة بواسطة الكاشف . اذا كانت المادة ذات كثافة عالية فان معظم اشعة كاما تمتص من قبل المادة ونسبة قليلة من الاشعة كاما تصل الى جهاز الكاشف وتسجل .

عند عدم وجود القشرة الطينية على جدار البئر فان الكاشفان يسجلان نفس الكثافة .

حساب المسامية من الكثافة :- من الممكن الحصول على المسامية من مجس الكثافة وذلك عن طريق هذه المعادلة

$$\phi_D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f}$$

pma:كثافة الحشوة

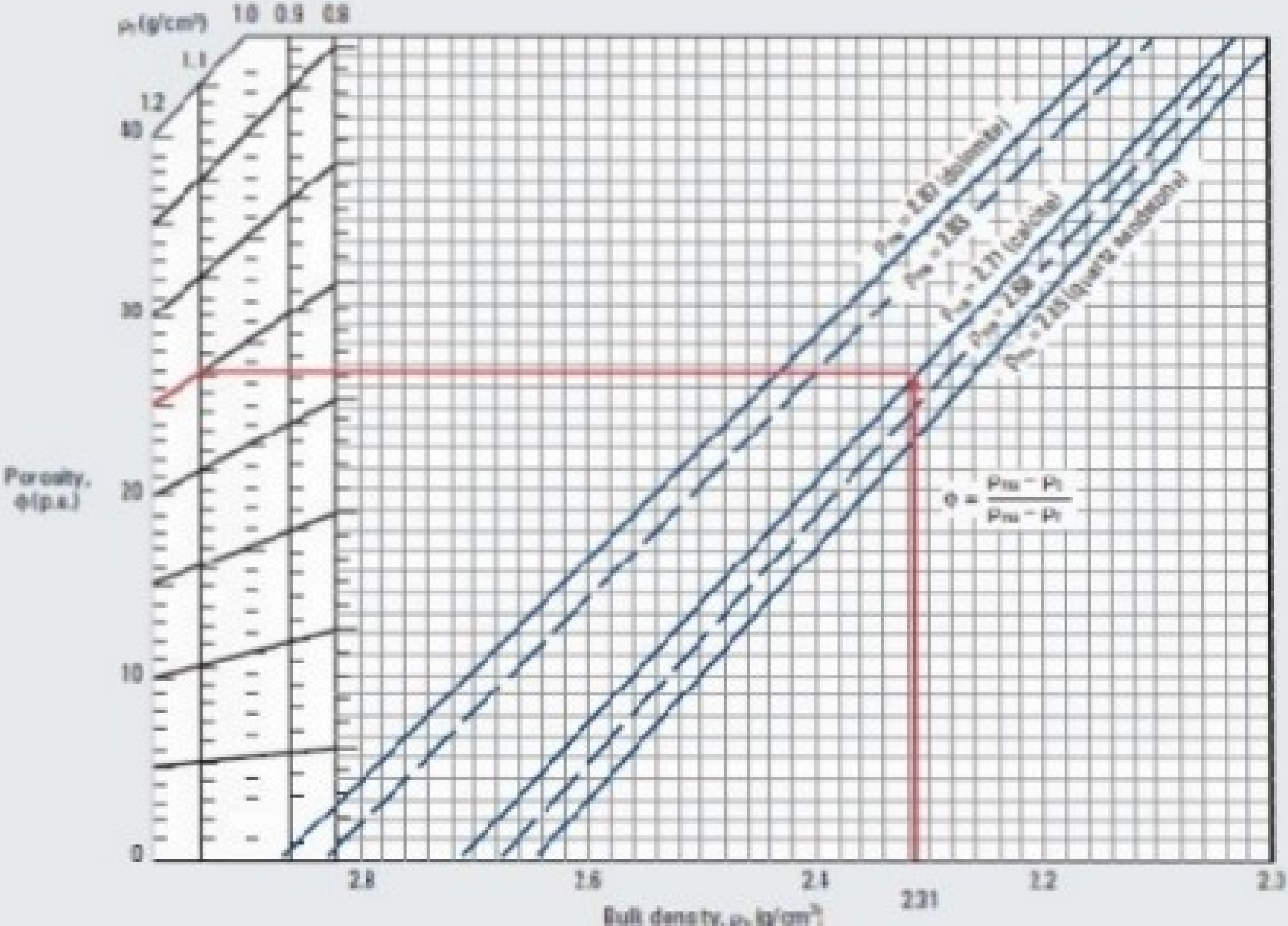
pf :كثافة سائل الحفر (1.1الطين المالح 1 الطين العذب)

Pd :الكثافة الكلية المأخوذة من المجس

Ød:المسامية من الكثافة

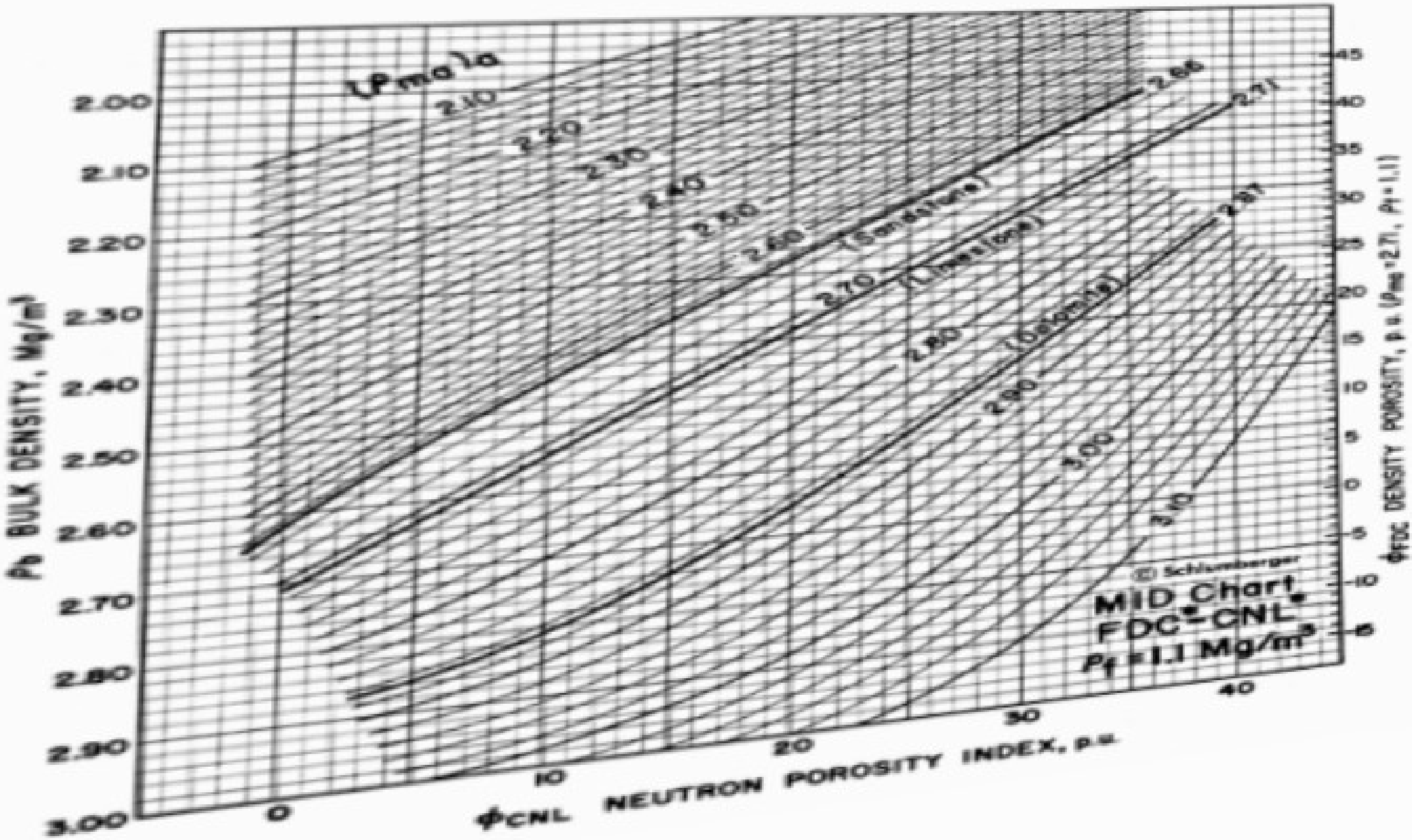
.وتختلف كثافة الصخرة من صخرة إلى أخرى كما موضح في الجدول ادناه .

يمكن استعمال مجس الكثافة لإيجاد المسامية بشرط أن تكون البئر في الحالة الطبيعية ،اما في الحالات الغير الطبيعية يجب استعماله مع النيوترون .


ρ_f (g/cm³)
1.0
0.9
0.8
1.1
1.2
40
30
20
10
0
Porosity, φ (p.u.)
ρ_{ma} = 2.65 (sandstone)
ρ_{ma} = 2.71 (calcite)
ρ_{ma} = 2.87 (dolomite)
ρ_{ma} = 2.96 (anhydrite)
$\phi = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f}$
2.8
2.6
2.4
2.31
2.2
2.0
Bulk density, ρ_b (g/cm³)

DETERMINATION OF $(\rho_{ma})_o$ FROM FDC* AND CNL* LOGS

(SALTY MUD)



فوائد مجس الكثافة :-

١- تحديد كثافة الصخور.

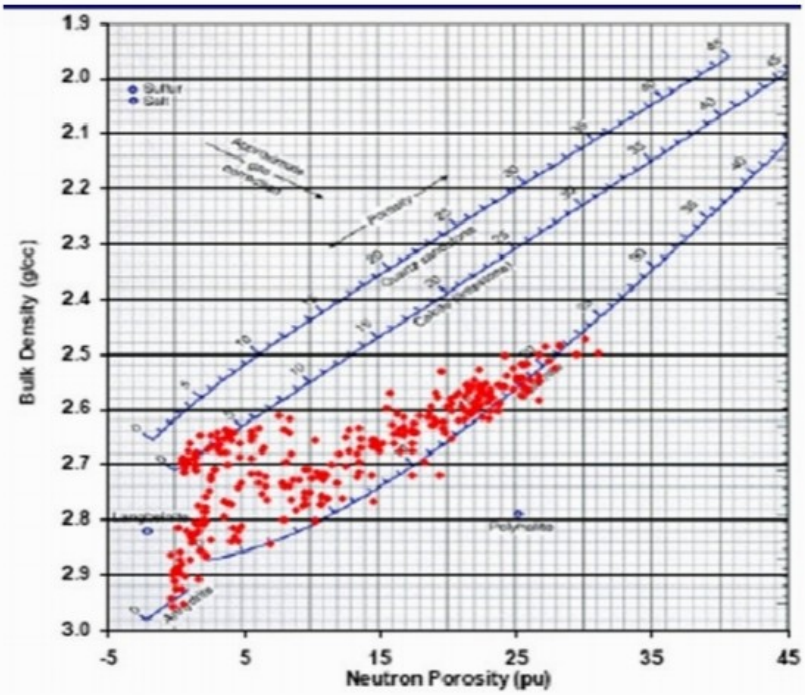
٢- تحديد المنطقة الغازية Gas zone عند أنزاله مع مجس النيوترون.

٣- حساب المسامية Porosty.لايمكن حساب المسامية من مجس واحد بدون معرفة نوع الصخرة .

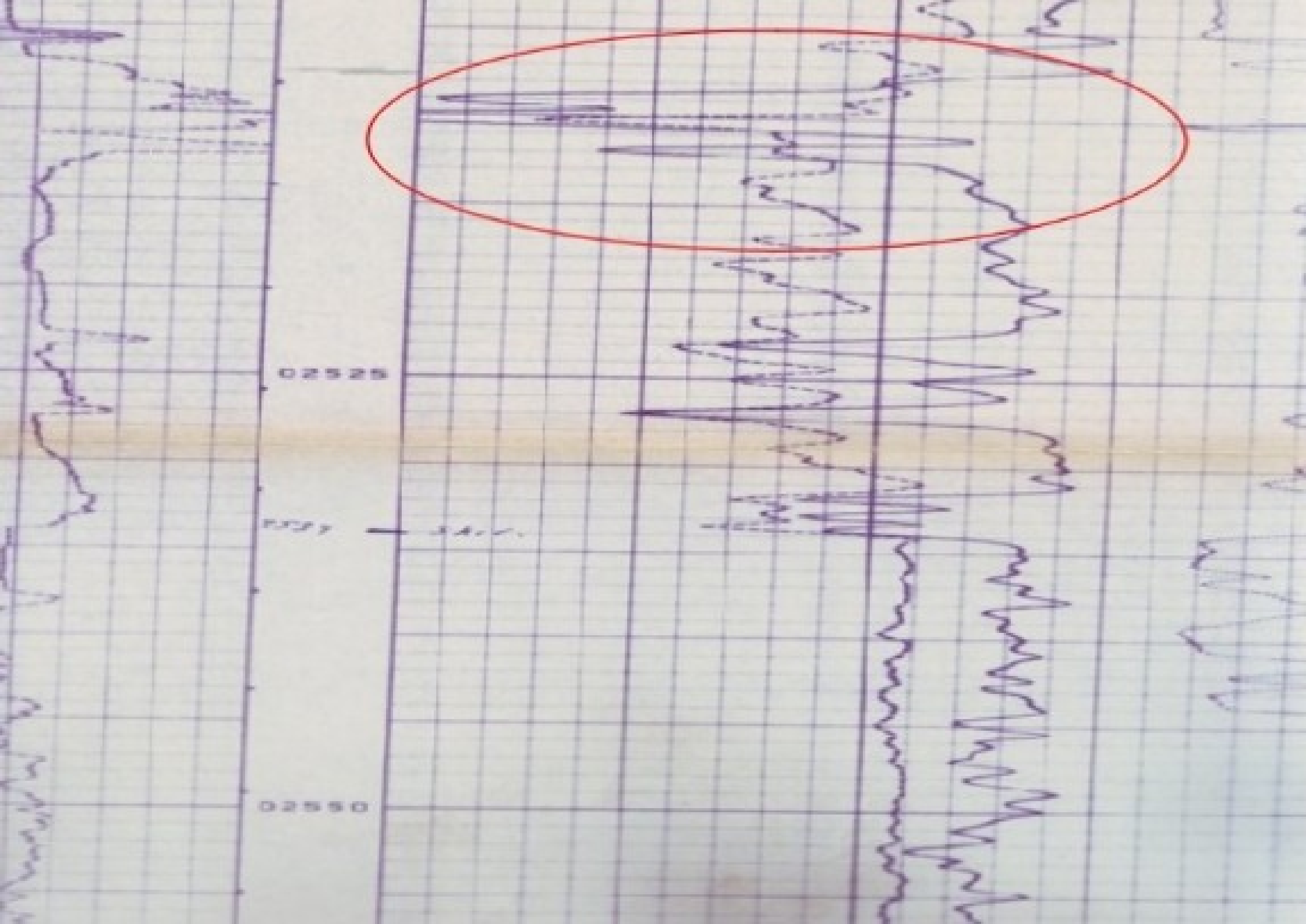
٤- تحديد أماكن التشققات .

عندما يسجل مجس الكثافة قراءة منطقة متشققة نلاحظ انقطاعا" في الأشرطة أو حدوث اضطراب في التسجيل

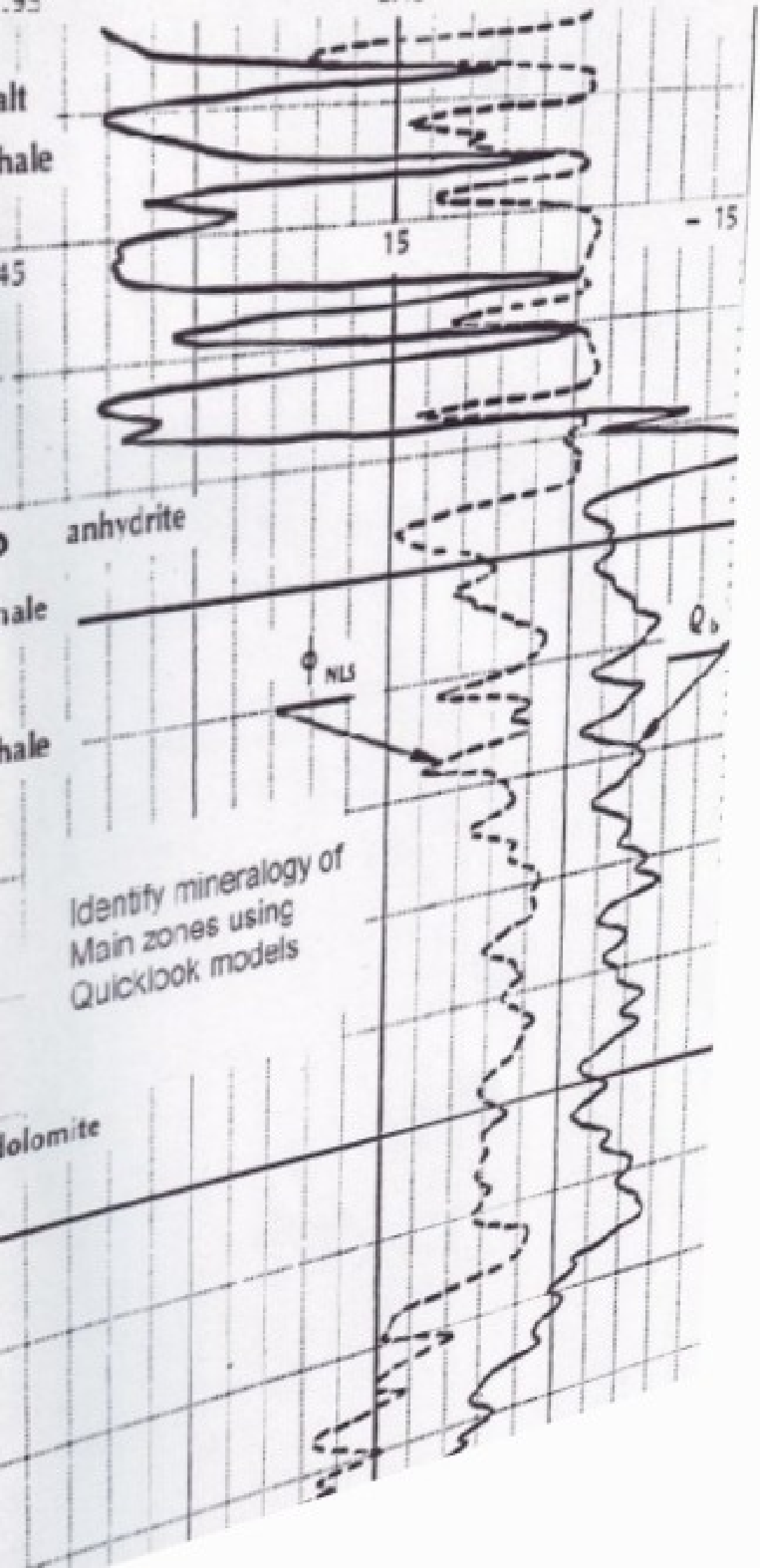
٥- في حالة استعماله مع مجس النيوترون يمكن أيجاد الصخارية Lithology كما في ال chart ادناه شريطة ان يكون قيمة المسامية والكثافة مصححتان بالنسبة لوجود gas +shale من الافضل استعماله في حالة pure limestone



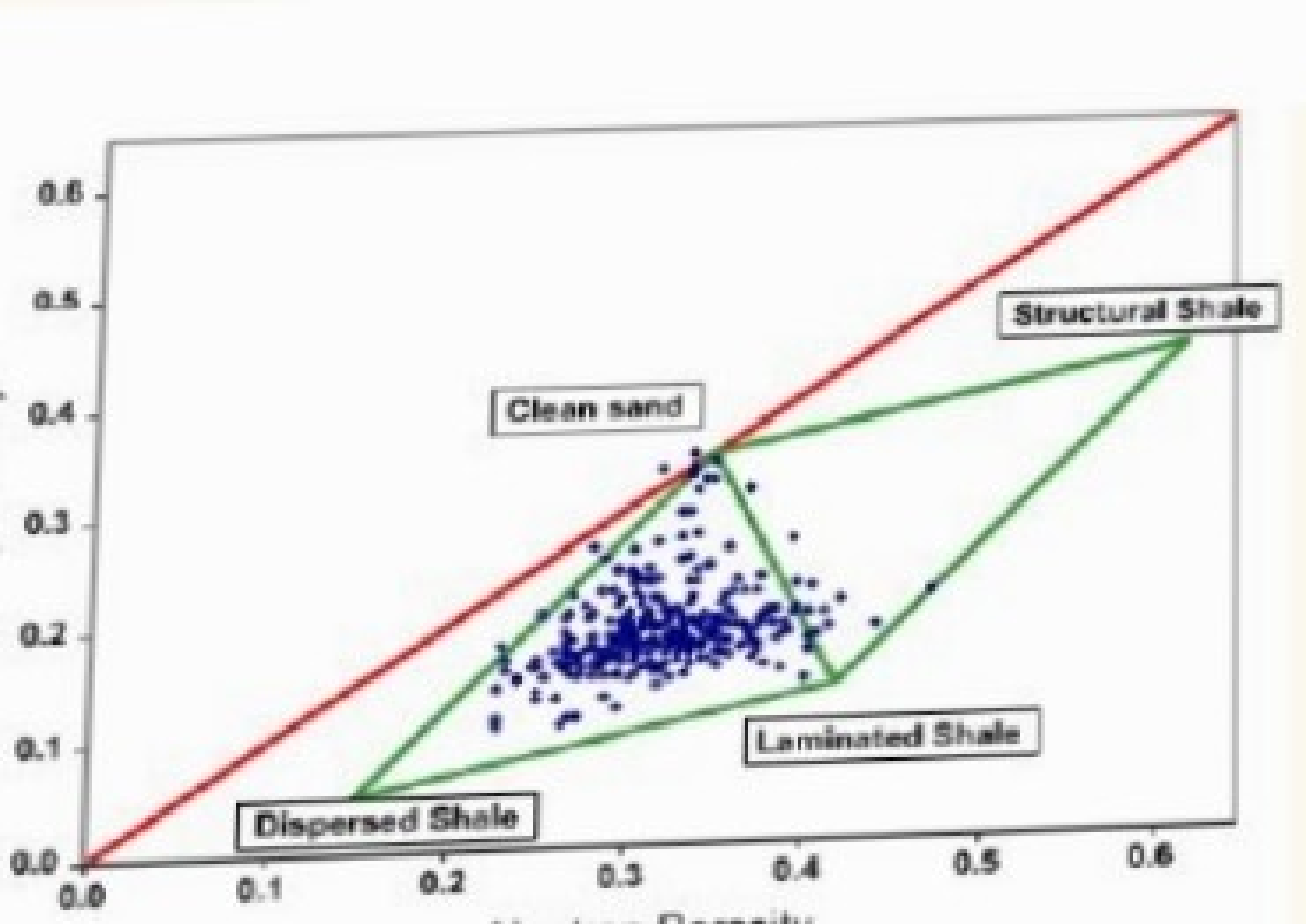
يستخدم هذا المجس في تجاويف ذات القطر (5)أنج كحد أدنى .عندما يكون جدار التجويف غير منتظم RUGOSE hole يكون القراءة غير دقيقة لأن جهاز الكثافة غير موصل بجدار البئر بصورة جيدة لذا يقرأ الجهاز اقل من الكثافة الحقيقية .يمكن القيام بعملية التصحيح Correction إذا كانCaving لا يتجاوز عدة انجات وذلك بواسطة مجس كاليبر اما اذا كان أكثر من 4 أنجات ستكون قراءة مجس الكثافة والنيوترون اقل من كثافة طين الحفر drilling mud ، هناك Δρ لبيان دقة المجس ،إذا كانت عالية فأن القراءات غير دقيقة والتجويف غير منتظم، و في حالة تجاوزه 0.15gm/cm يكون قيمة الكثافة المسجلة مشكوكة منها .


02525
02550

Key:
Limestone
Dolomite
Anhydrite
Porosity


15
- 15
anhydrite
ϕ_{NLS}
Q_v
Identify mineralogy of
Main zones using
Quicklook models

mud cake


Structural Shale
Clean sand
Laminated Shale
Dispersed Shale
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6

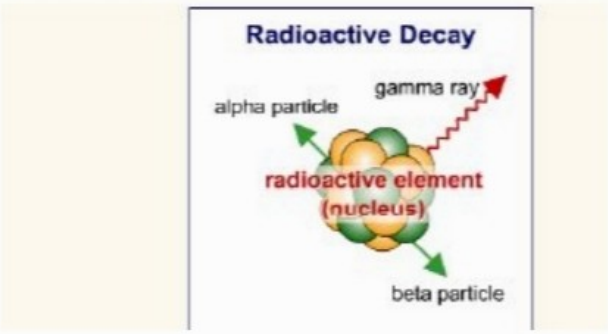
مجس اشعة كاما Gama ray log

هناك ثلاثة انواع من الاشعاعات :-

١- الفا(ALPHA) ذات شحنة موجبة يمكن ايقافه بواسطة قطعة من القماش .

٢- بيتا(BETA) ذات شحنة سالبة يتوقف امام طبقة من المعدن .

٣- كاما (GAMA) ليس لها شحنة وممكن اختراق جميع الطبقات والمعادن، لهذا يستعمل لقياس نسبة SHALEفي التكاوين الصخرية .



ما هو SHALE

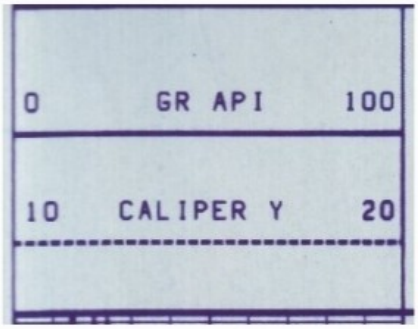
يحتوي SHALEعلىCLAY+SILT، بدون SILTيعتبر PURE CLAY . جميع المجسات متأثر بال SHALE لذا يكون التفسير اكثر تعقيدا .

مجس كاما

يعتبر من المجسات المهمة لأنها يسجل مقدار أحتواء الصخرة على المواد المشعة (المعادن الطينية)،ويعكس هذا التسجيل مقدار الطفل (shale) داخل التكوينات .من أهم العناصر المشعة هي البوتاسيوم ،الثوريوم،اليورانيوم،التي تتركز بصورة عامة في الصخور الطينية ،يسجل أشعاع الكاما بوحدات Apl التي تتراوح بين(0-100) او اكثر.

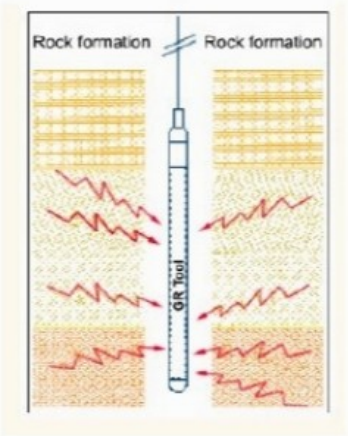
كلما ازدادت نسبة K وTHrكلما زادت نسبة Shale في التكوين ولكن زيادة اليورانيوم لاتدل على رداءة المكمن بل تدل على وجود تشققات fracturesفي التكوين وهذامايحدث غالبا" في معدن الدولومايت. ولكن عندما يكون نسبة يورانيوم في SHALEعالية جدا هذا يدل علة SOURCE ROCK ، اهم صفة لمجس كاما يمكن أنزاله في جميع الحالات (cased hole ; open hole ;fresh water;oil based mud)

API((LIMESTONE<20;DOLOMITE<30; SHALE80-300; SALT AND ANHYDRITE ,10))

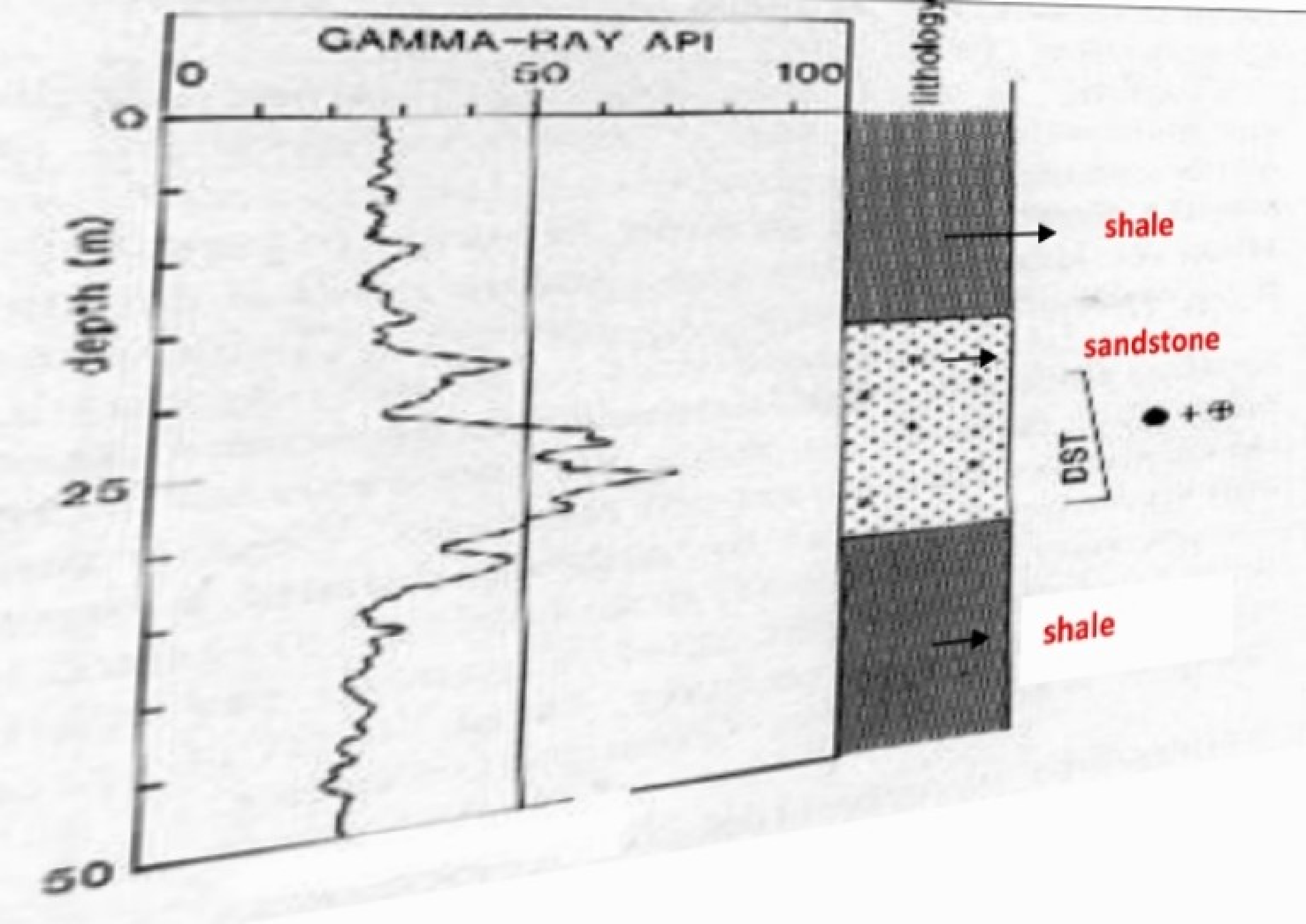


مبدأ عمل Gama ray:

أثناء تسجيل مجس كاما تنبعث أشعاعات طبيعية من التكاوين واثناء سحب الجساسة باتجاه اعلى تجويف البئر ويقوم المجس بقياس كمية الاشعاعات المنبعثة .



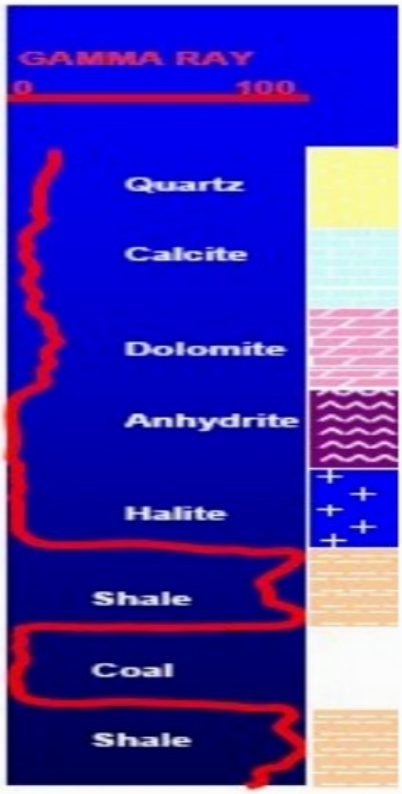
يختلف الامتصاص absorptionحسب كثافة التكوين ،أذا كان هناك تكوينين لهما نفس الكمية من المواد المشعة في وحدة الحجم ولكن مختلفان في الكثافة ،التكوين ذات الكثافة الأقل يظهر مشع أكثر من التكوين الأخركما في الشكل


GAMMA-RAY API
0
50
100
0
25
50
depth (m)
lithology
shale
sandstone
DST
shale

هناك مجس أخر يسمى NGTيسجل نسبة وأجزاء بالمليون لكل من عناصر K،Thr، Uحيث من الممكن عن طريقه أيجاد مضاهاة جيدة لمسافات بعيدة بين الحقول لمعرفة امتدادات أي مقطع صخري . يختلف تواجد عنصر ثوريوم وبوتاسيوم من معدن الى اخر مثلا في معدن فيلدسبار يكون بوتاسيوم عالي بينما في معدن مايكا يكون ثوريوم عالي . في الصخور الكاربوناتية عنصر ثوريوم قليلة جدا لانه لايذوب .

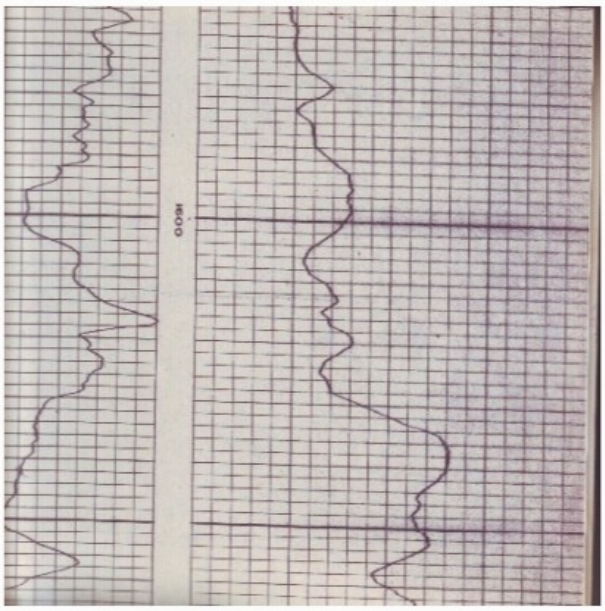
في حالة وجود اليورانيوم بكثرة مع غياب البوتاسيوم وثوريوم يدل على نفاذية عالية . .يوجد Thrفي المعادن الثقيلة مثل الزركون أما البوتاسيوم توجد في فلدسبارومايكا،يصاحب اليورانيوم غالبا" المواد الصخرية ، اما في حالة وجود styoliteفي التكوين تقرأ Gamarayعالية.

استجابة Gamarey لمختلف المعادن:



تأثير السجيل Shaleعلى المكمن:

في حالة وجود Clayبنسبة عالية في المكمن يؤدي الى تقليل النفاذية وممكن ملاحظة هذه الحالة أكثر في dispersed shale وبدوره يؤدي إلى انخفاض إنتاجية التكوين .أذا كان سمك shaleضعيف جدا" لايمكن لمجس كاما قرأته.

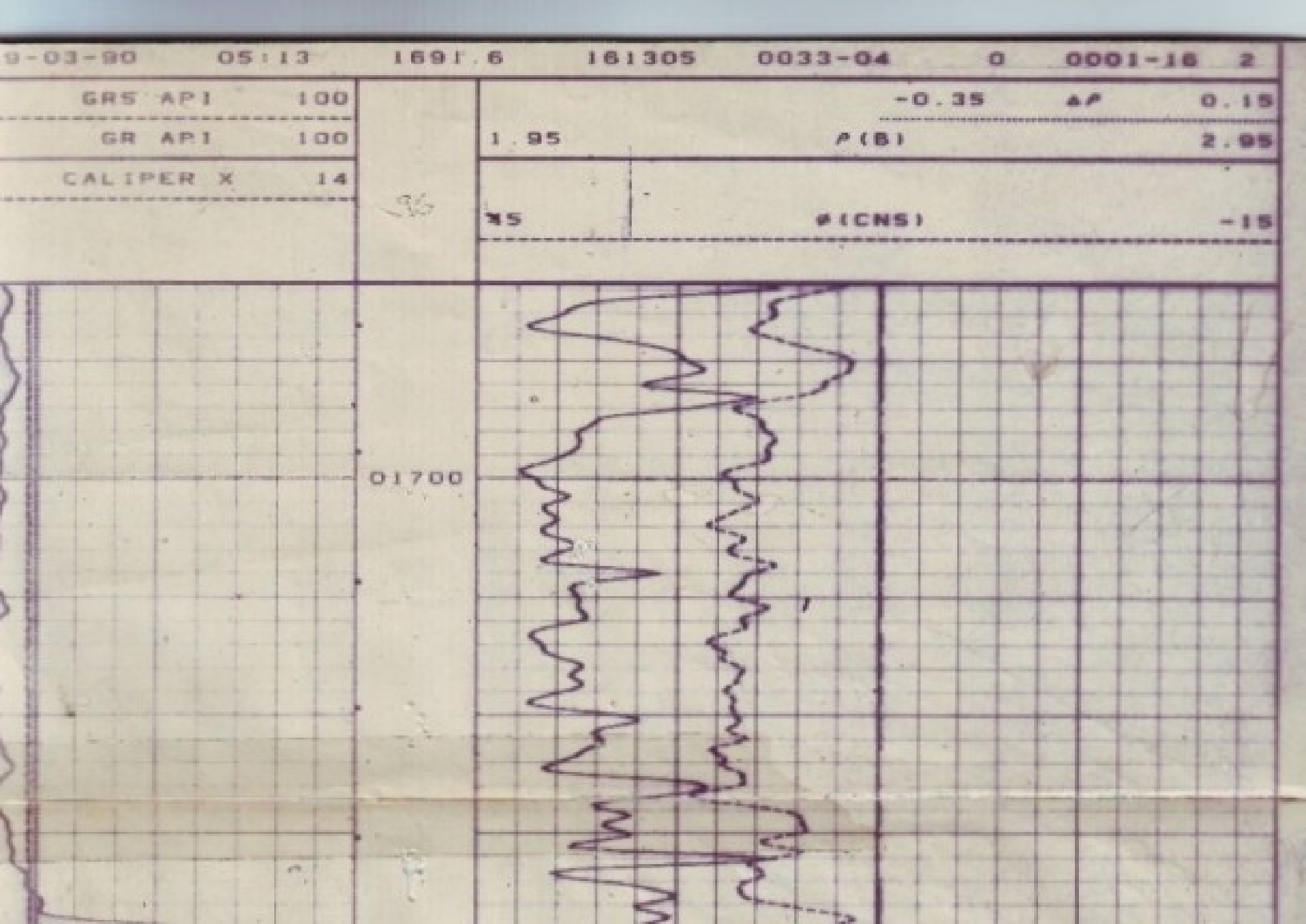


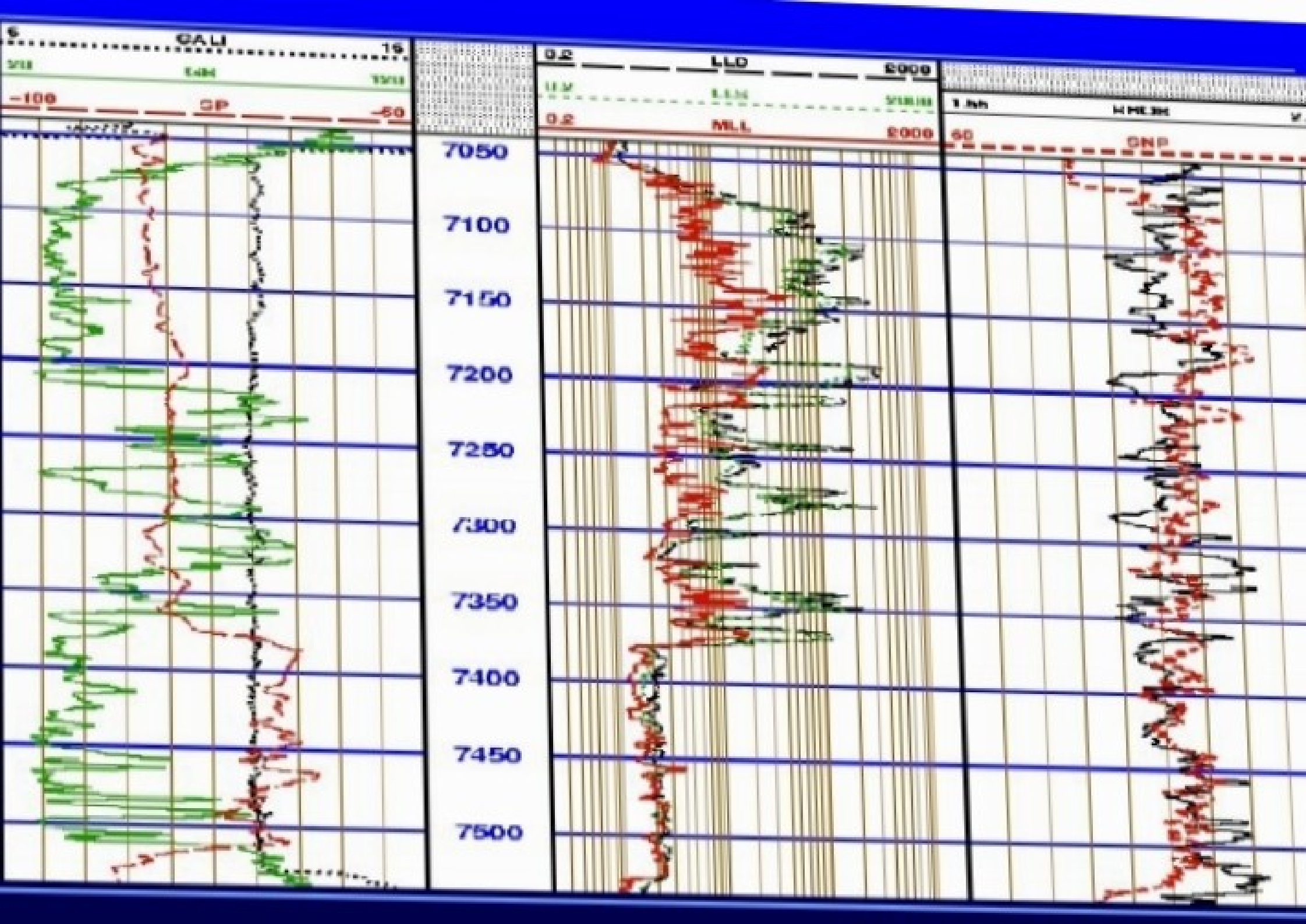
اذا لم تصحح التأثير السلبي لـ shale فتكون قراءة المسامية والتشبع المائي والمقاومة خاطئة.

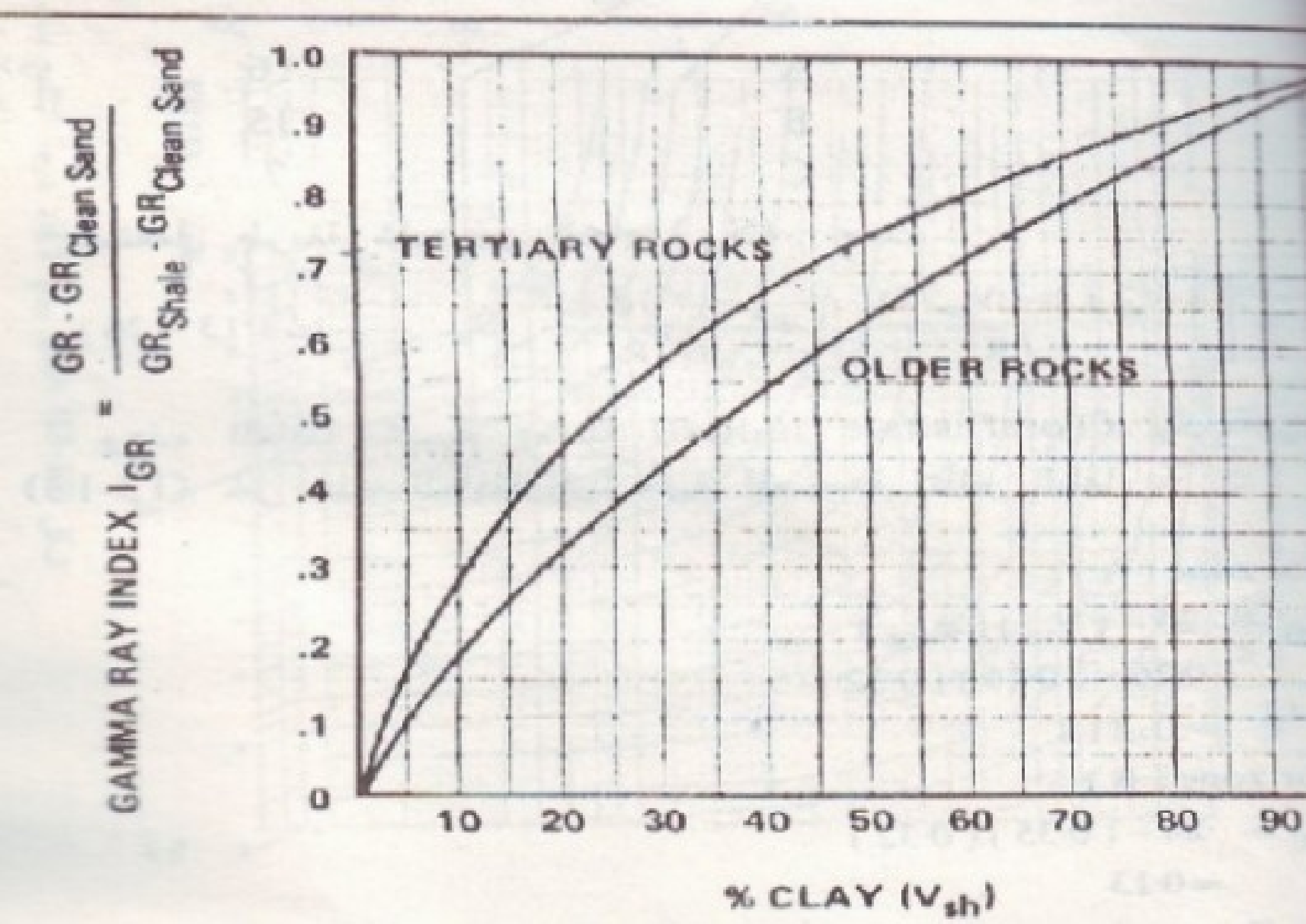
لقياس نسبة shale بواسطة المجسات أكثر مايمكن الاعتماد عليه هو مجسيFDCCNL،Gamaray ولكن لايمكن الاعتماد عليهم في حالتي وجود الغاز او washoutوذلك لتأثيرها على قيمة المجستين .

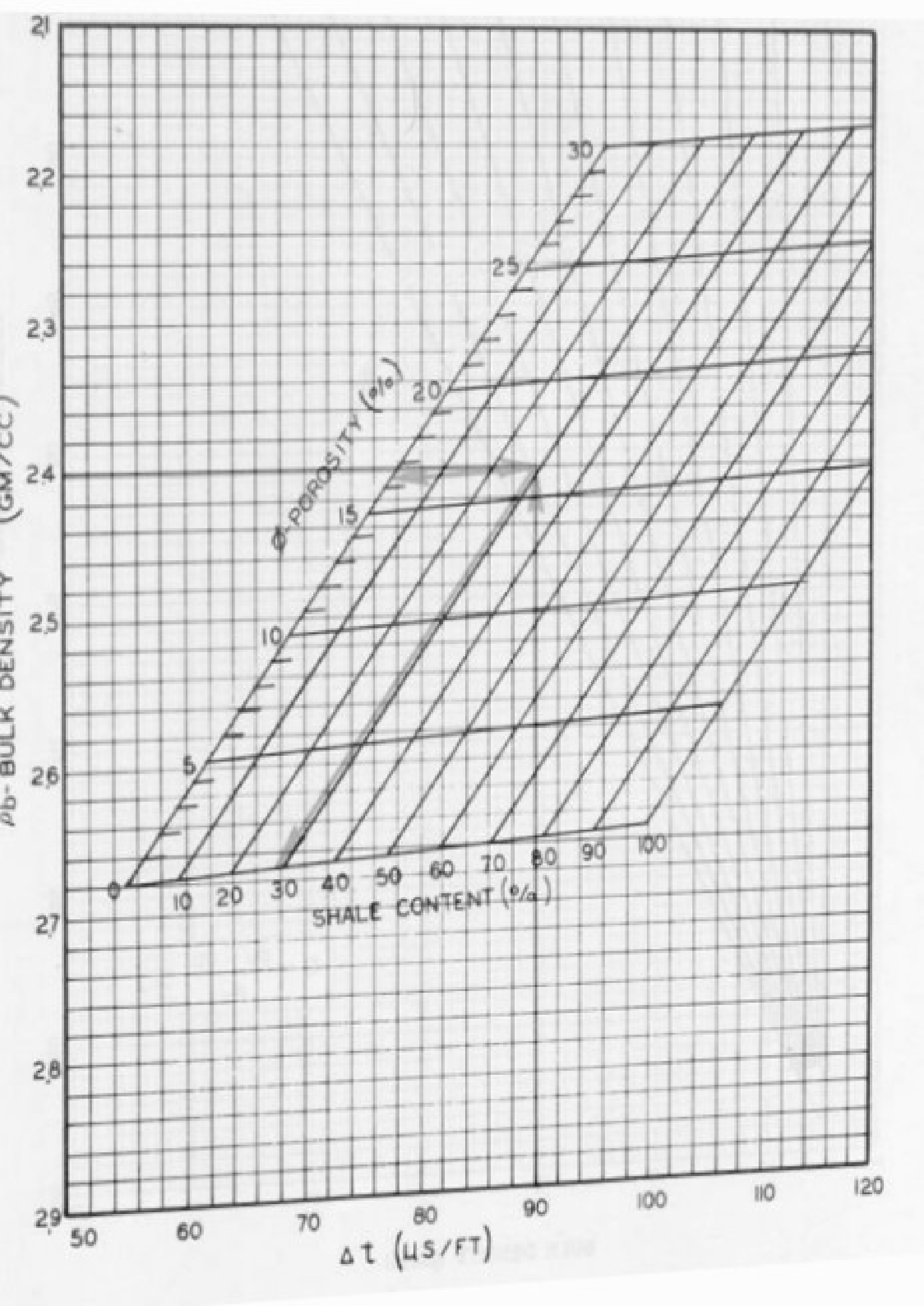
كذلك يفيدGRلتحديد المناطق Unconformityوذلك نتيجة وجود معدن كلوكونايت المشع حيث يعطي قراءة عالية نسبيا و يكون على شكل Pick .

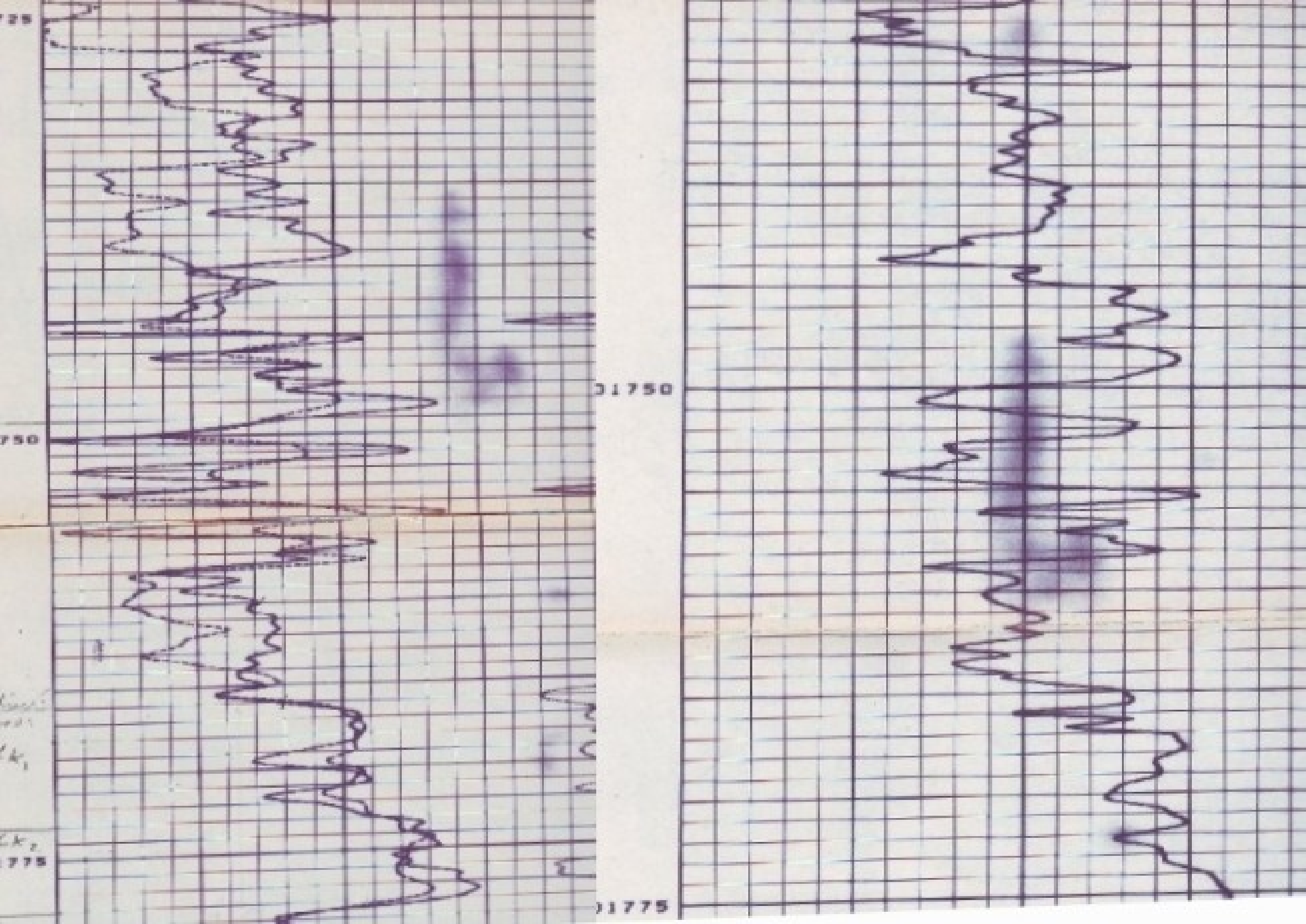
GR [GAPI]
0
150
190 kppm
KCl
Fresh
Mud
x15
10 in. HS
x20


9-03-90 05:13 1691.6 161305 0033-04 0 0001-16 2
GRS API 100
GR API 100
CALIPER X 14
-0.35 ΔP 0.15
1.95 P(B) 2.95
15 Φ(CNS) -15
01700


CALI
SP
-100
-50
LLD
MLL
0.2
2000
CNP
7050
7100
7150
7200
7250
7300
7350
7400
7450
7500


GAMMA RAY INDEX I_{GR} = $\frac{GR - GR_{Clean\ Sand}}{GR_{Shale} - GR_{Clean\ Sand}}$
1.0
.9
.8
.7
.6
.5
.4
.3
.2
.1
0
TERTIARY ROCKS
OLDER ROCKS
10
20
30
40
50
60
70
80
90
% CLAY (V_{sh})


ρb- BULK DENSITY (GM/CC)
2.1
2.2
2.3
2.4
2.5
2.6
2.7
2.8
2.9
Φ-POROSITY (%)
0
5
10
15
20
25
30
SHALE CONTENT (%)
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Δt (μS/FT)
50 60 70 80 90 100 110 120



Induction Log:A :

يستخدم في حالة طين الحفر العذب (الغير المشبعة بالملح)أو طين حفر ذات الأساس النفطي والابار الخالية من الطين ، وكذلك يستخدم في الطبقات ذات المقاومة القليلة .يتكون من مرسلة واحدة أو أكثر Transmitting coilيقوم هذا الملف ببث مجال مغناطيسي عالي التردد يؤدي إلى تكوين تيارات ثانوية في الطبقة والتي تخلق بدورها حقولا" مغناطيسية ثانوية تسجل على شكل إشارات في الملفات المستلمة Receiver. .coilsافضل انواع اجهزة الحث هو Daual inductionوالذي يحتوي على تسجيليين أحداهما عميق والأخر متوسط كما يحتوي على تسجيل اخر للمقاومة النوعية الضحلة (القريبة من جدار البئر)LL3 . يستخدم هذا الجهاز في التجويف (4.75) أنج كحد أدنى ويعطى نتائج جيدة في حالة مقاومة عالية –متوسطة لطين الحفر او غير موصل للتيار الكهربائي . بصورة عامةيستخدم في حالةأن يكون نسبة مقاومة راشخ الحفر Rmfالى مقاومة ماء التكوين Rwاكبر من (2.5)

$$Rmf / RW > 2.5$$

هذا جهاز يعطي نتائج جيدة أذا كان سمك الطبقة الصخرية العمودية (Vertirtical resolution) أكثر من5 قدم

يفضل استعمال هذه المجسات في الابار التي لايتجاوز فيها درجة الحرارة ٣٥٠ فهرنهايت وضغط 1500 psi

في الآونة الأخيرة قلت استعمال هذا النوع من المجس في الحقول الكاربوناتية واقتصرت على الحقول الرملية .

حدود عمل induction log

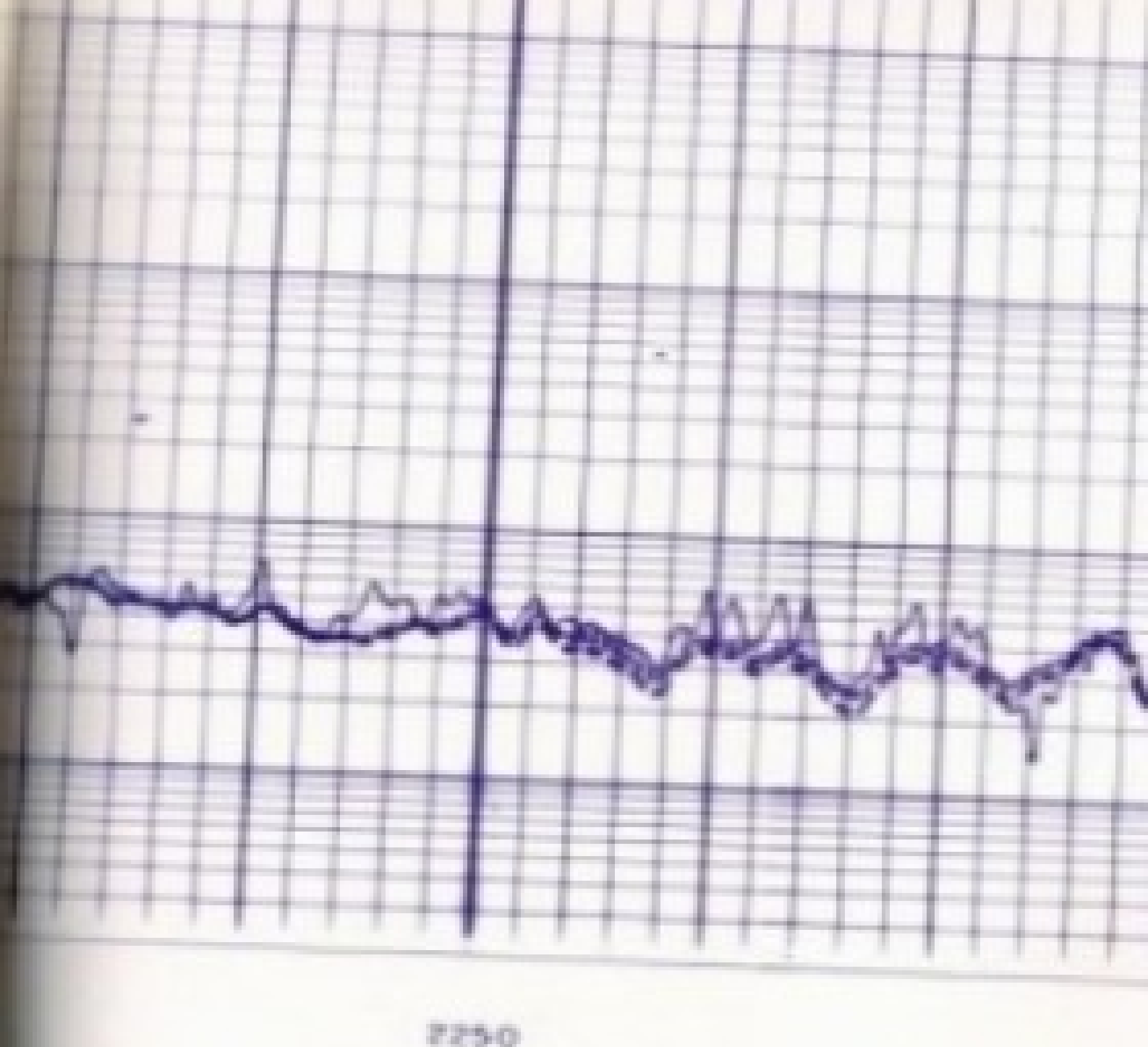
١. لايستعمل في الطين المالح

٢. لايستعمل في التكاوين ذات المقاومة العالية

٣. لايعمل في الطبقات الرقيقة

٤. يكون الجس متأثرا بالطبقات المائلة ويقرأ قرأة خاطئة

٥. في الابار الافقية يتأثر مقاومة الطبقة بمقاومة الطبقات المجاورة



7250

B : مجس DLL (Daual Lateral log)

يستخدم هذا الجهاز بصورة فعالة مع الأطيان المالحة وفي قياس مديات المقاومة العالية جدا".كما انه يستطيع تحديد الطبقات الرقيقة ذات السمك القليل .هناك في الجهاز أقطاب كهربائية بعضها موصل للتيار الكهربائي والأخرى تستعمل لقياس فرق الجهد .يحتوي الجهاز على تسجيليين أحداهما عميق LLD والذي يستخدم لقياس المقاومة النوعية العميقة للمنطقة الغير المكتسحة Vergin Zone والأخر ضحل Ri للمنطقة المغزوة براشح طين الحفر invaded Zone هناك تسجيل اخر يسمى MSFl (Micro-Spherically-Fecuse log) يستخدم لقياس المقاومة النوعية للمنطقة القريبة من جدار البئر RXo (عمق التسجيل لايتجاوز بضع أنجات) ينزل الجهاز في الآبار ذات الأقطار من(5-16)

يتم تسجيل مجسات المقاومة النوعية بمقياس لوغاريتمي يتراوح بين (0.2-2000) اوم /متر كما في الشكل ادناه.

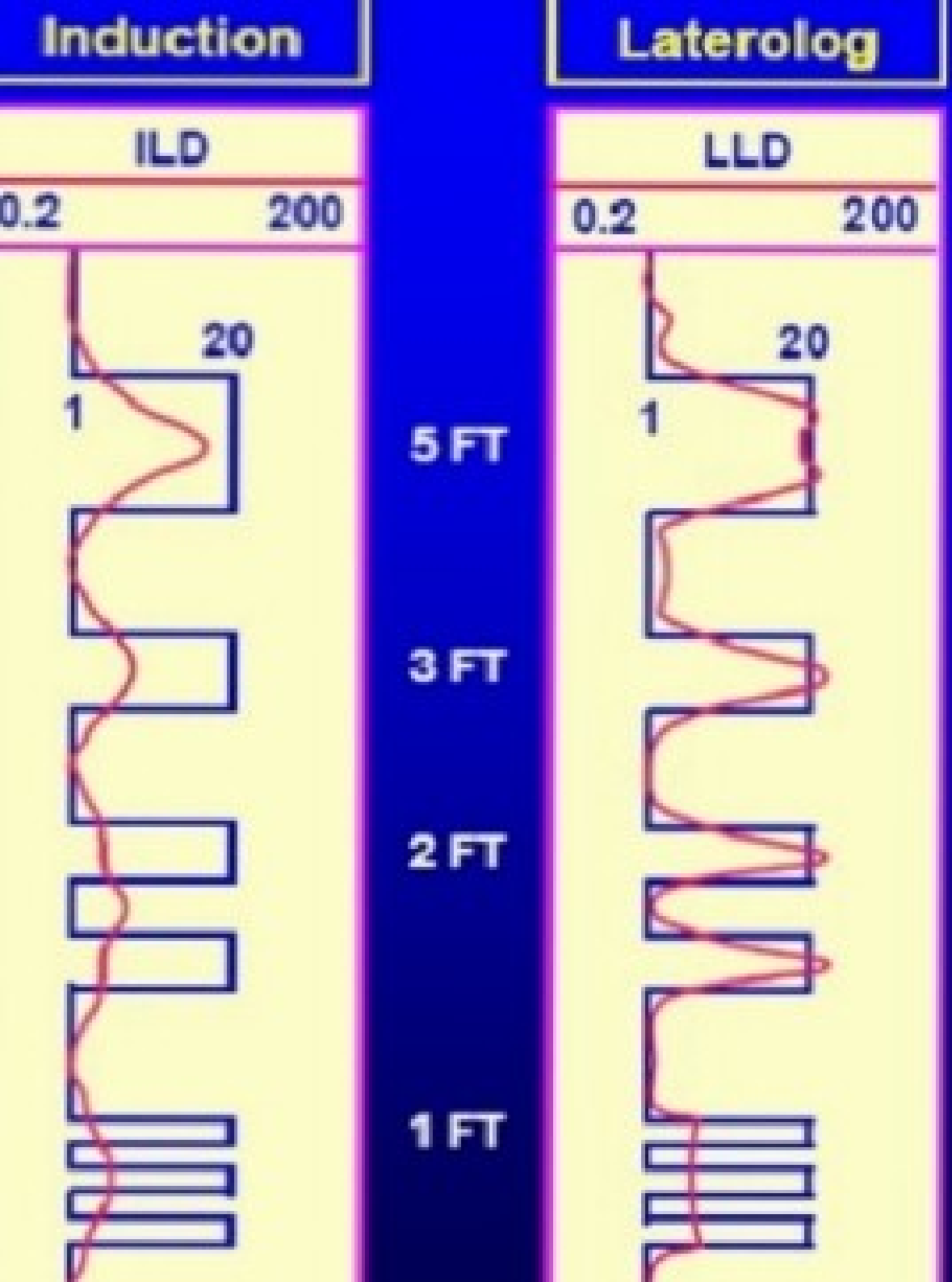
6	402108	0093-01	0	17
0.2		R-MSF (Ω-M)		2000
0.2		R-LLS (Ω-M)		2000
0.2		R-LLD (Ω-M)		2000

يعطي نتائج جيدة في الطبقات التي سمكها أكثر من قدمين ،لاتتأثر بدرجة كبيرة بسائل الحفر او بالطبقات المجاورة ولها قابلية في تحديد الطبقات الرقيقة .

RT = مقاومة الحقيقية True RESISTIVITY للمنطقة الغير مغزوة (Vergin zone)

RXO =مقاومة المنطقة المكتسحة (Flushed zone)

المسافة او الفاصل بينهما يتوقف على الاختلاف بين ملوحة filtrate و ماء التكوين



Resistivity Log Limitations In Thin Beds

Approach

- Forward model for 6FF40 and Dual Laterolog deep resistivity curves.
- 1 to 20 ohmm constrast with no invasion.

Key Points

- ILD does not resolve beds thinner than 5 feet.
- LLD does not resolve beds thinner than 2 feet.
- Conductive invasion significantly suppresses LLD response.

الاكتساح invation

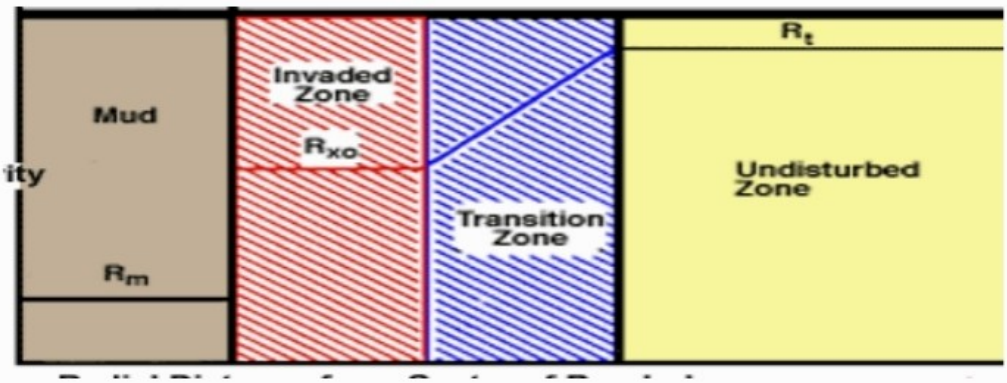
اثناء حفر الابار تكون ضغط الهيدروستاتيكي لعمود سائل الحفر دائما اكبر مقارنة بضغط مسامات التكوين ، هذا يمنع تدفق البئر ، ولكن بسبب فرق الضغطين بين عمود سائل الحفر والتكوين يكتسح سائل الحفر نحو التكوين في الاماكن ذات النفاذية ويترسب اجزاء الصلبة للسائل على جدار البئر مكونا كعكة طينية mud cacke. هذا الاكتساح يغير صفات التكوين حول التجويف

اعتمادا على مدى الاكتساح تقسم التكوين الى ثلاثة مناطق zones :-

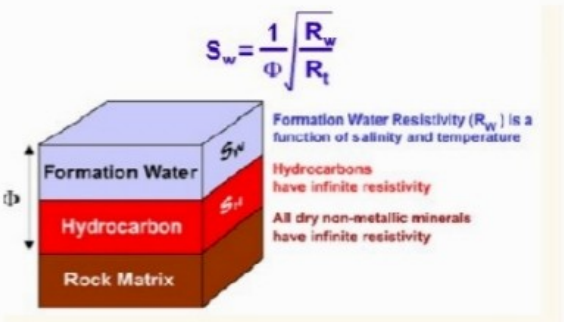
المنطقة المكتسحة (invaded zone) في هذا المنطقة ماء التكوين و جزء من الهيدروكاربون تغسل بواسطة عملية filtration . اذا كان الغسل كلي يحل سائل الحفر مكان ماء التكوين، اما اذا كان التكوين حاويا على هايدروكاربون يبقى residual oil في المنطقة .

المنطقة الانتقالية transition zone يأتي هذا المنطقة بعد المنطقة المكتسحة ، يكون mud filtrate اقل لذلك يحتوى على ماء التكوين وسائل الحفر .

Uninvaded zone منطقة لم يصلها تأثيرات سائل الحفر اي غير ملوثة ممكن ان نقول منطقة حقيقية (TRUE ZONE) . هذا هو المنطقة المهمة ونريد تقيمه .



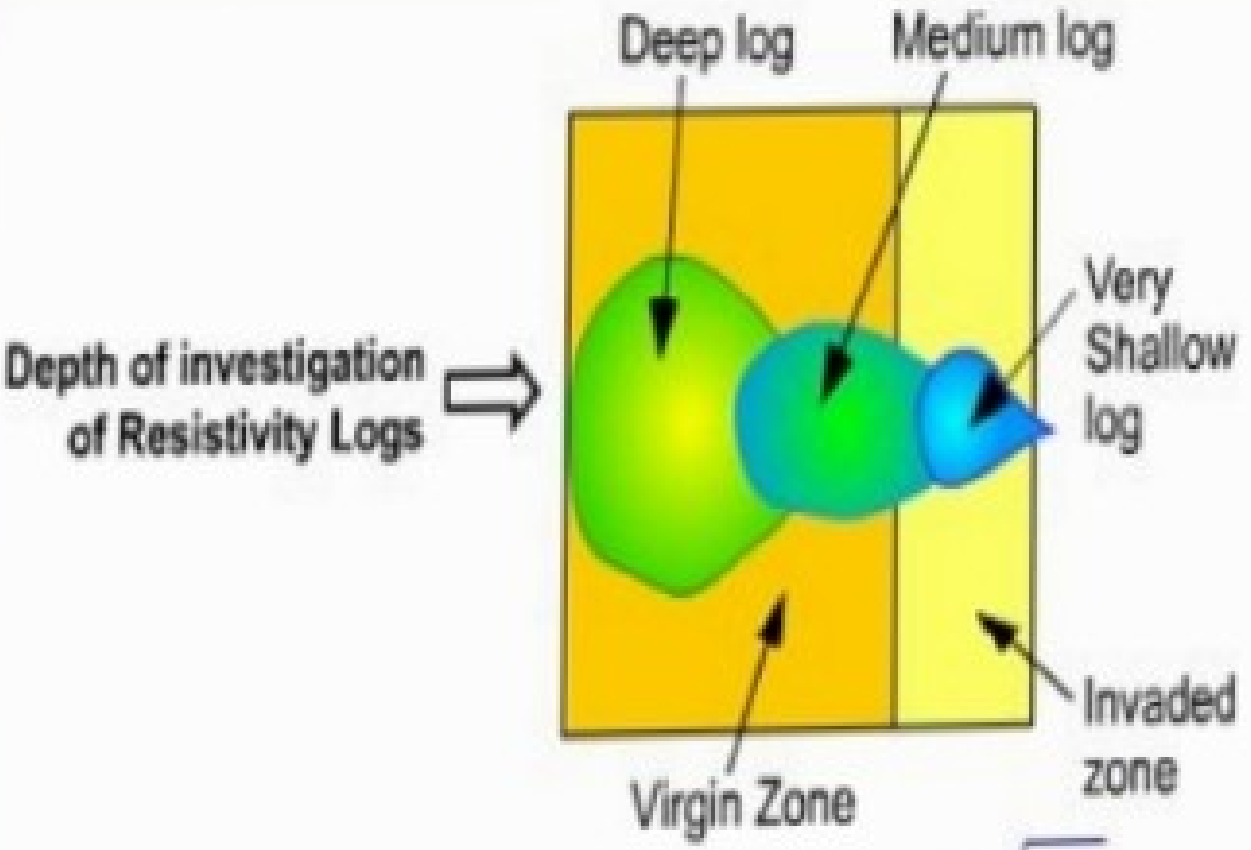
معادلة ارجي ARCHIE :



المناطق النفطية والمائية الخالية من SHALE . المسامية وال

المقاومة فقط من عمق الى عمق أخر . ممكن حساب SW ال

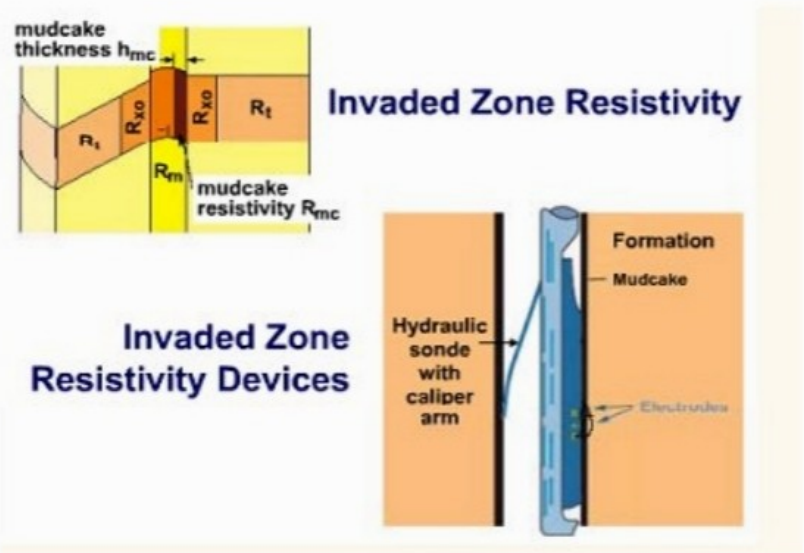
التشبع المائي في المنطقة الضحلةSXO . وتستخدم RT لح



$$R_{xo} = f\,(\text{Very Shallow Log}) \qquad S_{xo} = \frac{1}{\Phi}\sqrt{\frac{R_{mf}}{R_{xo}}}$$

$$R_t = f\,(\text{Very Shallow log, Medium log, Deep log}) \qquad S_w = \frac{1}{\Phi}\sqrt{\frac{R_w}{R_t}}$$

جهاز تسجيل مقاومة المنطقة المكتسحة:



الهدف من جهاز المقاومة الضحلة هو لحساب مقاومة المنطقة المكتسحة . يتألف الجهاز من الكترودين ولوح مضغوطان باتجاه معاكس لmud cacke والتكوين للحصول على تيار مباشر لدخول المنطقة المكتسحة وكذلك لتقليل تأثير التجويف. يمكن استخدام الجهاز في محيط ذات طين موصل (conductive mud) وتسمى هذا الجهاز (MSFL (Micro spherical foucse .

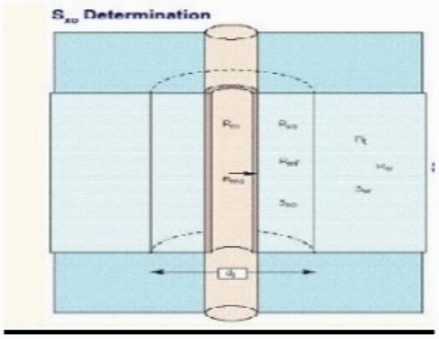
تطبيقات الجهاز :

١- قياس RXO اى مقاومة المنطقة المكتسحة

٢- ممكن عن طريقه نستدل على مقاومة الحقيقية RT

٣- حساب النفط المتحرك Movable oil

٤- مؤشر للنفاذية



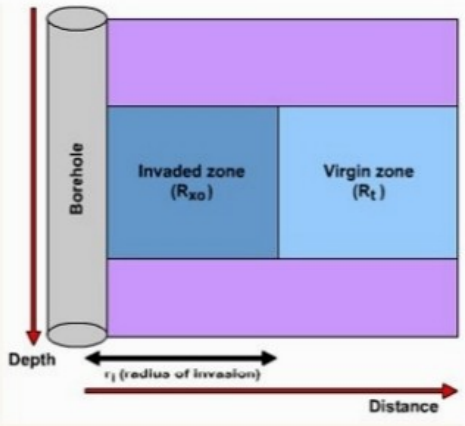
بواسطة المعادلة $sxo= \sqrt{F*Rmf / Rxo}$

ممكن الحصول على التشبع المائي في المنطقة المغزوة (flushed zone)

Rmf مقاومة سائل الحفر محسوب اصلا في السطح وتصحح لدرجة حرارة التكوين

احد تطبيقات RXOهو استخراج النفط المتحرك (MOVABLE OIL) وذلك بعد تطبيق معادلة ارجي في المنطقة المغزوة ينتج عنه SXO اذا كان $SW /SXO < 0.7$ هو مؤشر بوجود النفط المتحرك وقيمته يساوي SXO-SW

RMCمقاومة الكعكة الطينية (MUD CACKE) وغالبا ماتهمل



مقاومة ماء التكوين (RW)

. وهي عبارة عن مقاومة الماء الموجود في المسامات في المنطقة الغير مكتسحة . يمكن حسابه بعدة طرق منها طريقة المجسات:-

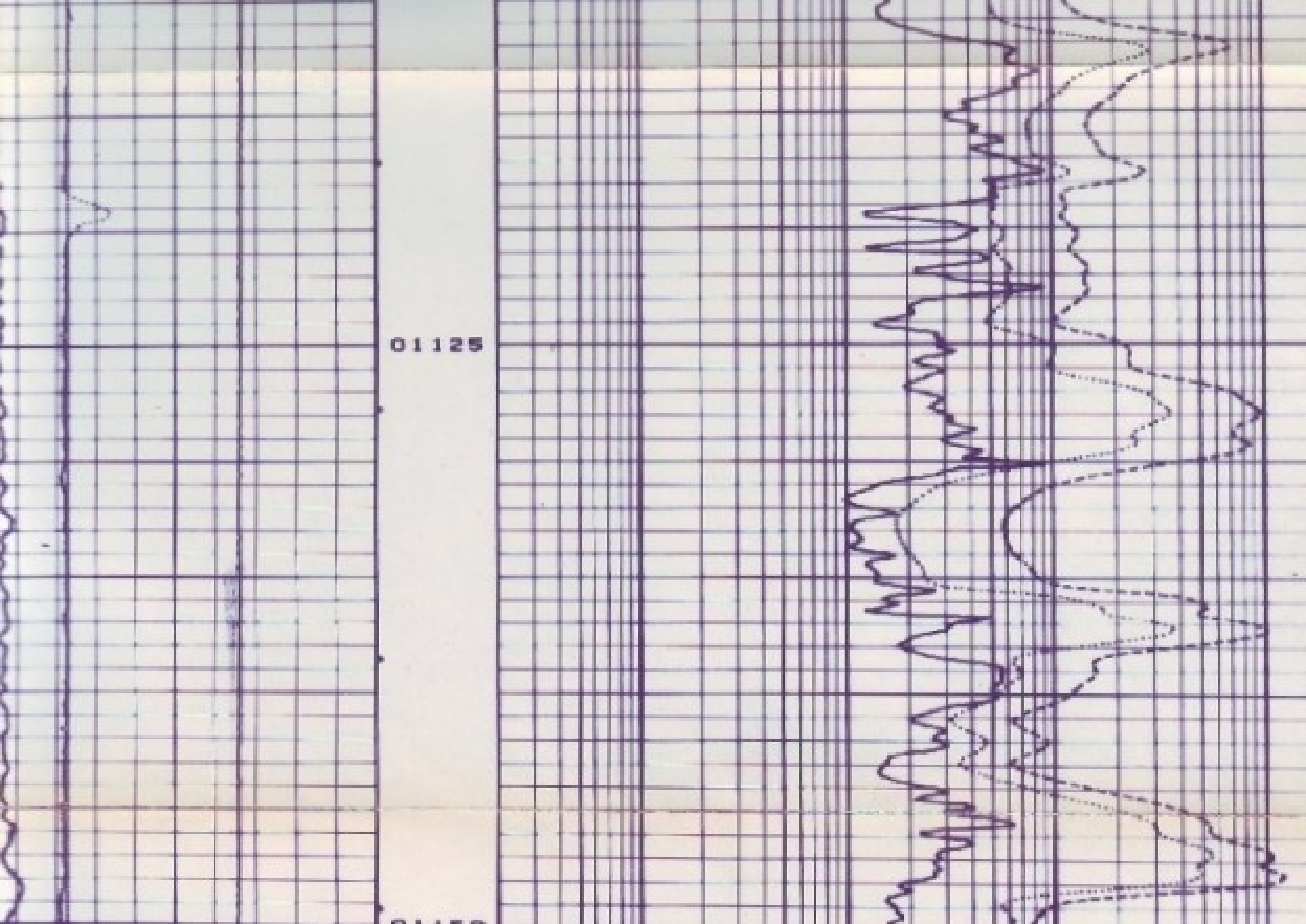
١. RO=FRW في المنطقة المائية أي $Rw= Ro / F$

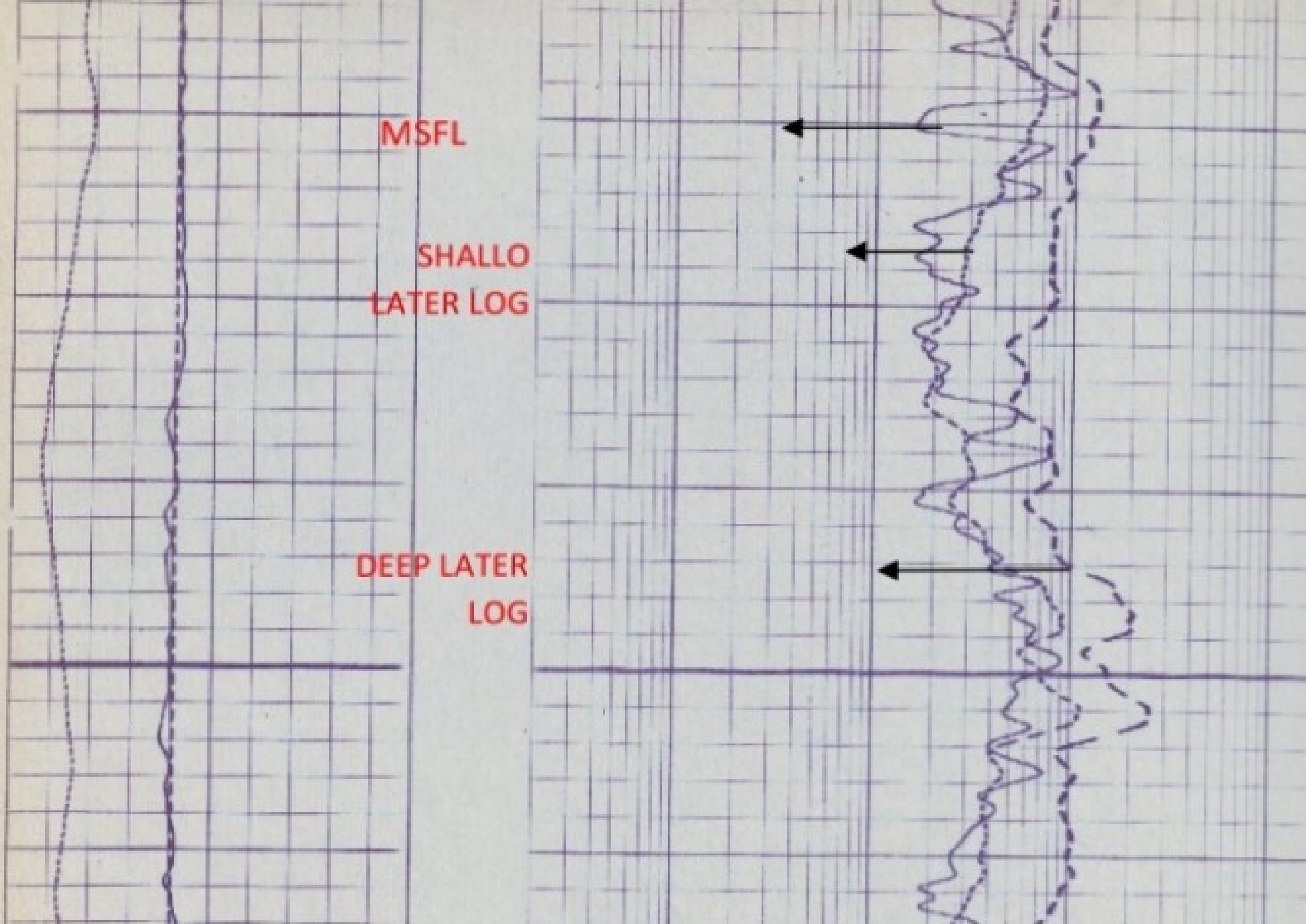
Ro =مقاومة المنطقة الغير مغزوة عندما يحتوي على ١٠٠% من الماء

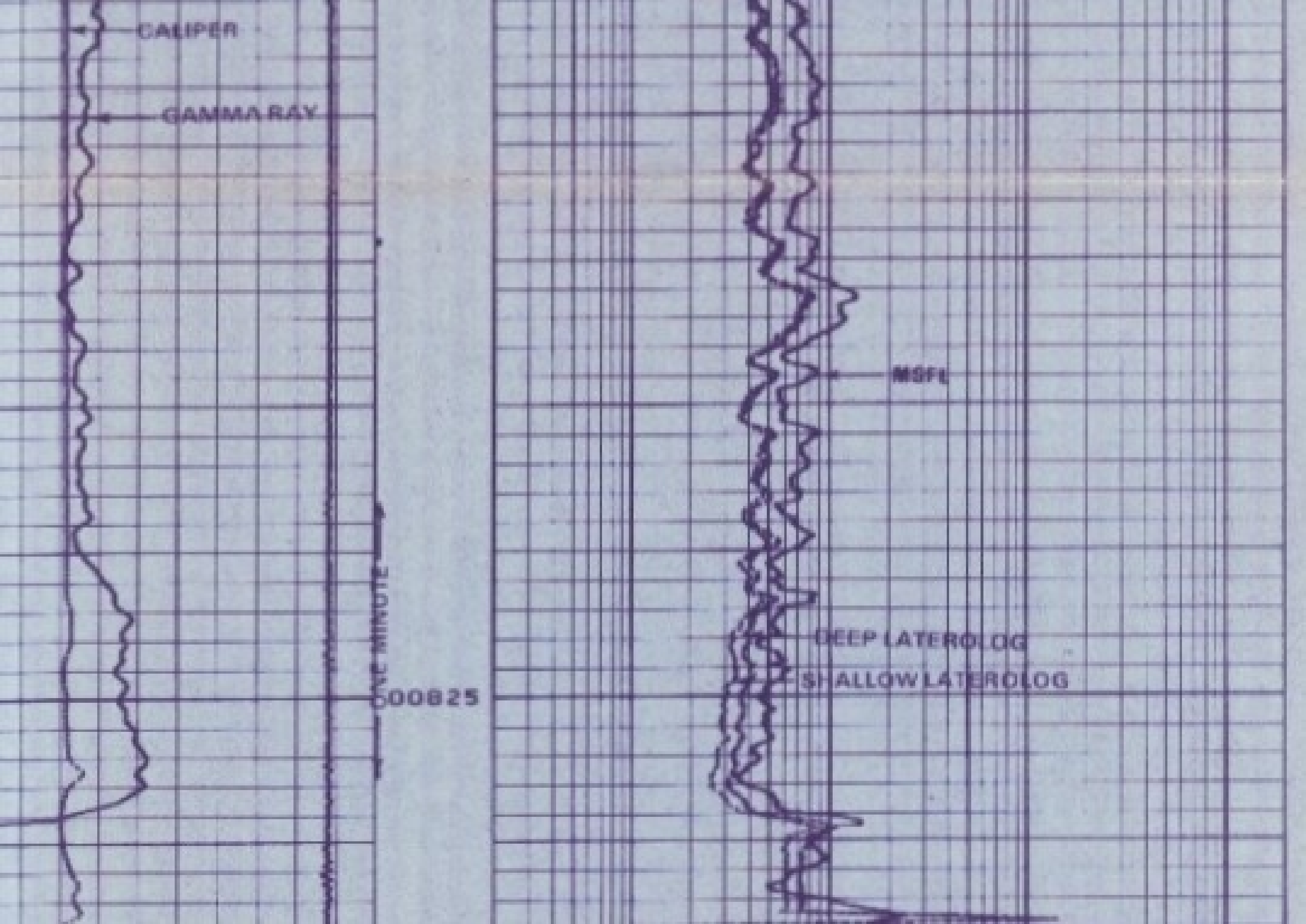
٢. معادلة ارجي في المنطقة النفطية

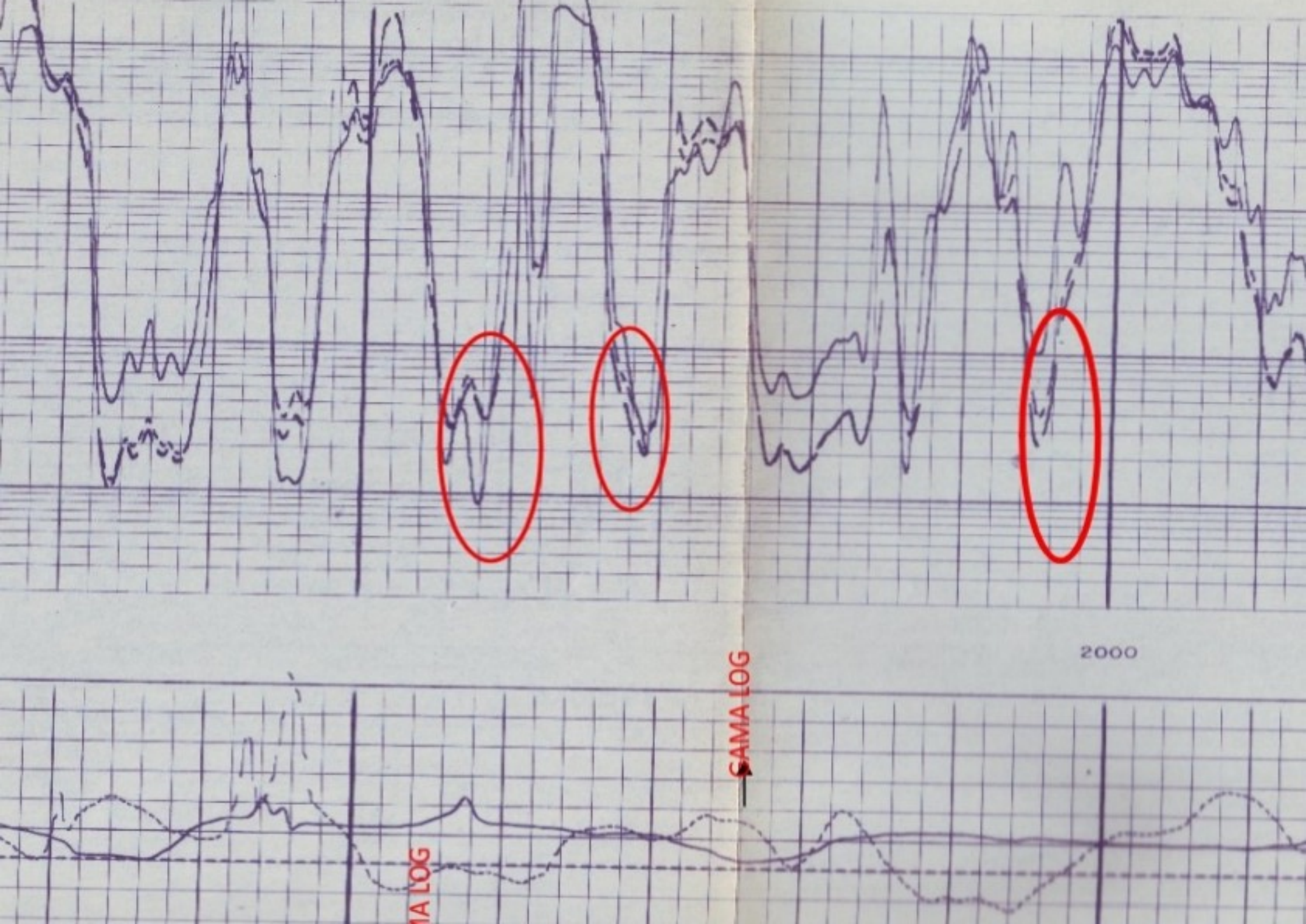
يمكن تصحيح مقاومة RW حسب درجة حرارة التكوين عن طريق المعادلة الاتية :-

$$RW2=RW1(T1+6.77) /(T2+6.77)$$


01125


MSFL
SHALLO
LATER LOG
DEEP LATER
LOG


CALIPER
GAMMA RAY
ONE MINUTE
000825
MSFL
DEEP LATEROLOG
SHALLOW LATEROLOG


2000
SAMA LOG
MA LOG

٢- درجة الحرارة (Tempreture) يتناسب عكسيا

٣- وجود الهيدروكاربون يتناسب طرديا

٤- تلعب الصخارية Lithologyدورا" غير مباشرا" في السيطرة على المقاومة عندما يكون قطر البئر غير منتظم (Rughose) في ذلك الوقت يقرأ الجهاز مقاومة المائع الموجود بين المسند Padوالتكوين.

٦- نوع كعكة الطين mud cake وسمكه.

٧- مدى الغزو Invation diameter.

٨- عمق البئر (الصخرة الموجودة في عمق 100M توصيليتها تزداد 100% قياسا"بنفس الصخرة الموجودة على السطح وذلك لأن توصيلية الماء تزداد بزيادة درجة الحرارة) .

تطبيقات مجس المقاومة

١- أيجاد التشبع المائي والهيدروكاربوني .

٢- تحديد الصخارية.

٣- تحديد موقع المنطقة الهيدروكاربونيه.

٤- تحديد حجم Shale.

٥- لغرض المضاهاة .

ملاحظات حولResistivty Log

١- أذا كان هناك فاصل SeparateبينRt وRxo هذا دليل على أن هناك اختلاف بين صفات سائل الحفر وصفات التكوين وكذلك يدل على ان المنطقة نفاذة .

٢- ان مجس المقاومة لايميز المنطقة النفطية و المنطقة الغازية بل يحدد المنطقة الهيدروكاربونية بصورة عامة ،ولغرض التميز بينهما نستعين بمجس الكثافة والنيوترون FDCCNL Log

٣- قراءة المقاومة في منطقة Shale والمنطقة المائية المكمنية متساوية تقريبا".

٤- الصخور الصلدة لها مسامية قريبة من الصفر ومقاومة عالية ولا تحتوي على الهيدروكاربون ولكن الصخور المكمنية الحاوية على الهيدروكاربون لها مسامية عالية ومقاومة عالية .

٥- في حالة استعمال Fresh waterيقرأ Rxoعالي أما في حالة ماء ملحي يقرأ Rxo قليل

٦- كلما اقتربت قراءة deep log وMed log تعني المنطقة قليلة النفاذية.

كيفية التعرف على منطقة عديم النفاذية Impermiable Zone:

١- تكون قراءة مجس Gama rayعالي (كلما يزداد المعادن الطينية يقل النفاذية) .

٢- عدم وجود كعكة الطين mud cake.

٣- Rx≈Rt

٤- مجس النيوترون يقرأ مسامية ظاهرية أعلى من مسامية Density Log

كيفية التعرف على المنطقة النفاذة Permiable Zone

١- هناك فاصل Separateبين قراءة RtوRxo

٢- هناك كعكة الطين mud cake وقراءة Caliper Log يقرأ اقل من القراءة الحقيقية

تكون المقاومة عالية في الحالات الآتية :

١- اذا كانت مسامات الصخور المكمنية مملؤة بالهيدروكاربون أو ماء عذب أو بتيومين أو أسفلت .

٢- وجود طبقة صلدة ذات مسامية واطئة مثل أنهايدرات

٣- احتوائ الطبقة على صخور نارية أو متحولة

تكون المقاومة قليلة في حالات الآتية :

١- في حالة وجود Shale

٢- في حالة وجود ماء أي احتواء المسامات على سوائل موصلة

٣- نادرا" مايقل المقاومة بسبب احتوائه على معادن موصلة مثل سلفا يد

LITHO DENSITY LOG

الجهاز يشبه جهاز density log يحتوي على مصدر مشع Gamaray sourceومستلمان توضع على جدار البئر . ينزل الى داخل البئر مع جهاز مجس الكثافة .مقياسه من (10 -- 5-0).

مبدأ العمل : عندما يبعث جهاز الكثافة الأشعة يكون مصيره بشكلين:

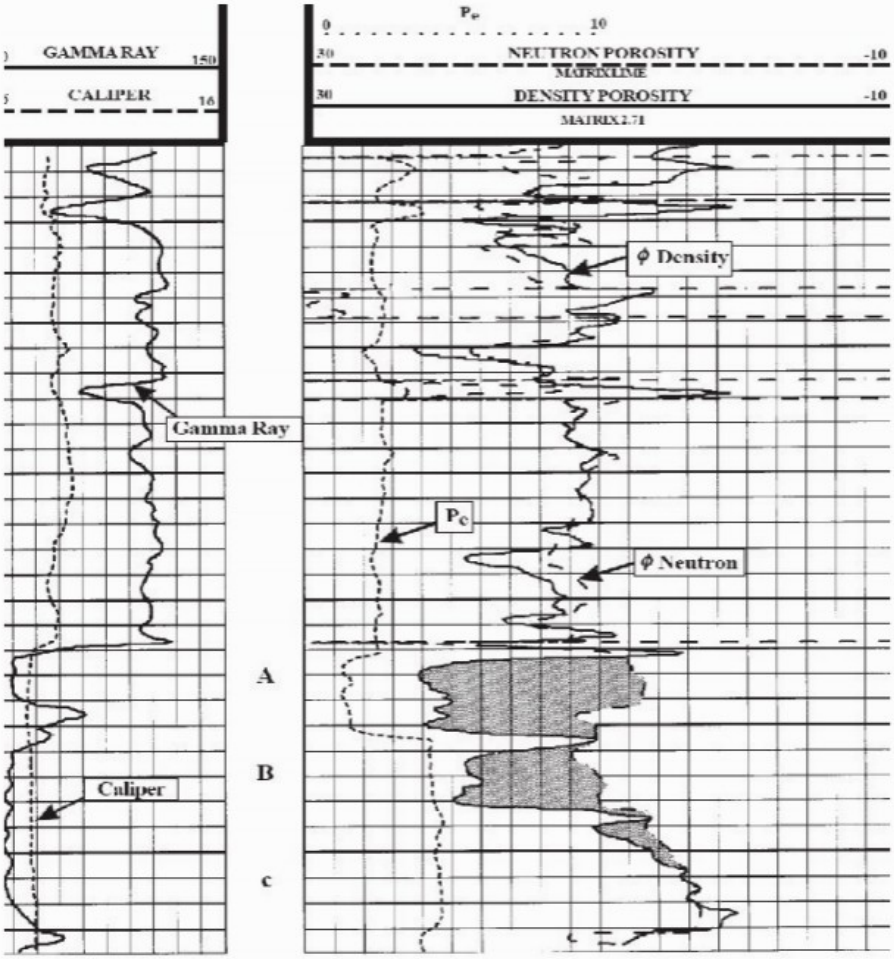
١. Compton Scattering(الاشعة المبعثرة)التي يزيح الالكترونات ولا تمتصها وبذلك نحصل على الكثافة الكليةBulk density (ρ) .

٢- Photo electricهذه الأشعة تصطدم بالالكترونات ويمتص طاقتها ،هنا نحصل على Pe. يعتمد Pe على العدد الذري للمادة أو التكوين ,بما أن لكل ماده عددها الذري الخاص لذا يمكن الحصول على الصخارية Lithology.

كلما ازدادت كثافة التكوين كلما قلت المواد المشعة المستلمة . يعتمد معامل Photo electric absorption فعليا على المسامية،يقل المعامل كلما زادت المسامية.الصخارية البسيطة مثل الحجر الرملي النقي أو أنهايدرايت يمكن قرائتها مباشرة من Pe curve .

Mineral	ρ_b g/cm³	ϕ_N p.u.	Δt µs/ft	P_e barn/e
Quartz	2.65	-2	56	1.8
Calcite	2.71	0	49	5.1
Dolomite	2.86	2	44	3.1
Illite	2.52	30		3.5
Smectite	2.12	40		2.0
Halite	2.04	-3	67	4.7
Anhydrite	2.98	-2	50	5.1
Pyrite	4.99	-3	39	17.0
Coal (bit.)	1.24	60	120	0.2
K-Feldspar	2.62	-3	69	2.9

ممكن التمييز بين الصخور من خلال معرفة Pe لكل صخرة كما يلي



A=SANDSTONE

B=DOLOMITIC LIMESTONE

ملاحظة

قلما يستعمل هذا المجس في الصخور الكاربوناتية ومكامن شركة نفط الشمال لأنه في حالة وجود Barite في سائل الحفر لايبقى لمجس Peأي دوركونه يقرأ قراءة عالية 226.6 .

ان هذا المجس أكثر حساسية ل Washoutمن مجس الكثافة .

مجس تماسك السمنت CBL:

يستخدم منذ ستينات القرن الماضي ويعتبر من المجسات الصوتية ويشبه Sonic log من حيث التركيب لها مرسلة Transmitterواحدة ومستلمان Receivers يبعدان عن المرسلة 3,5 اقدام

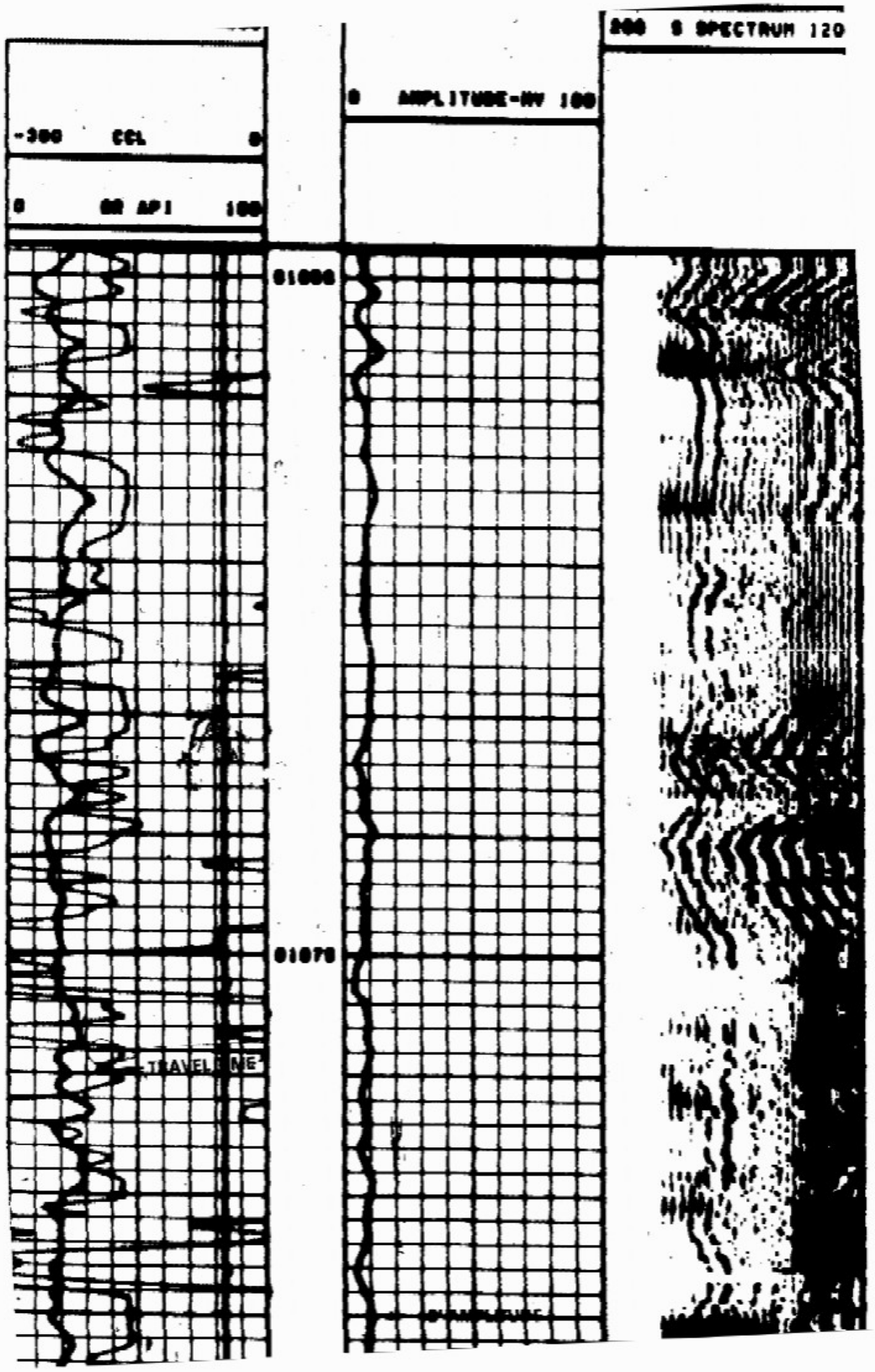
المستلم الأول الذي يبعد 3 اقدام من المرسلة يسجل حالة السمنت بين البطانة والسمنت ويسمى CBL (Cement bond log).

الوحدة التي تقاس بها هيMvويتراوح بين(0-10)Mv اذا كان السمنت في حالة جيدة يكون القراءة قليلة اما أذا كانت حالة السمنت رديئة اوFree pipe يقرأ مجس CBL عالية .

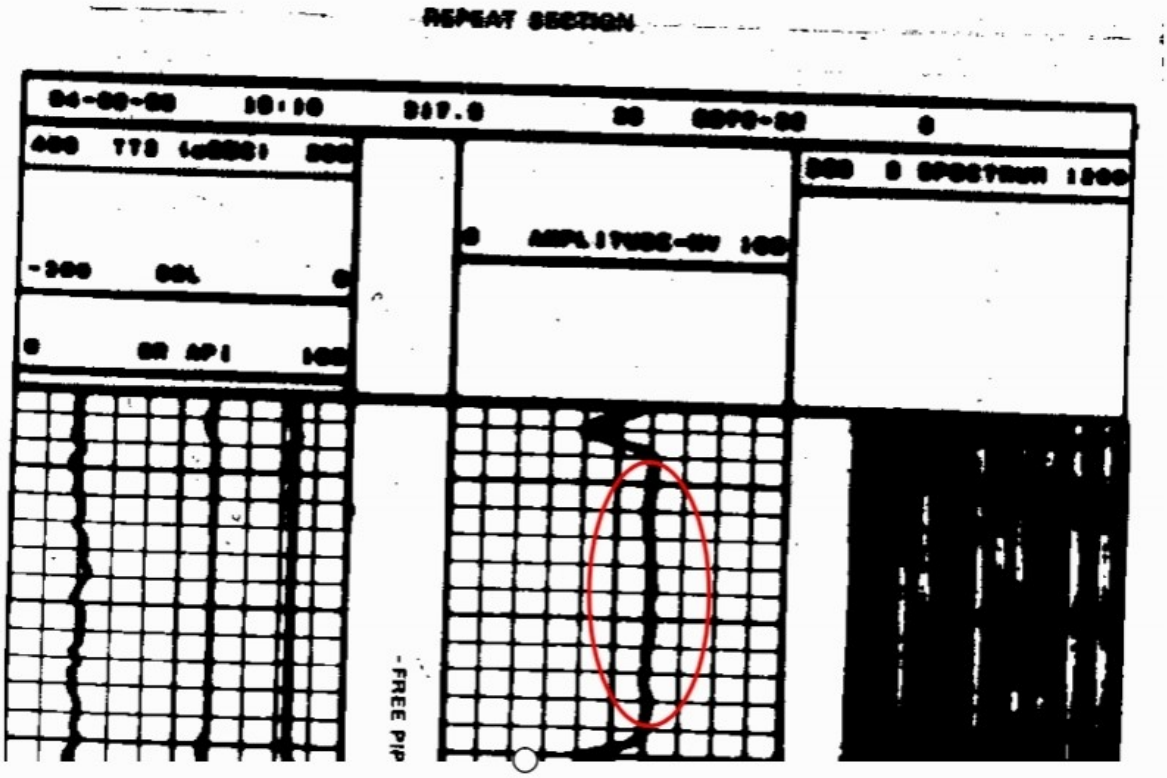
يختلف قراءة CBLحسب قياس قطر البطانة Casingمثلا" اذا كان قطر البطانة5.5inch يقرأ المجس 72mv في حالة Free pipeويقرأ o.7 اذا كان السمنت 100% ويقرأ 4.8 اذا كان نسبة السمنت 60%

اما اذا كان قياس قطر البطانة 7inchيقرا 62 في حالةfree pipe ويقرأ(1) في حالة التسميت 100% ويقرأ 5.5 اذا كان التسميت 60% .

Casing Size (inches)	Casing Weight (lg/gal)	Travel Time (usec)	Free Pipe amplitude (mV)	100% cement amplitude (mV)	60% cement amplitude (mV)	Interval for Isolation (feet)
5.5	15.5	269	72	0.7	4.8	6
	17.0			1.0	6.0	
	20.0			2.1	9.0	
	23.0			3.5	13.0	
7	23.0	269	62	1.0	5.5	11
	26.0			1.7	7.5	
	29.0			2.4	9.3	
	32.0			3.3	13.0	
	35.0			4.0	14.0	
	38.0			5.0	15.0	
	40.0			6.0	17.0	



يوضح مجس CBLحالة تسميت جيد



مجس CBLحالةfree pipe

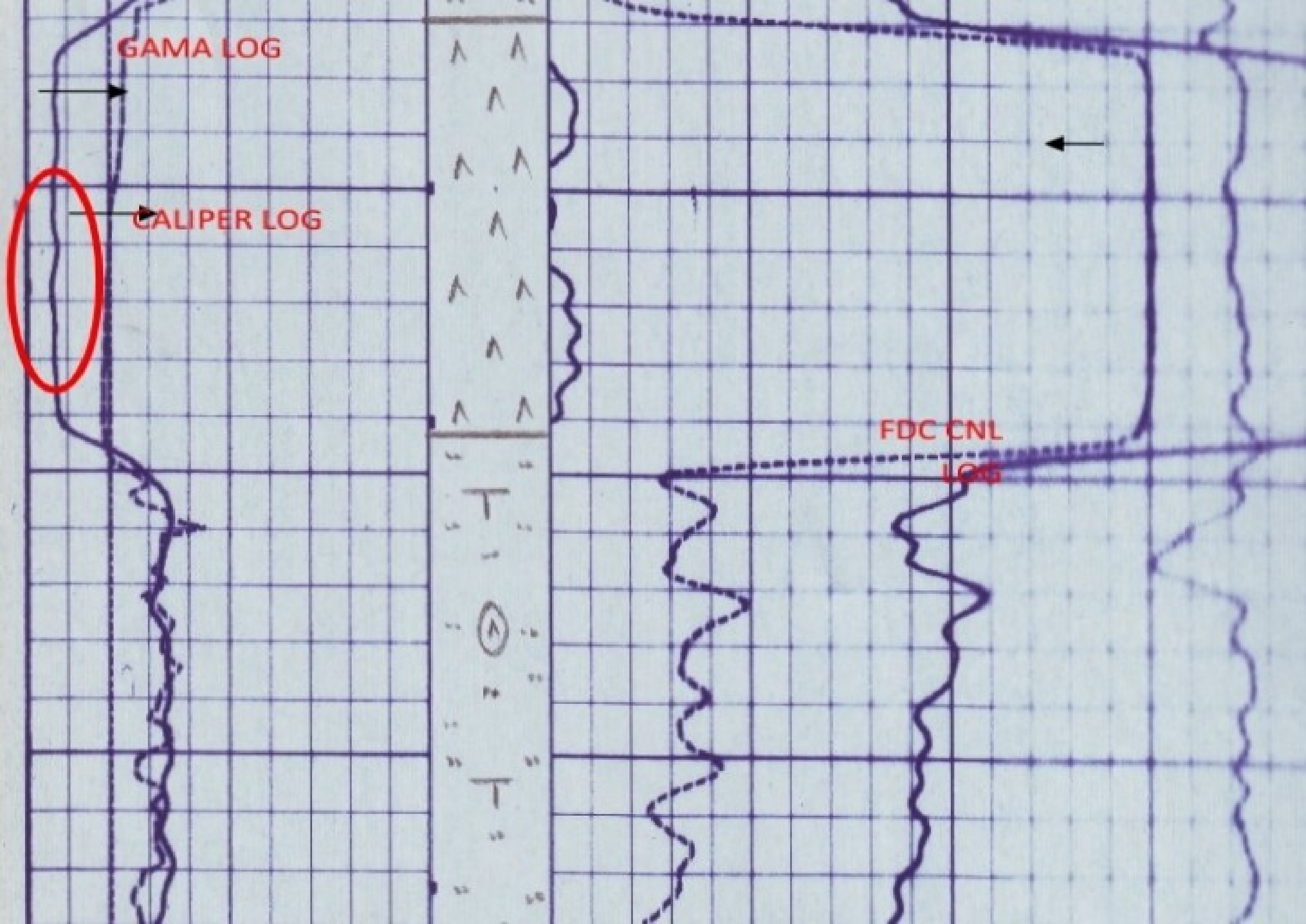
الغرض الرئيسي من أجراء مجس CBLهو التأكد من وجود منطقة عازلة فوق المنطقة المنتجة .

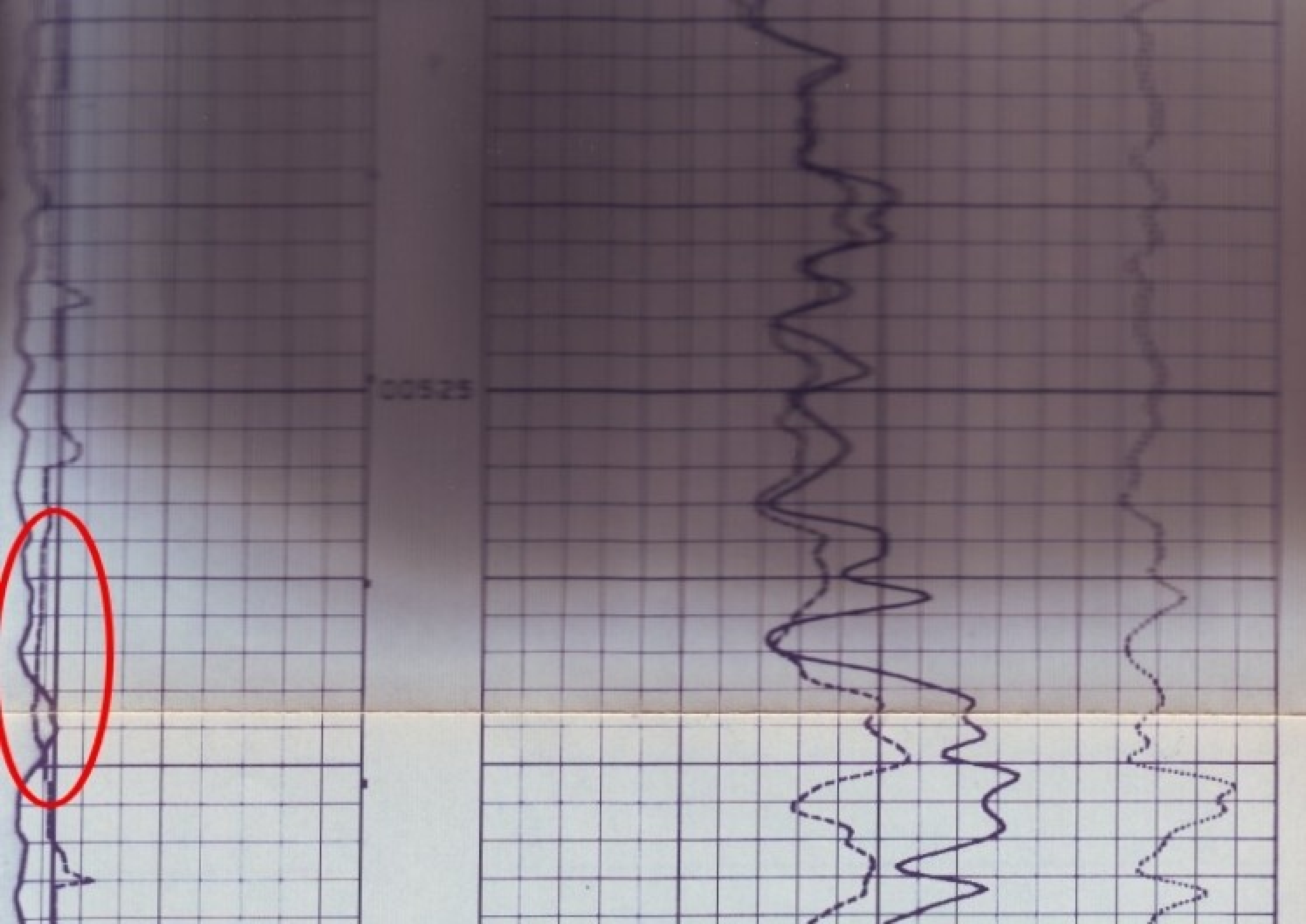
أما المستلم الثاني الذي يبعد ٥ أقدام من المرسلة يسجل حالة التسميت بين البطانة والتكوين ويسمى VDL(Varible density log) يمثل تسجيل VDLالموجات المتنقلة خلال البطانة والتكوين على شكل أشرطة مستقيمة من اللون الأسود والأبيض مع وجود أشكال Wتظهر عند حلبات الفصل في البطانة .

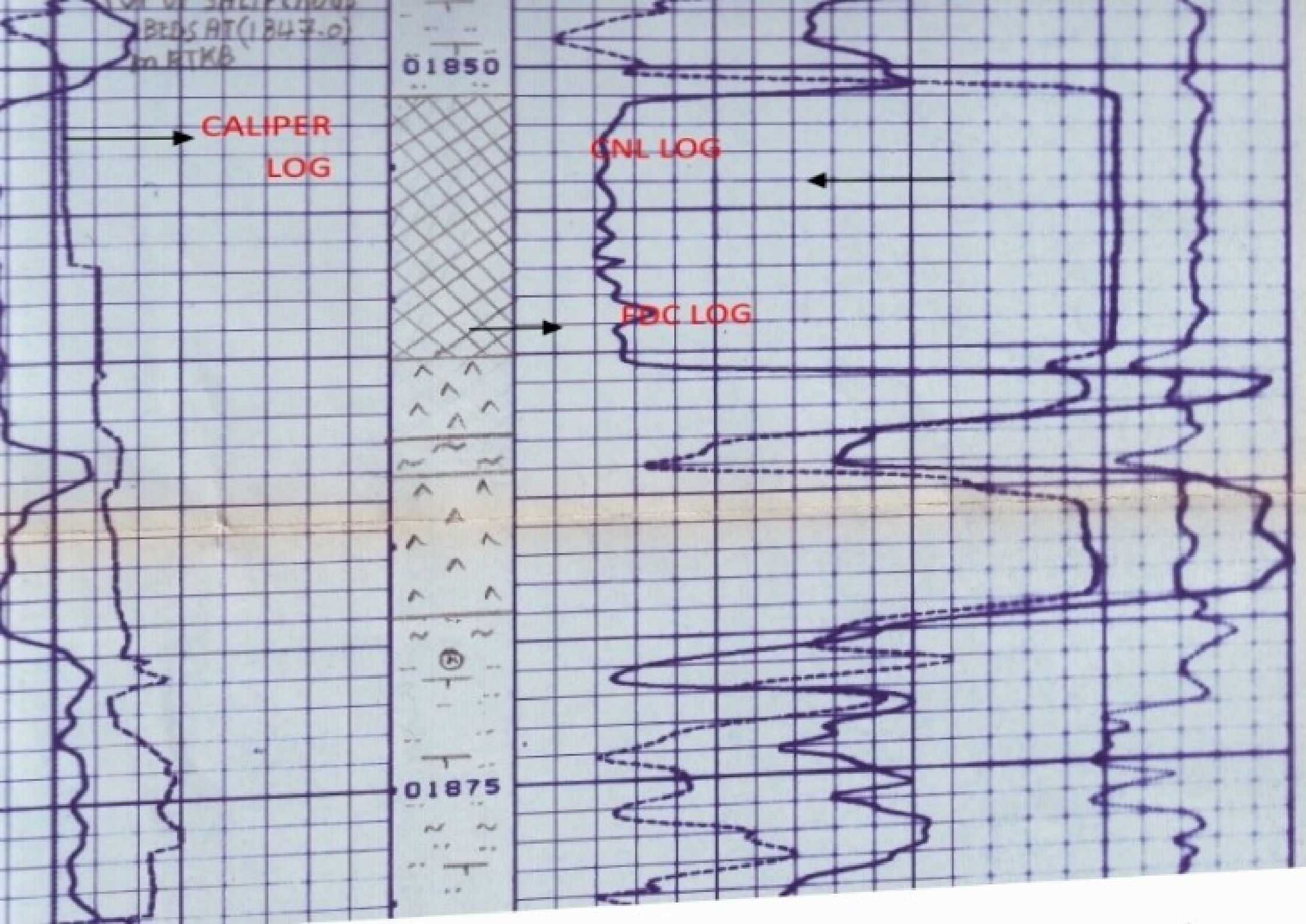
اذا كانت حالة التسميت بين البطانة والتكوين جيد يظهر الأشرطة بشكل فاتح وممسوح أما اذا كانت حالة التسميت رديئةتظهر الأشرطة بشكل غامق .

CCL(Casing Collar Locationg) يظهر حلبات الفصل في البطانة وفائدته الأبتعاد عنه حالة التثقيب Perforation

مجس كاليبر Caliper Log:


GAMA LOG
CALIPER LOG
FDC CNL
LOG




BEDS AT (1847.0)
in RTKB
01850
CALIPER
LOG
CNL LOG
FDC LOG
01875

مجس sp :-

الجهاز يقيس الفولطية او الجهد في التجويف وذلك نتيجة اختلاف الملوحة salinity بين سائل الحفر Rmf و ملوحة ماء التكوين RW .

يعمل الجهاز بصورة صحيحة عندما يكون RMF > RW أي عند استعمال ماء عذب FRESH WATER

فوائده :

١- تحديد الطبقات نقاذة

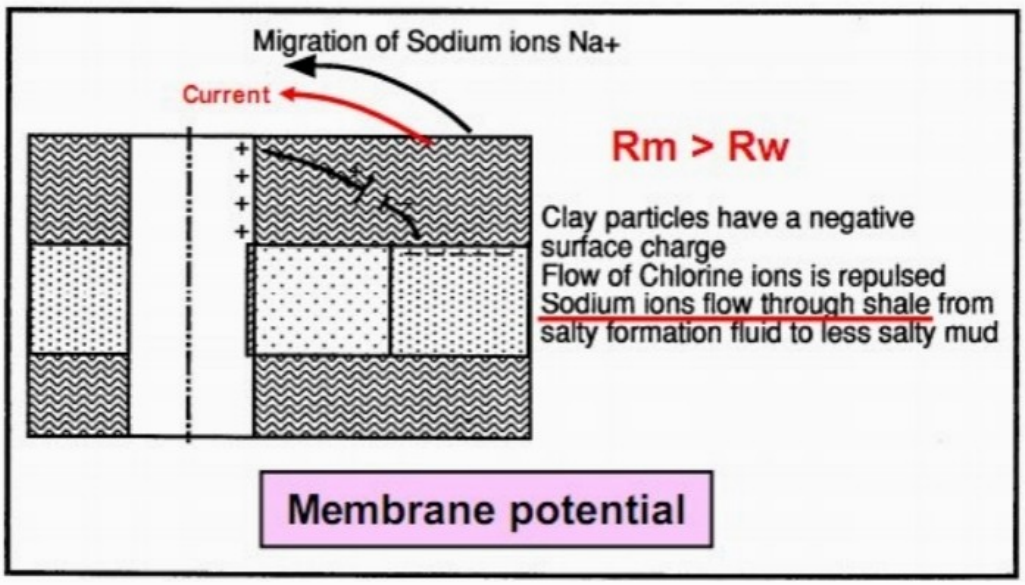
٢- المضاهاة CORRELATION

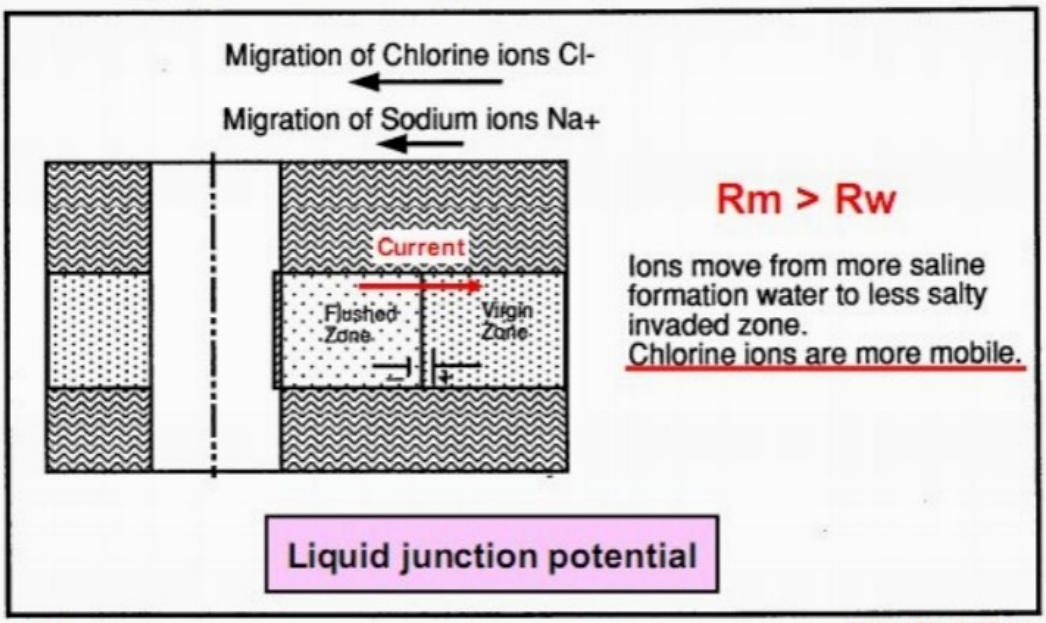
٣- التميز بين الطبقات المكمنية والغير المكمنية

٤- ايجاد RW

٥- ايجاد SHALE VOLUME

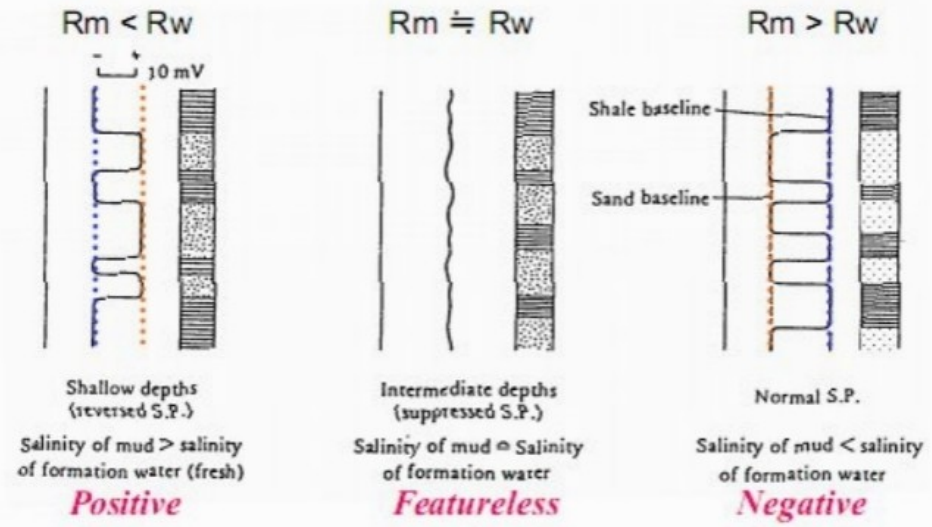
هناك خطان SHALE LINE و SAND LINE. في حالة PERMIABEL ZONE يتجه نحو السالب وفي حالة IMPERMIABLE يتجه نحو الموجب .





moderate

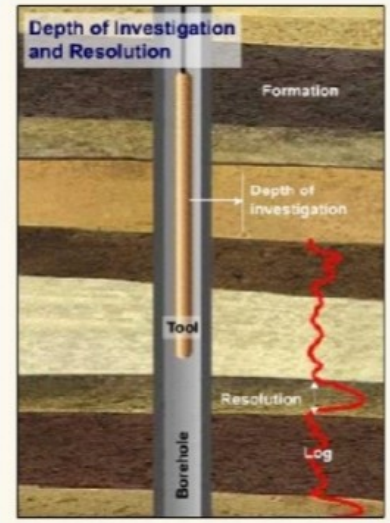
- Different salinity contrasts of mud and formation water.

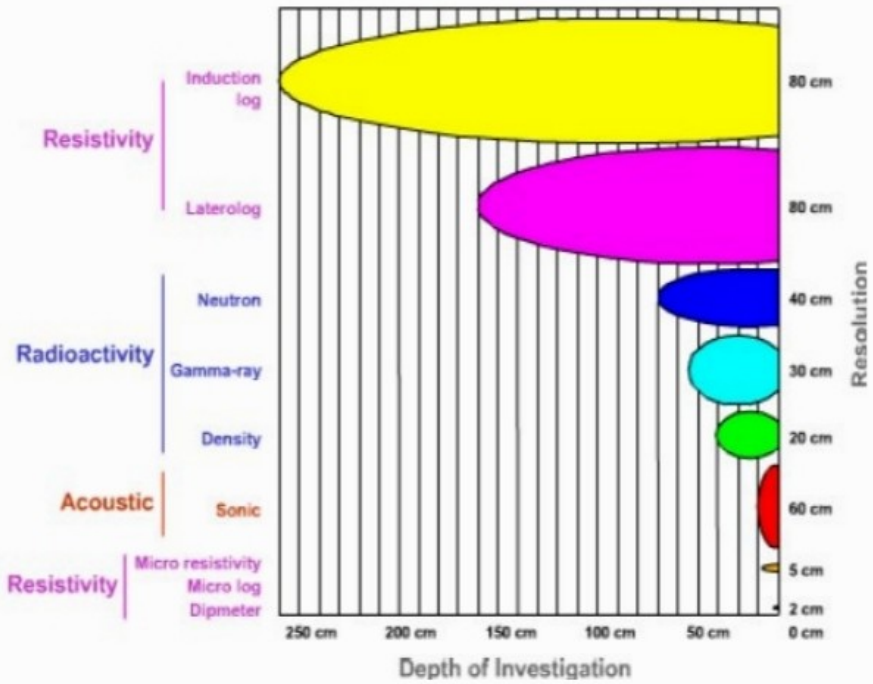


الدقة والعمق deep investigation and resolution:-

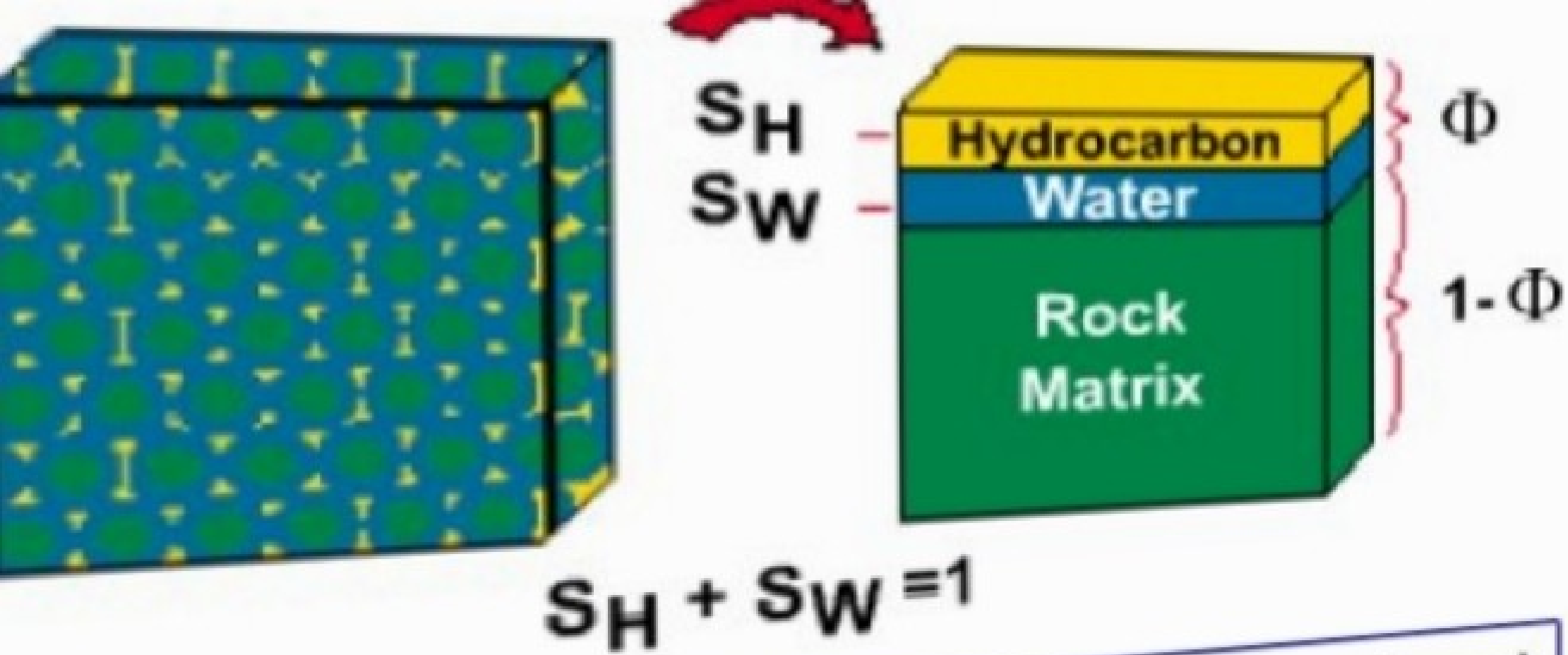
العمق وهو المسافة التى يمكن للجهاز اختراقه لغرض قياس الصفات البتروفيزيائية لطبقة الصخرية

الدقة Resolution هو قدرة الجهاز لتميز وقياس السمك الحقيقي . يتراوح الدقة والعمق بين عدة مليمترات الى عدة امتار





الجهاز اما ان يكون ذات دقة قوية وعمق قليل او بالعكس

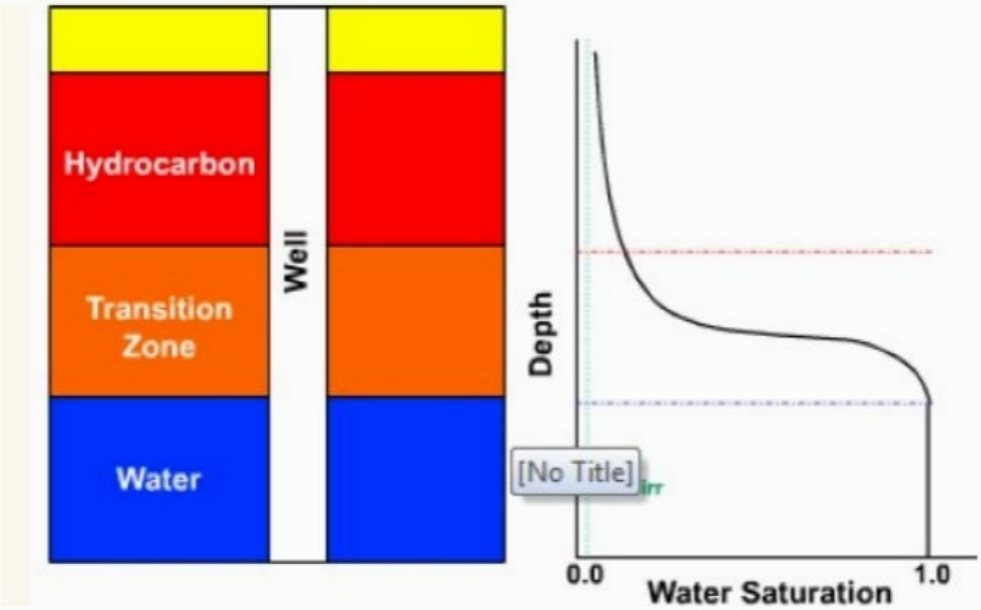


$$S_H + S_W = 1$$

S_H = Hydrocarbon saturation (oil and gas)

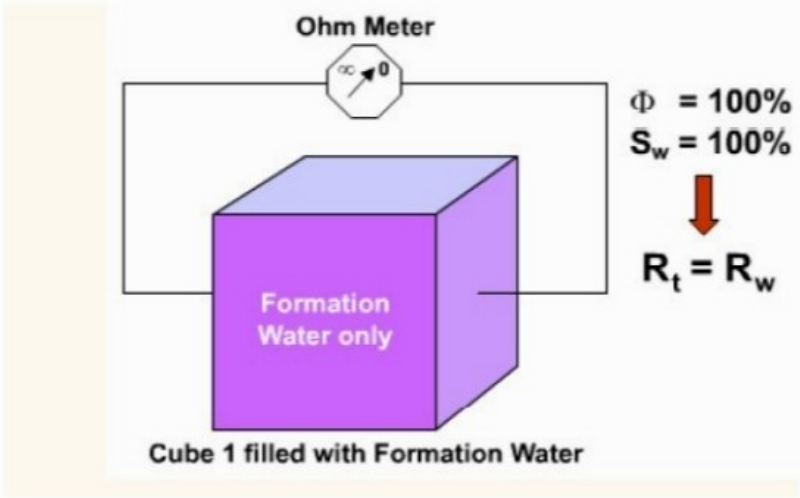
S_W = Water saturation

Φ = Porosity

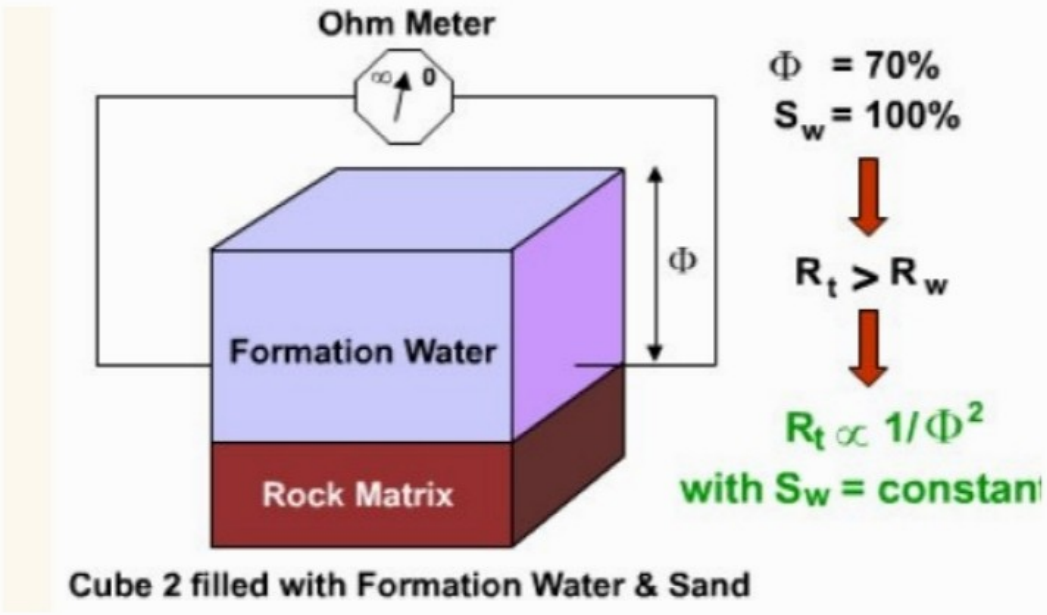


بواسطة مجسات المقاومة + نيوترون + كثافة ممكن معرفة درجة التشبع المائي والهيدروكاربوني .

حالات التشبع :- معادلة ارجي هو الاساس لتفسير المجسات لايجاد SW ١- عندما يكون السائل ماء فقط في هذه الحالة SW=100%

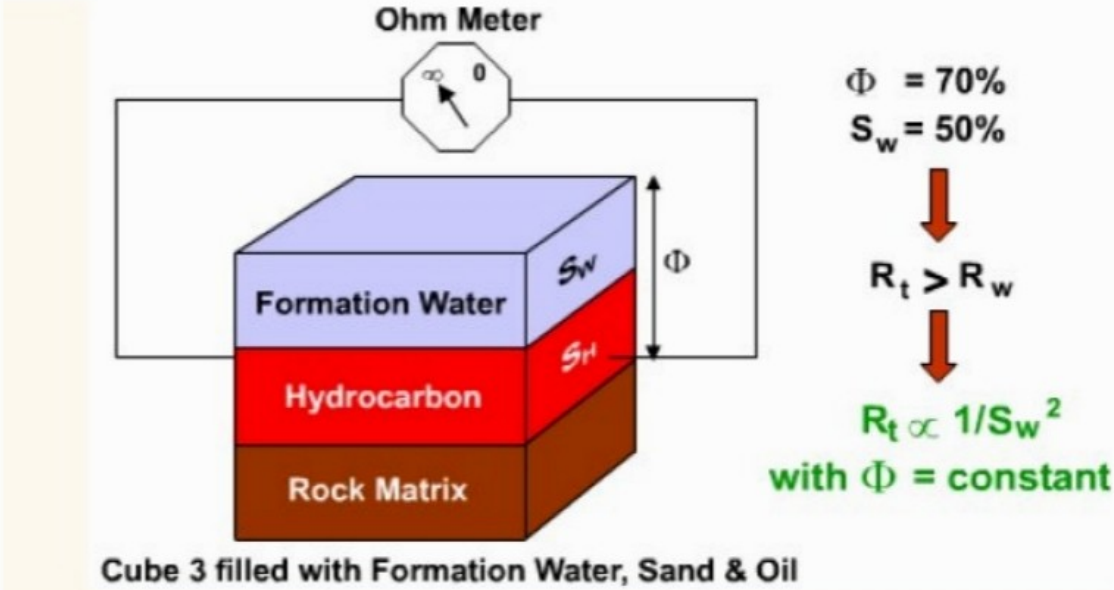


٢- في حالة اضافة صخرة من SAND الى المكعب يتغير المسامية الى ٧٠% كمثال يبقى SW 100% لانه لا توجد سائل اخر معه يصبح RT > RW بسبب وجود صخرة غير موصلة حلت محل ماء التكوين الموصل ، كلما تغير كمية الصخرة كلما تغير المسامية و من ثم يتغير RT .



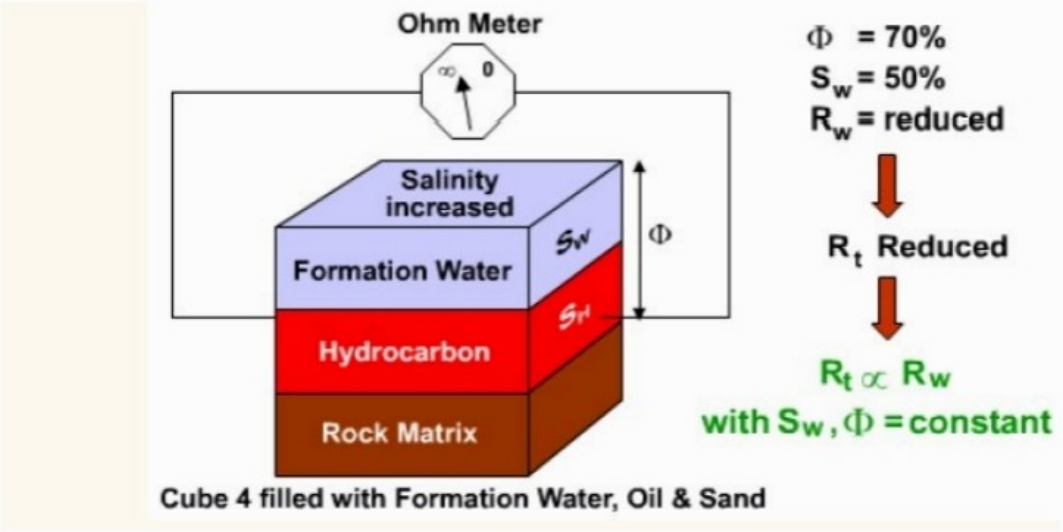
Cube 2 filled with Formation Water & Sand

٣- اذا اضيف كمية من النفط وحلت محل الماء يبقى المسامية ثابتة ٧٠% هنال يتغير SW من ١٠٠% الى ٥٠% كمثال حسب كمية النفط المضاف . RT يصبح اعلى بسبب وجود الهيدروكاربون



Cube 3 filled with Formation Water, Sand & Oil

٤- عند اضافة كمية من ملح يقل RW .



Cube 4 filled with Formation Water, Oil & Sand

حالات وجود الماء :

١- BOUND WATER :

عبارة عن طبقات من الماء ملتصقة بسطح جزيئات الطين (SWB)

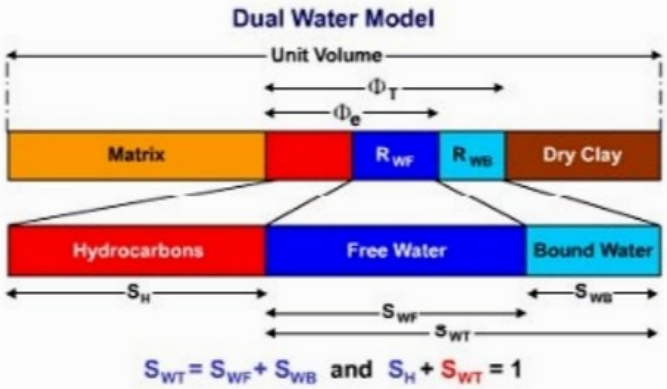
٢- FREE WATER:

عبارة عن الماء الغير ملتصق أي حر الحركة (SWF)

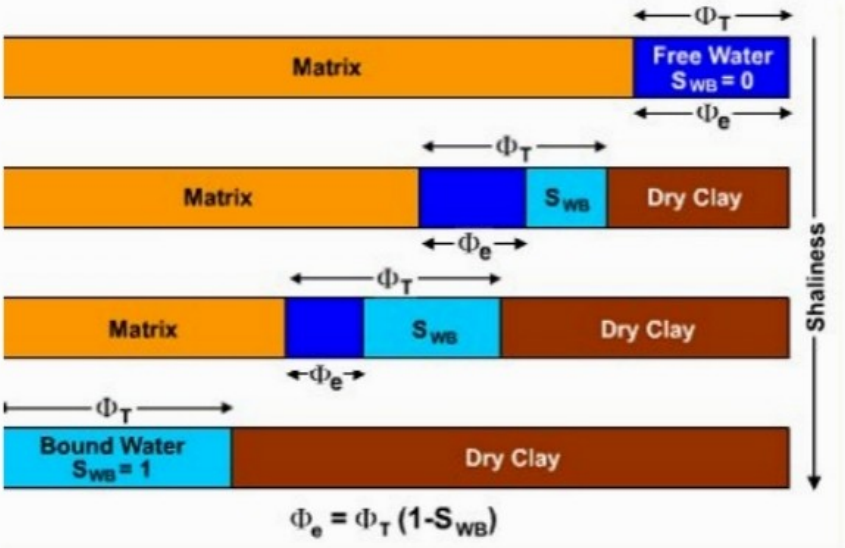
SWT=SWB + SWF

SWT = TOTAL WATER

في المكامن يشغل FREE WATER + HYDROCARBONE المسامية الفعالة



SWB يتغير طرديا مع كمية CLAY في صخرة كلما ازداد كمية CLAY كلما ازداد SWB ويقل المسامية الفعالة EFFECTIVE PORSITY



مجسات الابار يستجيب الى المسامية الكلية وكذلك التشبع الكلي للماء وليس الى المسامية الفعالة او FREE WATER

معادلات التشبع المائي :-

معظم معادلات التشيع المائي مشتق من معادلة ارجي شريطة ان يكون خالي من ال shale

في حالة احتواء التكوين على ماء مكمني 100%

SW=√ 1*RW/ Ø2 * RT

=100%

التشبع المائي في المنطقة المغزوة Flushed zone

Sxo=√ F*Rmf/Rxo

قيمة sxo مهم لانه يدلنا على كمية النفط المتحرك في المكمن . عندما يحدث عملية الاكتساح لايحدث الازاحة ل Formation water فقط بل يشمل جزء من النفط ايضا .اما في المنطقة المغزوة تسمى

بحجم الهيدروكاربون Residual hydrocarbon اي الهيدروكاربون المتبقي ويساوي
Shr =(1-sxo)

هناك معادلة مشتقة من من معادلة ارجي للمنطقة المغزوة وغير مغزوة

$$Sw=\{(Rxo /Rt) / (Rmf / Rw) \}^{5/8}$$

هذه المعادلة مفيدة في حالة عدم معرفة المسامية

مثال:

احد ابار حقل باي حسن

Rxo=10.5 Rt=11.5 Rw=0.075 Rmf=0.90

بتطبيق المعادلة نحصل على sw=11.8% وهذا النسبة موجود في cpi

مثال اخر نفس البئر اعلاه تكوين باجوان عمق 1090m

Rxo=70 Rt=100Rw=0.075 Rmf=0.88

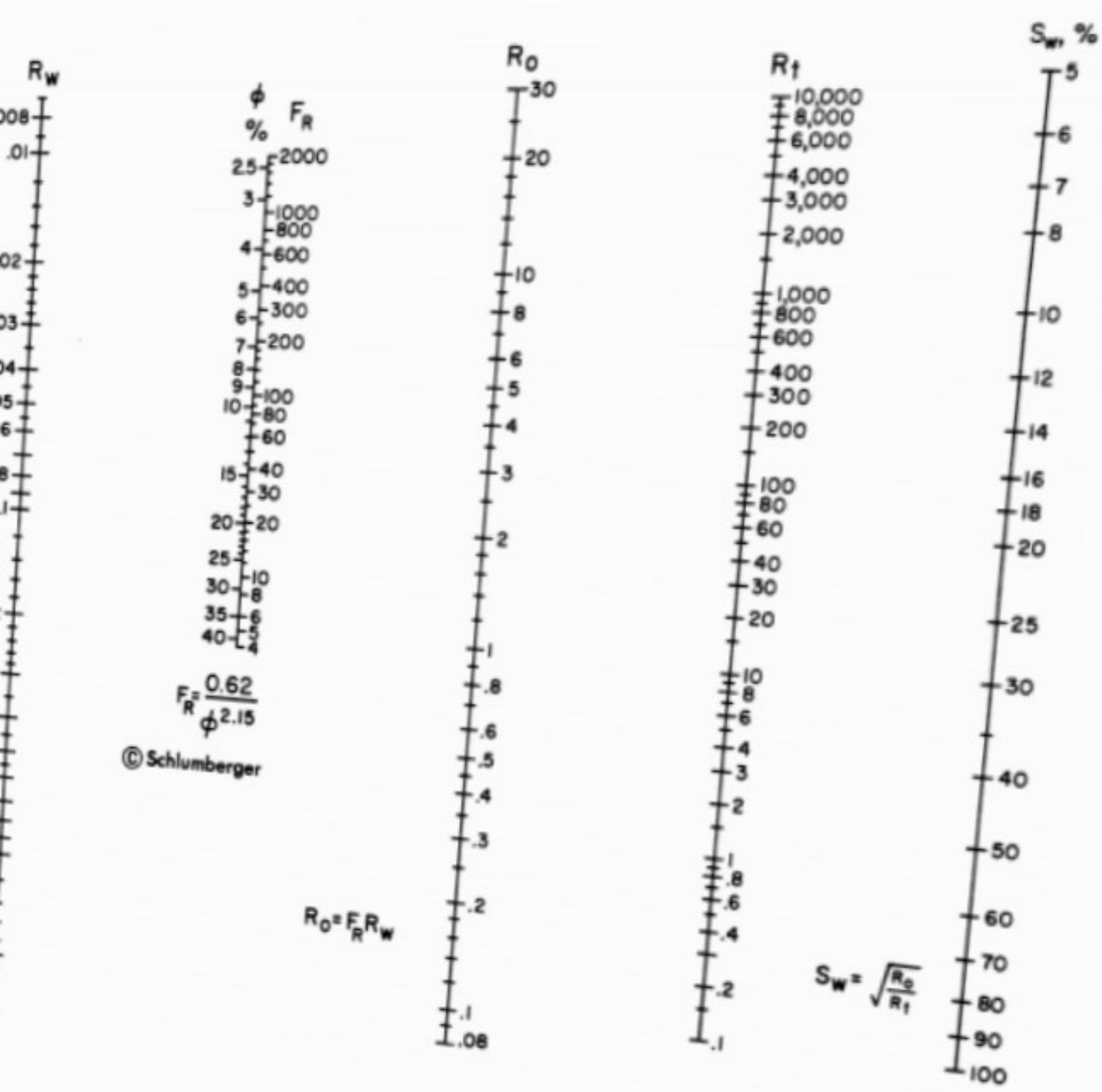
ما قيمة sw ؟

تطبيقات على معادلة ارجي

اذا كان مقطع خالي من shale

Ø=19.1% Rw=0.04 Rt= 300 ohm/m فما قيمة sw

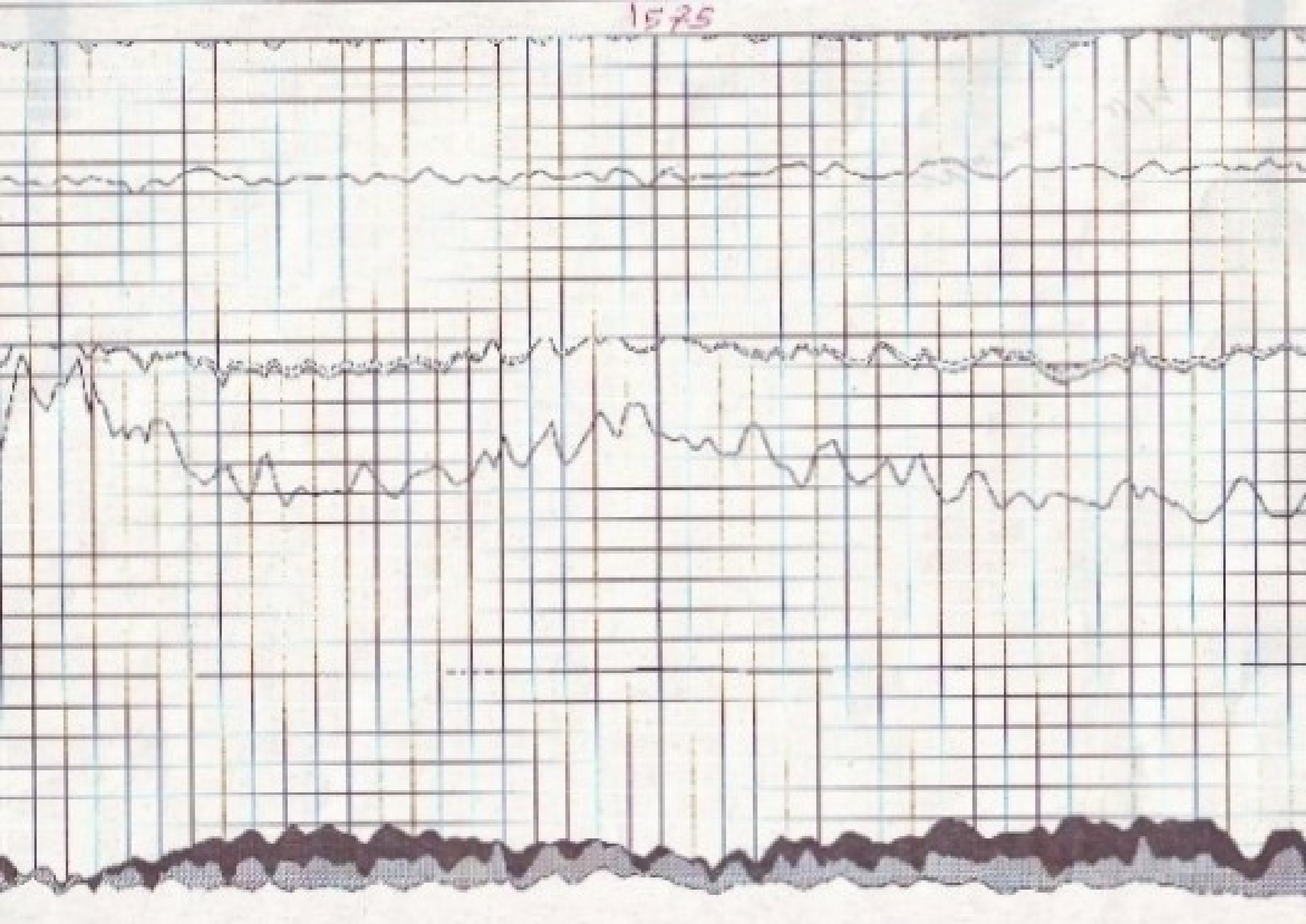
بتطبيق معادلة ارجي sw=60.4% وهناك chart لحساب sw



Swirr(Irrecuable water saturation) اب

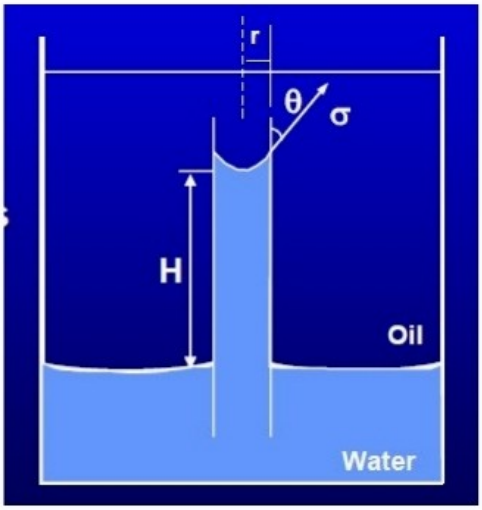
$$SW_{irr} = 3.5 \times (Q^{1.26}$$

1575



الشد السطحي Capillary pressure

تعتبر الشد السطحي مهم في دراسة المكامن الهيدروكاربونية . عند العودة الى الطبيعة نرى بان عملية صعود الماء والاملاح من التربة الى الساق والاوراق تتم عن طريق الشد السطحي .



كلما قلت قطر الانبوب كلما زادت الشد السطحي وزادت طول الانبوب .

بتطبيق هذة الفكرة على المكامن الهيدروكاربونية يتضح بان المسامات الصغيرة ذات النفاذية القليلة يكون فيه Trasition zone اطول من المسامات الكبيرة و ذات النفاذية العالية .

هل المكمن في حالة SW او SWirr :

اي هل المكمن ينتج الماء ام لا . اذا كان في حالة SW معناه ينتج كمية من الماء ، اما في حالة SWirr معناه لاينتج ماء

مثال نأخذ مقطع من احد ابار شركة نفط الشمال تكوين UPPER QUMCHUQA RW=0.075

		RW/ Rt
1800	15	0.005
1802	13	0.0057
1804	14	0.0053
1806	13	0.0057
1808	12	0.0062
1810	12	0.0062
1812	12	0.0062
1814	15	0.005
1816	14	0.0053
1818	12	0.0062
1820	13	0.0057
1822	13	0.0057
1824	12	0.0062

RW/Rtmin =0.005 RW/Rt average=0.0027

اذا المكمن في حالة SW لان RW/Rt average اكبر منRw/ Rtmax

RW/ Rtmin	Multiplier
0.0001-0.001	4
0.001-0.003	3.5
0.003-0.007	3
0.007-0.012	2.5
0.012-0.02	1.75
0.02-0.03	1.3
Greater than 0.03	1.1
Less than 0.0001	6

لهذة الطريقة شروط :- ١- المكمن يكون متجانس (صخاري ثابتة constant lithology) ٢- يحتوي على نوع واحد من الهيدروكاربون ٣- مسامية واحجام الحبيبات ثابتة تقريبا او متقاربة .

ملاحظة :- هذة الطريقة تفشل في حالة صخاري مختلفة

Water Cut

هو كمية الماء التي تنتج مع النفط . ممكن تحديد water cut في حالة معرفة SW+ SWirr كما يلي :-

$$K_{rw} = \left(\frac{Sw - Sw_{irr}}{1 - Sw}\right)^3 \qquad \text{حالة ماء}$$

$$K_{ro} = \left(\frac{0.9 - Sw}{0.9 - Sw_{irr}}\right)^2 \qquad \text{حالة نفط}$$

مثال حقل نفطي SWIirr=26% SW=32% هل ينتج ماء مع النفط؟

بتطبيق المعادلتين نحصل على Krw=0.0007darcy او0.7 md

Kro=0.821 darcy هو 821darcy

Water oil ratio (WOR) =B*Krw/Kro

B:- related to the viscosity , we take it from below table

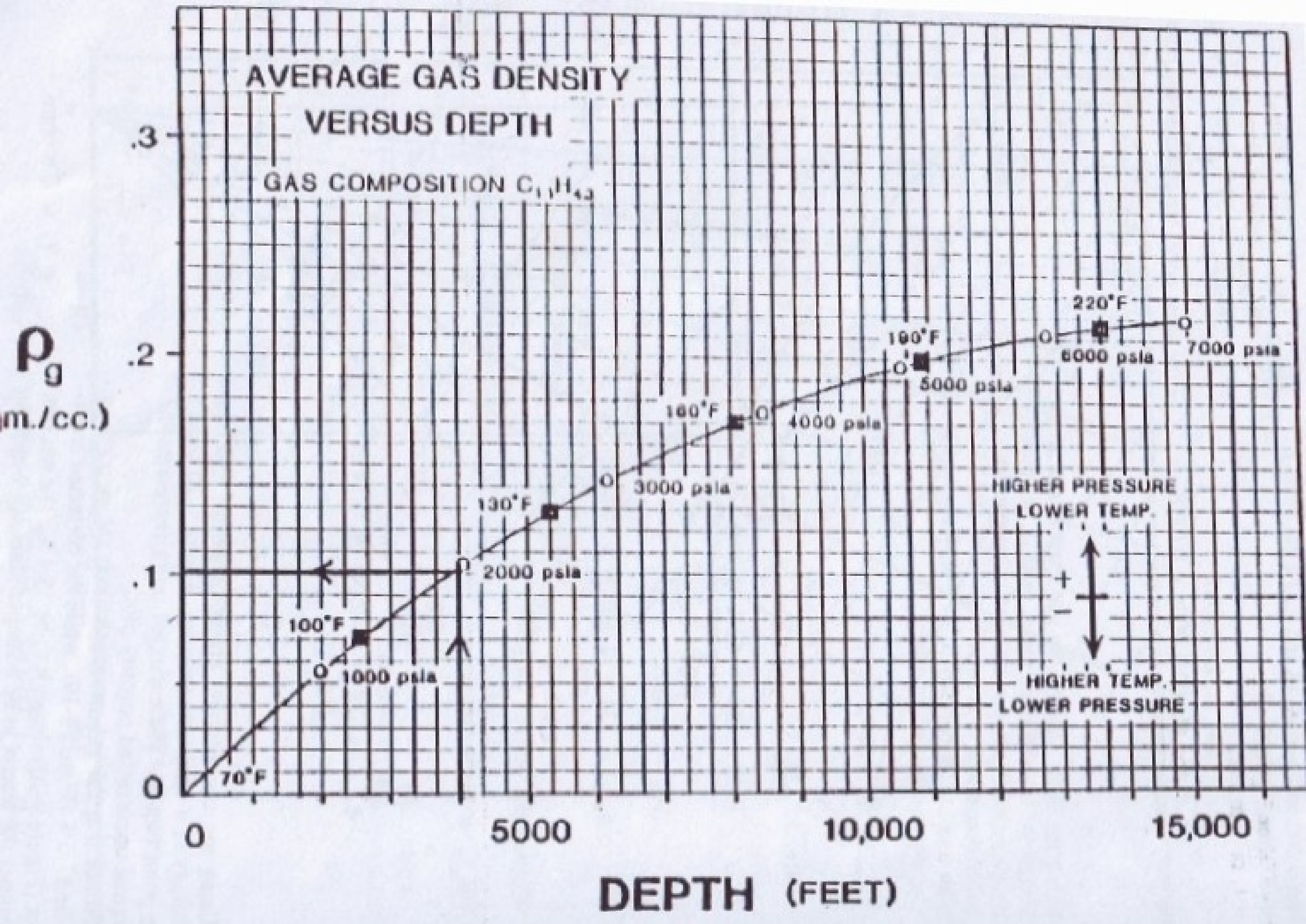
API Gravity	B
14	50
19	20
27	10
35	5
45	2

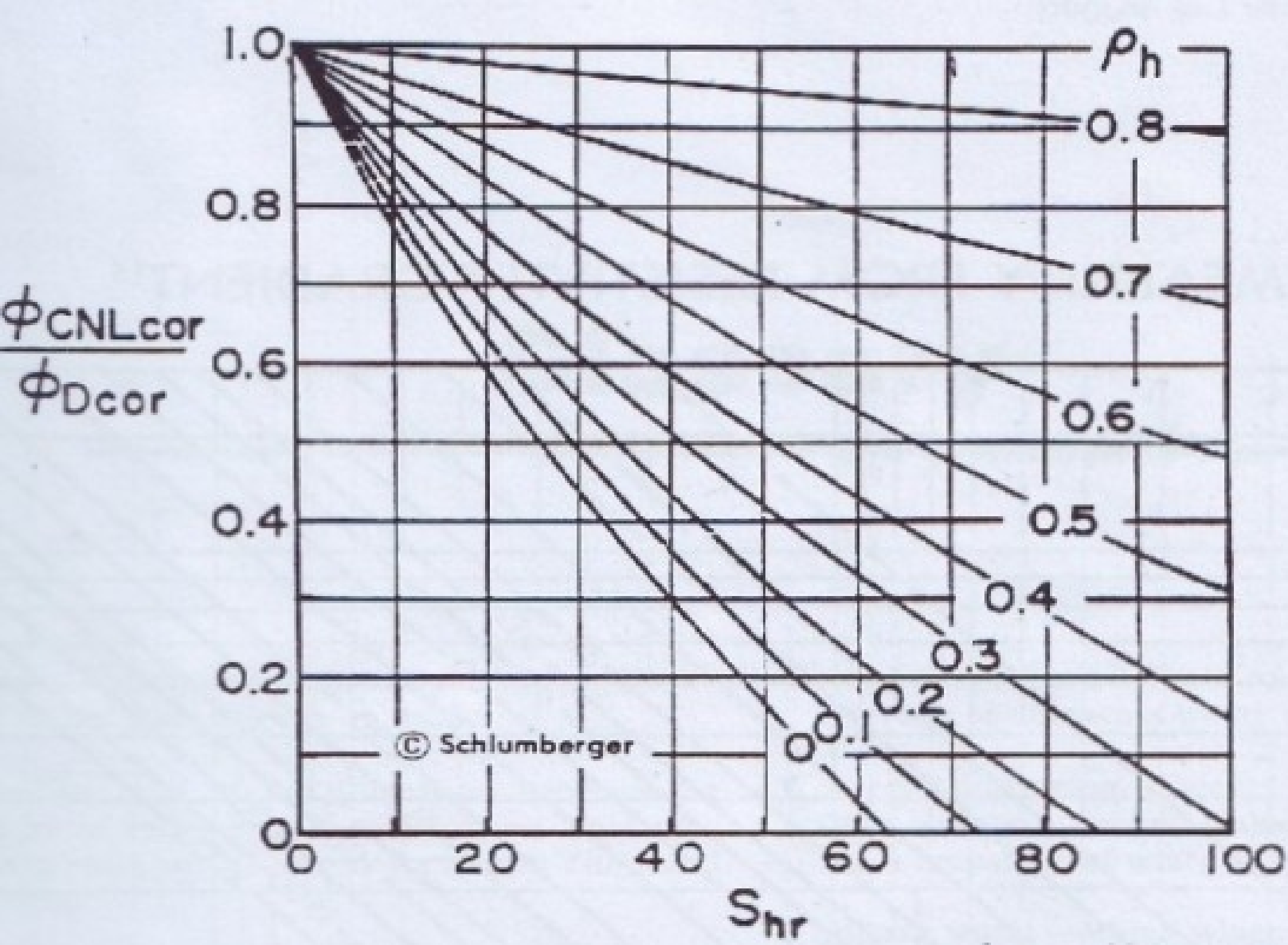
WOR=1.7*0.0007/ 0.821=0.0014

WC=WOR/(1-WOR)

بتطبيق المعادلة WC=0.0015 اي ينتج 1.5برميل من كل الف برميل

$$API = \frac{141.5}{\rho_h} - 131.5$$


AVERAGE GAS DENSITY
VERSUS DEPTH
GAS COMPOSITION $C_{1.1}H_{4.3}$
ρ_g
(gm./cc.)
.3
.2
.1
0
70°F
100°F
1000 psia
2000 psia
130°F
3000 psia
160°F
4000 psia
190°F
5000 psia
220°F
6000 psia
7000 psia
HIGHER PRESSURE
LOWER TEMP.
+
−
HIGHER TEMP.
LOWER PRESSURE
0
5000
10,000
15,000
DEPTH (FEET)


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
20
40
60
80
100
$\frac{\phi_{CNLcor}}{\phi_{Dcor}}$
S_{hr}
ρ_h
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
© Schlumberger

٢- تحويل ρb الى المسامية ويساوي 15%

٣- كون التكوين في حالة النفط وليس الغاز نجد معدل المسامية بين نيوترون والكثافة

(0.15+0.18) /2=0.165

F=1 / Ø2=37

٤-بتطبيق معادلة ارجي للمنطقة المغزوة Sxo= √ F*Rmf /Rxo

Sxo=0.80 اذا Shr=1-Sxo=1-0.8=0.20

بمعرفة مسامية النيوترون ومسامية الكثافة وShr وعن طريق chartاعلاه نحصل على ph اي كثافة النفط ويساوي 0.8 اي نفط ثقيل

وبتطبيق المعادلة Sw=√F*Rw/ Rt= 0.20

Moveble oil(Sm)=Sxo-Sw=0.80-0.20=0.60

Total oil (So)=Shr+Sm=Residual +moveble

Sm+Shr+Sw=1=0.60+0.20+0.20

طرق ايجاد المسامية:

المسامية التي نحصل عليها من مجسي النيوترون والكثافة لايمكن الاعتماد عليهما في جميع الحالات خاصة اذا كانت حاوية على shale و Gas ، في هذه الحالتين يحتاج الى تصحيح .

١- المسامية في المناطق المائية الخالية من shale

Ø=√ Rw / Ro

مثال :- بئر BH-102 عمق 1665m

Ro=4.5 Rw=0.075 بتطبيق المعادلة اعلاه Ø = 0.013

٢- المسامية في الطبقات الحاوية على shale ، نطرح مسامية shale ويبقى المسامية الفعالة (effective porosity)

$$\phi_e = \frac{\phi_{e(D)} + \phi_{e(N)}}{2}$$

في السائل بعد طرح (shale volume)

$$\phi_e = \sqrt{\frac{\phi_{e(N)}^2 + \phi_{e(D)}^2}{2}}$$

في الغاز بعد طرح (shale volume)

المسامية الظاهرية (apparent porosity) خالي من shale

في السائل $$\phi = \frac{\phi_D + \phi_N}{2}$$

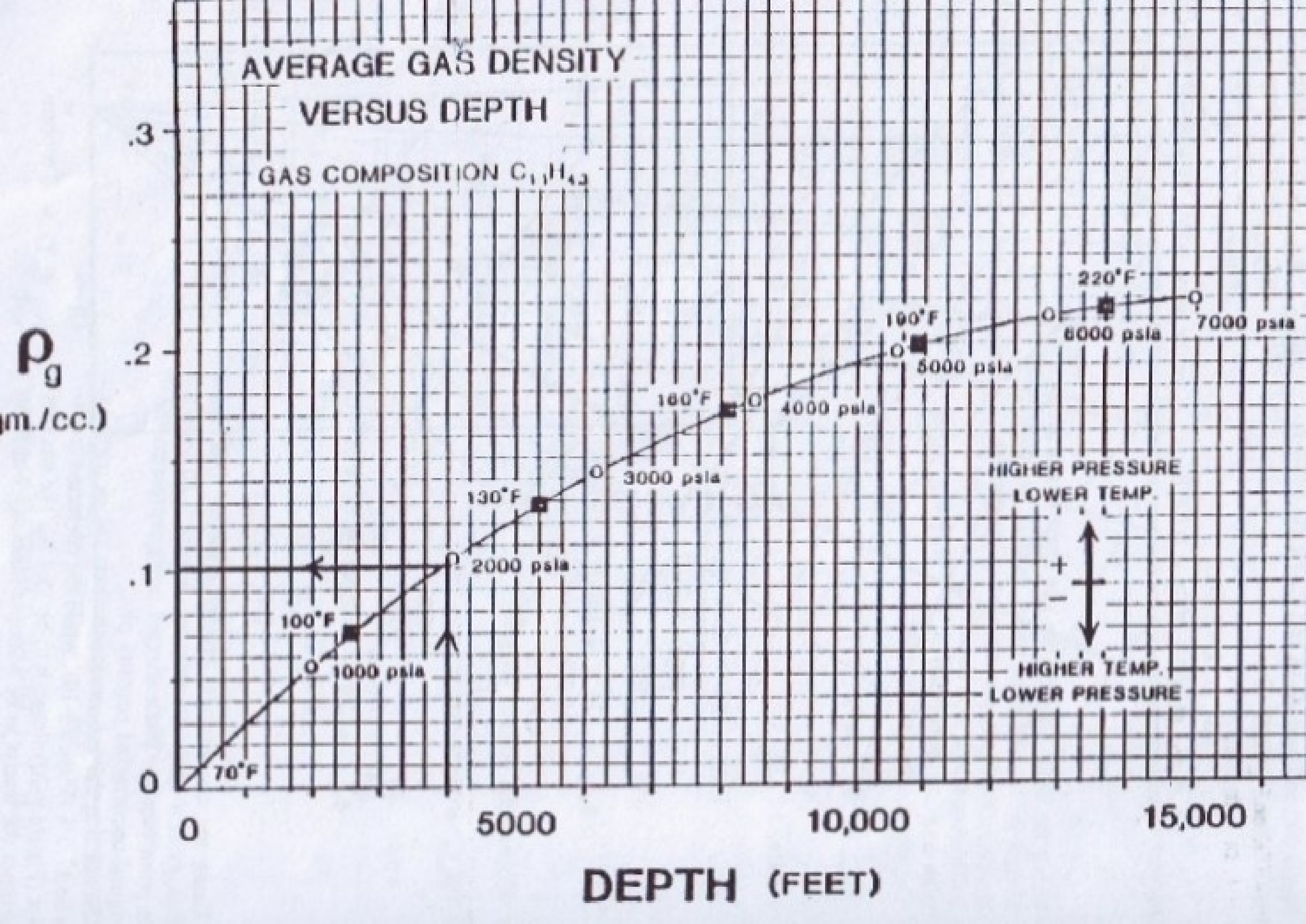
في الغاز $$\phi = \frac{2\phi_D + \phi_N}{3}$$

ولكن للحصول على مسامية مصححة (Ø correct) من مكمن غازي وخالي من shale لابد من ادخال عدة عوامل اخرى في الحسابات مثل كثافة الغاز و Shr كثافة matrix ويجب اتباع الخطوات التالية :-

١- ايجاد كثافة الغاز عن طريق المعادلة الاتية

$$\rho_g = \frac{\log(D/1000)}{5.473 - 0.0278(D/1000)}$$

او chart


AVERAGE GAS DENSITY
VERSUS DEPTH
GAS COMPOSITION $C_{11}H_{42}$
ρ_g
gm./cc.)
.3
.2
.1
0
0
5000
10,000
15,000
DEPTH (FEET)
70°F
100°F
1000 psia
2000 psia
130°F
3000 psia
160°F
4000 psia
190°F
5000 psia
220°F
6000 psia
7000 psia
HIGHER PRESSURE
LOWER TEMP.
+
−
HIGHER TEMP.
LOWER PRESSURE

٢-تصحيح مسامية الكثافة بواسطة المعادلة الاتية :-

Ødcorrect= Ød - Δ Ød

$$\Delta Q_d = \frac{\{1.07 \times Q_d \times Shr(1.11 \times (1-\rho_g) - 0.03\}}{\rho_{ma} - 1}$$

تصحيح مسامية نيوترون بواسطة المعادلة الاتية :-

Øncorrect = Øn- Δ Øn

$$\Delta Q_n = Q_n \times Shr(2.2 \times \rho_g - 1)$$

مثال

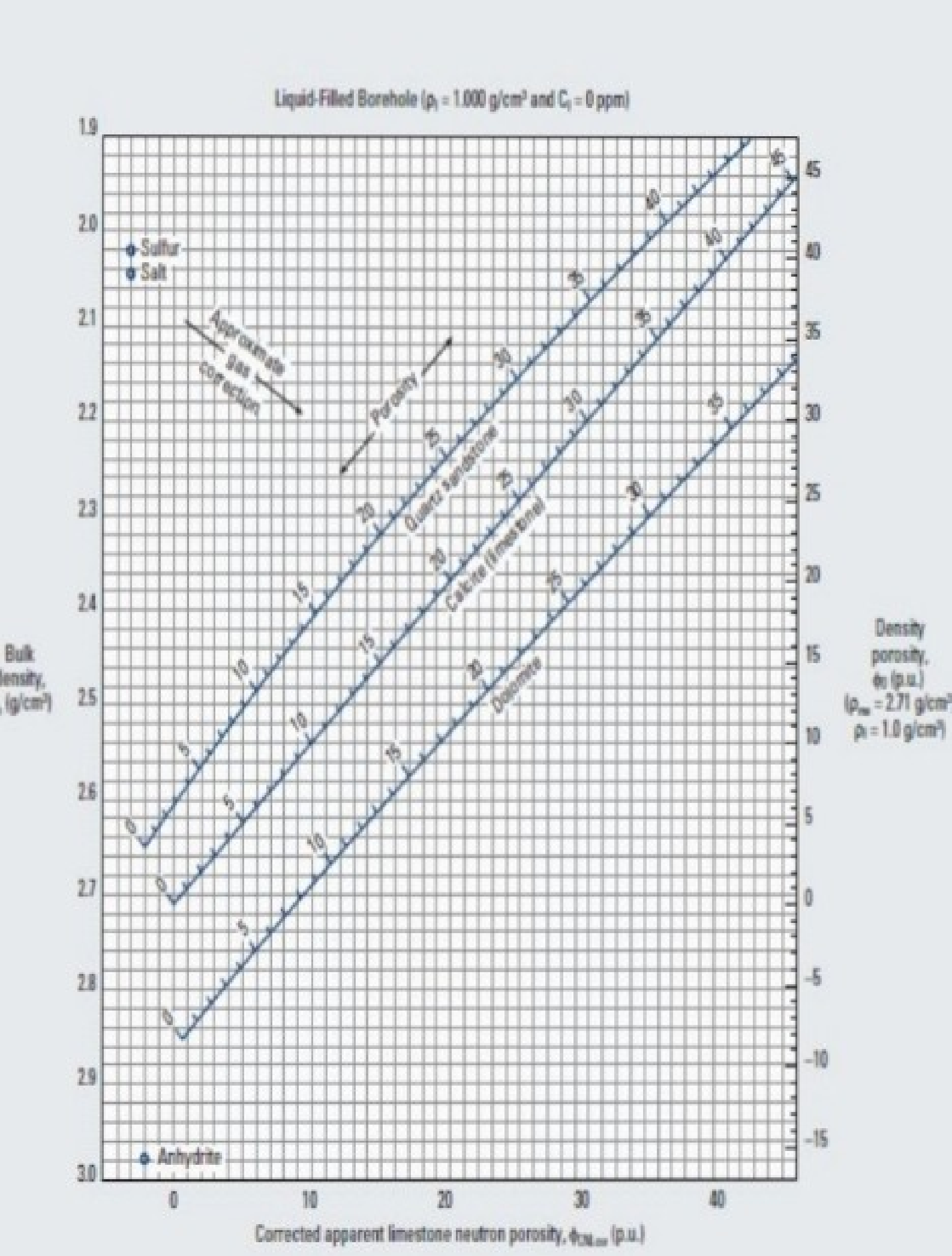
احد ابار حقل باي حسن تكوين بابا

Øn = 0.11 Ød =0.28 ρd=2.36

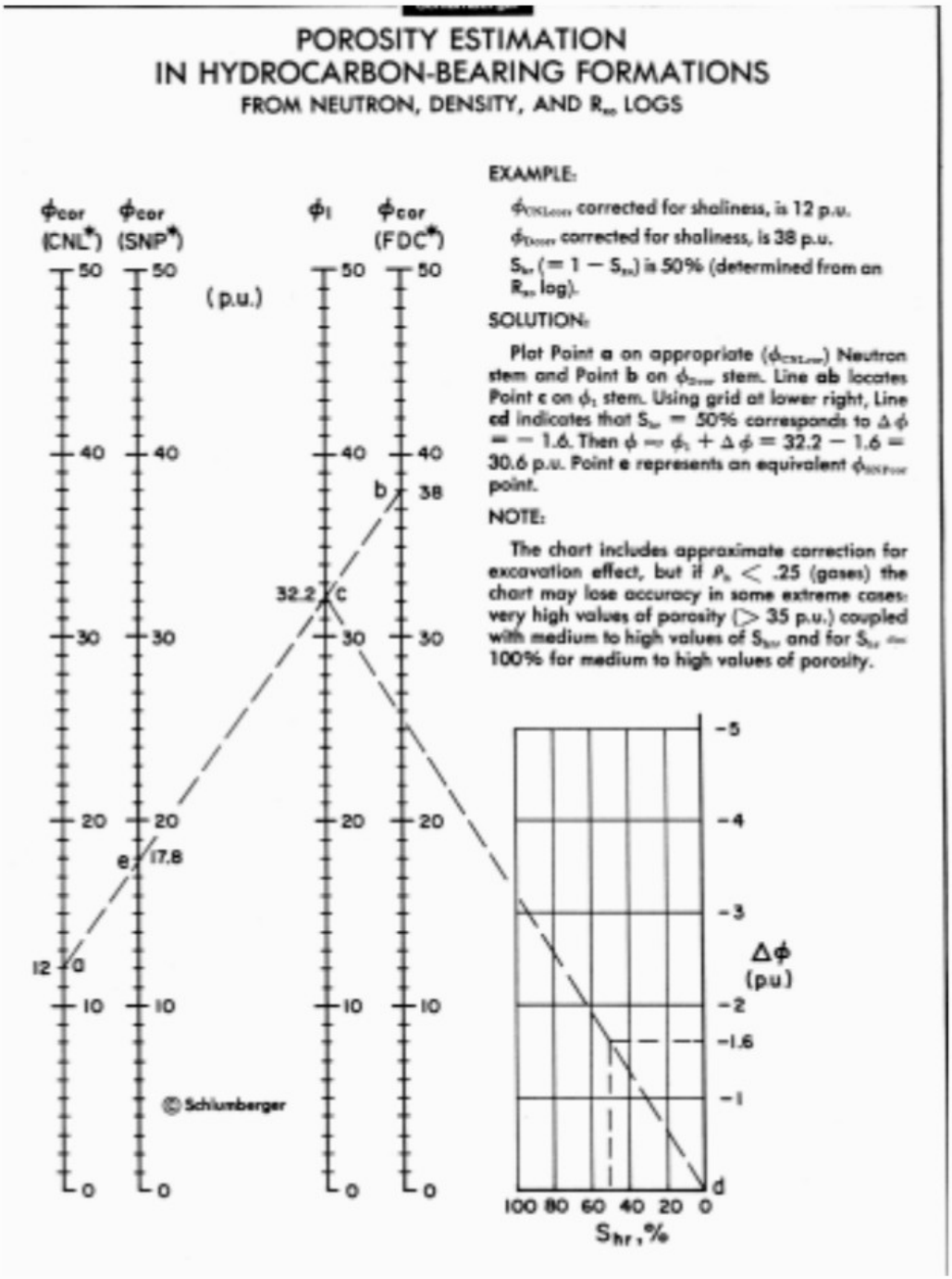
بتطبيق المعادلات السابقة نحصل على ρg=0.08 Shr=58% وبتطبيق قانون تصحيح مسامية الكثافة Ødcorrect= 19%

وبتطبيق قانون تصحيح مسامية نيوترون Øncorrect = 16%

وباسقاط المساميتين على ال chart ادناه نحصل على مسامية حقيقية وهو17.5%


Liquid-Filled Borehole (ρ_f = 1.000 g/cm³ and C_l = 0 ppm)
Sulfur
Salt
Anhydrite
Porosity
Quartz (sandstone)
Calcite (limestone)
Dolomite
Bulk density, (g/cm³)
Density porosity, ϕ_D (p.u.)
(ρ_{ma} = 2.71 g/cm³, ρ_f = 1.0 g/cm³)
Corrected apparent limestone neutron porosity, $\phi_{CNL,cor}$ (p.u.)

وهناك chart لايجاد المسامية الحقيقية بعد تصحيحه من shale volume



حساب النفاذية:

يبلل الماء المتزامن (connate water) داخل المسامات ويقلل من المساحة الهيدروليكية للنفط وبالتالي يقلل النفاذية . اذن كلما زادت درجة التشبع بالماء داخل المكمن قلت النفاذية الفعالة للنفط والغاز .

هناك معادلتين لشركة شلمبيرجر لحساب النفاذية (k)

حالة النفط

$$k^{\frac{1}{2}} = \frac{250 \times (\phi)^3}{SW_{irr}}$$

حالة الغاز

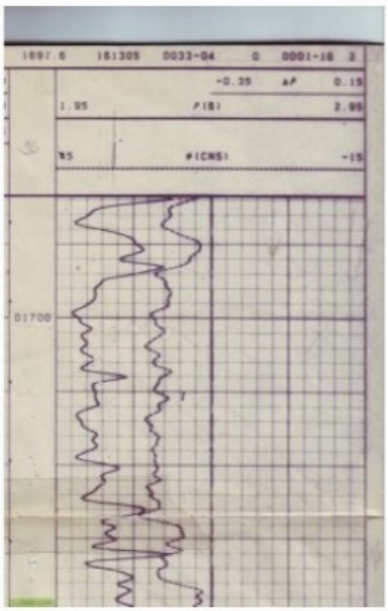
$$k^{\frac{1}{2}} = \frac{79 \times (\phi^3)}{SW_{irr}}$$

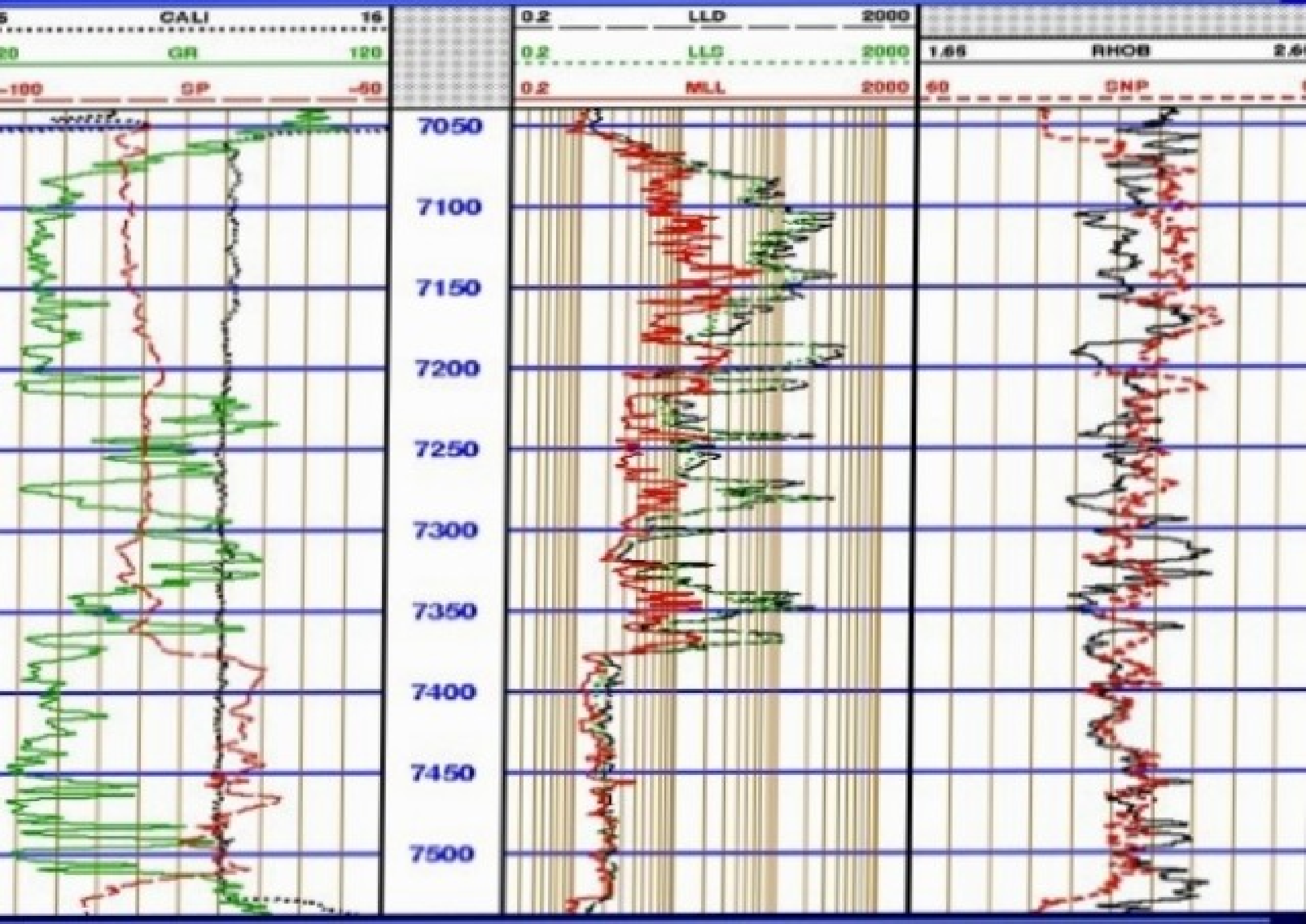
تستعمل هذه المعادلتين لحساب النفاذية للمكامن التي درجة تشبعها بالماء هي SWirr ولايمكن استعمالها في الاجزاء المكمنية التي درجة تشبعها اكبر من SWirr او المناطق الانتقالية Transition zone .

ان سمك المنطقة الانتقالية داخل المكامن يتناسب عكسيا مع النفاذية وطرديا مع SWirr .

تقيم المكامن بواسطة المجسات المتكاملة (full set)

منطقة غازية (lithology limestone) يظهر فيها الانقلاب بصورة واضحة .




CALI
16
GR
120
SP
-60
0.2
LLD
2000
LLD
MLL
RHOB
CNP
7050
7100
7150
7200
7250
7300
7350
7400
7450
7500

الضغط الهيدروستاتيكي Hydrostatic pressure

عبارة عن الضغط التي يولده طول ال ح المذابة والغاز ودرجة حرارة . مثلا بزيادة الاملاح المذابة يزداد الضغط الهيدروستاتيكي عمود السائل ويتوقف على كثافة السائل وطول العمود والجاذبية . لتركيز الاملاح بينما بزيادة الغاز المذاب ودرجة حرارة العالية يقل الضغط .