تحليل الضغوط المكمنية لتكوين الزبير من أبار مختارةفي حقل نهربن عمر جنوبي العراق

رسالة مقدمةإلى

مجلس كلية العلوم – جامعة البصرة
وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في
علم الأرض (جيولوجيا النفط)

من قبل
سارة عباس ظاهرالكناني
بكلوريوس علوم(2008 – 2007)

بأشراف

أ.م. د. موفق فاضل جبر الشهوان

شوال/1432 أيلول **هـ/2011م**

﴿أقرَا بِاسمِ رَبِّكَ الَّذِى خَلَقَ *خَلَقَ الإِنسَانَ مِن عَلَقٍ *اقرَأ وَرَبُّكَ الأَكرَمُ *
الَّذِى عَلَّمَ بِالقَلَمِ *عَلَّمَ الإِنسَانَ مَا لَم يَعلَم *﴾

﴿ سورة العلق﴾

توصية المشرف

أشهد أن إعداد هذه الرسالة الموسومة(تحليل الضغوط المكمنية لتكوين الزبير من آبار مختارة في حقل نهر بن عمر جنوبي العراق) لطالبة الدراسات العليا/ ماجستير(سارة عباس ظاهر الكناني) قد جرى تحت إشرافي في قسم علم الأرض كلية العلوم / جامعة البصرة وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في علوم الأرض (تخصص جيولوجيا نفط ومكامن).

التوقيع :

أسم المشرف: د.موفق فاضل الشهوان

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة البصرة / كلية العلوم/ قسم علم الأرض

التاريخ: / / ٢٠١١

توصية رئيس القسم

بناءاً على التوصيات المتوفرة، أرشح هذه الدراسة للمناقشة.

التوقيع:

الاسم: د.بدر نعمة البدران

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: جامعة البصرة / كلية العلوم/ قسم علم الأرض

التاريخ: / / ٢٠١١.

مولت هذه الدراسة من قبل

شركة نفط الجنوب

بموجب العقد المرقم *4 /ب/ 2010* بتاريخ *30 / 12 /2009*

المبرم بين الشركة

وكلية العلوم / جامعة البصرة

وان جميع حقوق البحث ملك الشركة

الإهداء

إلى معلمي الأول الذي ألهمني حب المعرفة ولم يتوان عن الدعم والتشجيع والدي

إلى من تعجز أمام عطائها الكلمات والدتي

والى إخوتي وأحبتي . . . .

أهدي ثمرة جهدي

سارة

شكر وتقدير

بحمد الله الذي لما توحد بالأبد والأزل والصلاة والسلام على خير خلق الله المصطفى محمد وعلى اله الطيبين الطاهرين .

وأنا انهي عملي المتواضع بعونه وتوفيقه تعالى يسرني أن أتوجه بالشكر لعمادة كلية العلوم ورئاسة قسم علم الأرض لتذليلهم العقبات إمام انجاز الدراسة، كما أتوجه بالشكر الجزيل إلى الأستاذ المشرف الدكتور موفق فاضل الشهوان لتوجيهاته السديدة لي طيلة فترة البحث وأشرافه على الدراسة، كما يدعوني واجب العرفان بالجميل والفضل أن أقدم امتناني للدكتور عبد الله عبد الحسن (ر. جيولوجيين أقدم)/ شركة نفط الجنوب لجهوده المثمرة، كما اتوجة بالشكر إلى إدارة الدراسات العليا في كلية العلوم والسيدة أمل مسؤولة الدراسات العليا لتسهيلاتها الإدارية.

كما أشكر أساتذتي في علم الأرض (السيد علاء محسن عطيه، والسيد فهد منصور صقر، والسيد رافد عبد الحسن والآنسة أمنة مال الله حنظل) لما أبدوه من تعاون وروح المساعدة، ولا أنسى أن اثني على الجهود المبذولة للأستاذ الفاضل عبد الحسين نعمة (المنسق العلمي للبحث) لرحابة صدره وتعاونه المثمر طيلة فترة البحث، كما أقدم شكري إلى شركة نفط الجنوب لأجراء الدراسة بوصفها تعاقداً علمياً وأقدم الشكر الموصول للسيد خالد جمعة ولكل العاملين في هيئة الحقول قسم المكامن لتوفيرهم المتطلبات اللازمة لإنجاز البحث. كما يسعدني أن أقدم شكري وامتناني إلى الآنسة سورة طالب خزعل في قسم الدراسات الجيولوجية لتعاونها وتوفيرها لمستلزمات البحث.

وكل الشكر لزملائي في الدراسات العليا (عمر سمير، يوسف محمد، هدى فنوش، إسراء عبد الأمير وعذراء كاظم) لروح المساعدة والدعم المعنوي ولكل من ساهم في إغناء هذه الدراسة لكم مني وافر الشكر والتقدير .

سارة عباس

المحتويات

التسلسل	الموضـــــوع	الصفحة
	الفصل الأول **المقدمة**	
1-1	تمهيد	1
2-1	أهداف الدراسة	1
3-1	طرائق البحث	1
4-1	منطقة الدراسة	2
5-1	الوضع الجيولوجي	4-9
1-5-1	الوضعان التكتوني والتركيبي	4
2-5-1	الوضع الطباقي	9
6-1	الدراسات السابقة	11
	الفصل الثاني **الحسابات البتروفيزيائية**	
1-2	تمهيد	13
2-2	حسابات المعاملات البتروفيزيائية	13
1-2-2	حساب المسامية	13
2-2-2	حساب التشبع المائي	18
1-2-2-2	حساب معامل التكوين	19
2-2-2-2	مقاومية التكوين	19
3-2	حجم السجيل	22
4-2	حساب الحجم الكلي وحركية الهيدروكاربونات	26
	الفصل الثالث **الصخارية المكمنية**	
1-3	تمهيد	30
2-3	الوحدات الصخارية	30
3-3	الوحدات المكمنية	40

الفصل الرابع		
1-4	تمهيد	45
2-4	الثقل الفوقي	45
3-4	ضغط التكوين	50
4-4	الضغوط غير الأعتيادية	52-61
1-4-4	الضغوط الفائقة	52
1-1-4-4	أسباب نشوء الضغوط الفائقة	53
2-4-4	الضغوط المنخفضة	55
5-4	حساب ضغط المائع	62
6-4	حساب ضغط التكسير	71
الفصل الخامس **الاستنتاجات والتوصيات**		
1-5	الاستنتاجات	76
2-5	التوصيات	77
المصادر		
المصادر العربية		78-79
المصادر الأجنبية		80-83
الملاحق		
الملحق رقم (1)	قيم المجسات المقروءة والحسابات البتروفيزيائية المحسوبة لأبار الدراسة	
الملحق رقم (2)	تدرج ضغط التحميل مع العمق لأبار الدراسة	
الملحق رقم (3)	تدرج الضغط المكمني وضغط التكسير لأبار الدراسة	

قائمة الأشكال

الرقم	عنوان الشكل	الصفحة
1-1	خريطة منطقة الدراسة	3
2-1	خريطة زلزالية للحقول الجنوبية	5
3-1	خريطة تركيبية لأعلى الوحدة F لتكوين الزبير- حقل نهر بن عمر موضحاً عليه مواقع الآبار والفوالق	6
4-1	خريطة تبين تقسيمات العراق التكتونية	7
5-1	الموديل التركيبي والتكتوني لتطور تركيب نهر بن عمر	8
6-1	مقطع طباقي صخاري لحقل نهر بن عمر	10
1-2	المسامية الكلية والثانوية لتكوين الزبير في آبار الدراسة	17
2-2	مخطط يبين كيفية حساب مقاومية التكوين	21
3-2	الحجم السجيلي لتكوين الزبير في آبار الدراسة	24
4-2	التشبع المائي والهيدروكاربوني لتكوين الزبير في آبار الدراسة	25
5-2	حجم الماء الكلي للنطاقين الملوث وغير الملوث لتكوين في آبار الدراسة	27
6-2	التشبع النفطي القابل للحركة والفضالة النفطية لتكوين الزبير في آبار الدراسة	29
1-3	حدود الوحدات الصخارية لتكوين الزبير للبئر NR-7	31
2-3	مرتسمات (M-N) لتوضيح معدنية الطبقات السجيلية العليا لتكوين الزبير لآبار الدراسة	34
3-3	مرتسمات $(Ø_N - \rho_b)$ لتوضيح صخارية الطبقات السجيلية والكلسية العليا لتكوين الزبير لآبار الدراسة	35
4-3	مرتسمات (M-N) لتوضيح معدنية الطبقات ألرملية العليا لتكوين الزبير لآبار الدراسة	36
5-3	مرتسمات $(Ø_N - \rho_b)$ لتوضيح صخارية الطبقات ألرملية العليا لتكوين الزبير لآبار الدراسة	37
1-4	الضغوط المختلفة والمؤثرة على جوانب البئر	46
2-4	تدرج ضغط التحميل مع العمق للبئر NR-7	48
3-4	تدرج ضغط التحميل مع العمق للبئر NR-9	49
4-4	تدرج ضغط التحميل مع العمق للبئر NR-10	49
5-4	تدرج ضغط التحميل مع العمق للبئر NR-12	50

6-4	تأثير مستوى المياه على ظهور أنطقة الضغط المنخفض	56
7-4	سلوك المجسات البئرية لمكمن الزبير للبئر NR-7	58
8-4	سلوك المجسات البئرية لمكمن الزبير للبئر NR- 9	59
9-4	سلوك المجسات البئرية لمكمن الزبير للبئر NR- 10	60
10-4	سلوك المجسات البئرية لمكمن الزبير للبئر NR-12	61
11-4	منحني التدرج الهايدروستاتيكي مع قيم مقاومية طبقات السجيل لبئر NR-7	63
12-4	تدرج الضغط المكمني والتشققي مع العمق للبئر NR-7	65
13-4	تدرج الضغط المكمني والتشققي مع العمق للبئر NR-9	65
14-4	تدرج الضغط المكمني والتشققي مع العمق للبئر NR-10	66
15-4	تدرج الضغط المكمني والتشققي مع العمق للبئر NR-12	66
16-4	خريطة تبين توزيع تدرج الضغط المكمني لطبقات السجيل العليا	67
17-4	خريطة تركيبية لتوزيع الضغوط المكمنية لطبقات السجيل الوسطى	68
18-4	خريطة تركيبية لتوزيع الضغوط المكمنية للطبقة السجيلية G	69
19-4	خريطة تركيبية لتوزيع الضغوط المكمنية لطبقات السجيل السفلى	70
20-4	خريطة تركيبية لتوزيع الضغوط التشققية لطبقات السجيل العليا	72
21-4	خريطة تركيبية لتوزيع الضغوط التشققية لطبقات السجيل الوسطى	73
22-4	خريطة تركيبية لتوزيع الضغوط التشققية لطبقة السجيل G	74
23-4	خريطة تركيبية لتوزيع الضغوط التشققية لطبقات السجيل السفلى	75

قائمة الجداول

الرقم	الجداول	الصفحة
1-3	أعماق وسماكات الوحدات الصخارية لتكوين الزبير في حقل نهر بن عمر في آبار الدراسة	40
2-3	نتائج التحاليل البتروفيزيائية من المجسات البئرية للوحدة E لآبار الدراسة	41
3-3	نتائج التحاليل البتروفيزيائية من المجسات البئرية للوحدة F لآبار الدراسة	42
4-3	نتائج التحاليل البتروفيزيائية من المجسات البئرية للوحدة H لآبار الدراسة	43
5-3	نتائج التحاليل البتروفيزيائية من المجسات البئرية للوحدة N لآبار الدراسة	44
6-3	نتائج التحاليل البتروفيزيائية من المجسات البئرية للوحدة OP لآبار الدراسة	44

الفصـــل الأول

المقدمـة

INTRODUCTION

الفصل الأول

المقدمة

1-1: تمهيد (Preface)

مع التزايد والتطور السريع الحاصل في الحياة الأقتصادية والصناعية والحاجة الكبيرة إلى مصادر الطاقة لاسيما الطاقة البترولية لاستخداماتها الواسعة في مختلف المجالات، شكل النفط الأهمية الكبرى لكونه من أهم وسائل الحصول على الطاقة، آذ أزدادت الحاجة إلى حفر الآبار الأستكشافية التي بدورها تتطلب الحاجة إلى معرفة تباين وطبيعة توزيع الضغوط للموائع بهدف الإستفادة منها في تصميم برامج الحفر والتغلب على مشاكل الحفر المحتملة في عملية تحديد ضغوط موائع المكمن وأهميتها في الإنتاج.

2-1: أهداف الدراسة (Aims of study)

الهدف من الدراسة يتحدد بما يلي :

١- دراسة الخواص البتروفيزيائية لتكوين الزبير لأربعة أبار في حقل نهر بن عمر هي(NR-7, 9, 10, 12) لغرض تقييم المكمن من حيث تحديد قيم المسامية بمختلف أنواعها والتشبع النفطي والمائي وحجم السجيل والنفط المتبقي والنفط القابل للحركة .

2- التقسيم الصخاري للمكمن وتحديد الوحدات المكمنية وخصائصها في هذه الآبار.

3- التعرف على أسباب وتبيان طبيعة توزيع الضغوط للتكوين بمختلف أنواعها وتشمل ضغوط الموائع وضغط التحميل الفوقي والضغوط التشققية للإستفادة منها في تصميم برامج الحفر وتلافي الأضرار المحتملة من خلال الاعتماد على كثافة طين حفر تتناسب والضغط المكمني.

3-1: طرائق البحث (Methodology)

1- الأطلاع على التقارير الجيولوجية النهائية للآبار المختارة أعلاه ونتائج الدراسات الجيولوجية والمكمنية السابقة وبعض التقارير الداخلية، فضلاً عن الاطلاع على الرسائل المتعلقة بموضوع البحث.

2- استخدام المجسات المختلفة من خلال الاستعانة بسجلات الآبار المفتوحة (Open hole Logs) المتوافرة للآبار قيد الدراسة والمتضمنة بسجلات المقاومية (Resistivity Well Logs)، المجس الصوتي (Sonic Log) ومجسي النيوترون والكثافة (FDC&CNL) ومجس أشعة كاما (Gamma Ray) ومجس الجهد التلقائي(Spontaneous Potential Log). حيث أستعين بهذه السجلات في تحديد الحدود الفاصلة بين الوحدات الطباقية العائدة إلى المكمن فضلاً عن الحسابات البتروفيزيائية للمكمن.

3- قيم الفحوصات الإنتاجية والتحاليل المختبرية للمسامية والنفاذية للباب المأخوذ من الآبار قيد الدراسة.

4- تحديد المعدنية والصخارية للآبار المدروسة من خلال أستخدام مرتسمات تحديد المعدنية (M-N Plot) ومرتسمات الصخارية ($Ø_N - ρ_b$) المعدة من قبل شركة شلمبرجر.

5- استخدام برامج حاسوب عديدة والمتمثلة :

- Excel Program: أستخدم البرنامج في تبويب القيم المدخلة والمقروءة من سجلات الجس بهدف حساب كل من : المسامية الكلية والثانوية، حجم السجيل، معامل التكوين، قيم مقاومية مياه التكوين، قيم التشبع المائي والهيدروكاربوني والنفط المتبقي والمتحرك. كما أستخدم البرنامج لغرض تمثيل وتبويب النتائج بالإشكال والمرتسمات للمعاملات المحسوبة أعلاه وتمثيلها مع العمق .

- Surfer Program : أستخدم في رسم الخرائط الكنتورية المختلفة (خرائط سماكة وتركيبية).

- Didger Program: أستخدم البرنامج في قراءة قيم منحني المجس مع العمق ورسم الخرائط التابعة لمنطقة الدراسة.

4-1: منطقة الدراسة (Study Area)

يقع حقل نهر بن عمر في الجزء الجنوبي الشرقي من العراق بالقرب من قرية نهر بن عمر التي تبعد مسافة 20 كم شمال محافظة البصرة عند دائرة عرض N(َ45 °30) خطي طول E(َ45 °47) ويخترق نهر شط العرب الحقل ليقسمه إلى نصفين الشكل (1-1).

يبلغ عدد الآبار المخترقة للحقل 18 بئراً فضلاً عن العديد من الآبار الأستكشافية التي يجري حفرها حالياً، تسعة آبار منها فقط تخترق تكوين الزبير. أكتشف حقل نهر بن عمر لأول مره عام 1948 م وشوهدت التجمعات النفطية في كل من تكويني الفتحة ونهر بن عمر خلال حفر بئر(نهر بن

عمر-1) كما عثر على تجمعات نفطية في تكوين الزبير في عام 1958 م من خلال حفر بئر (نهر بن عمر-3) (حسني، 1980).

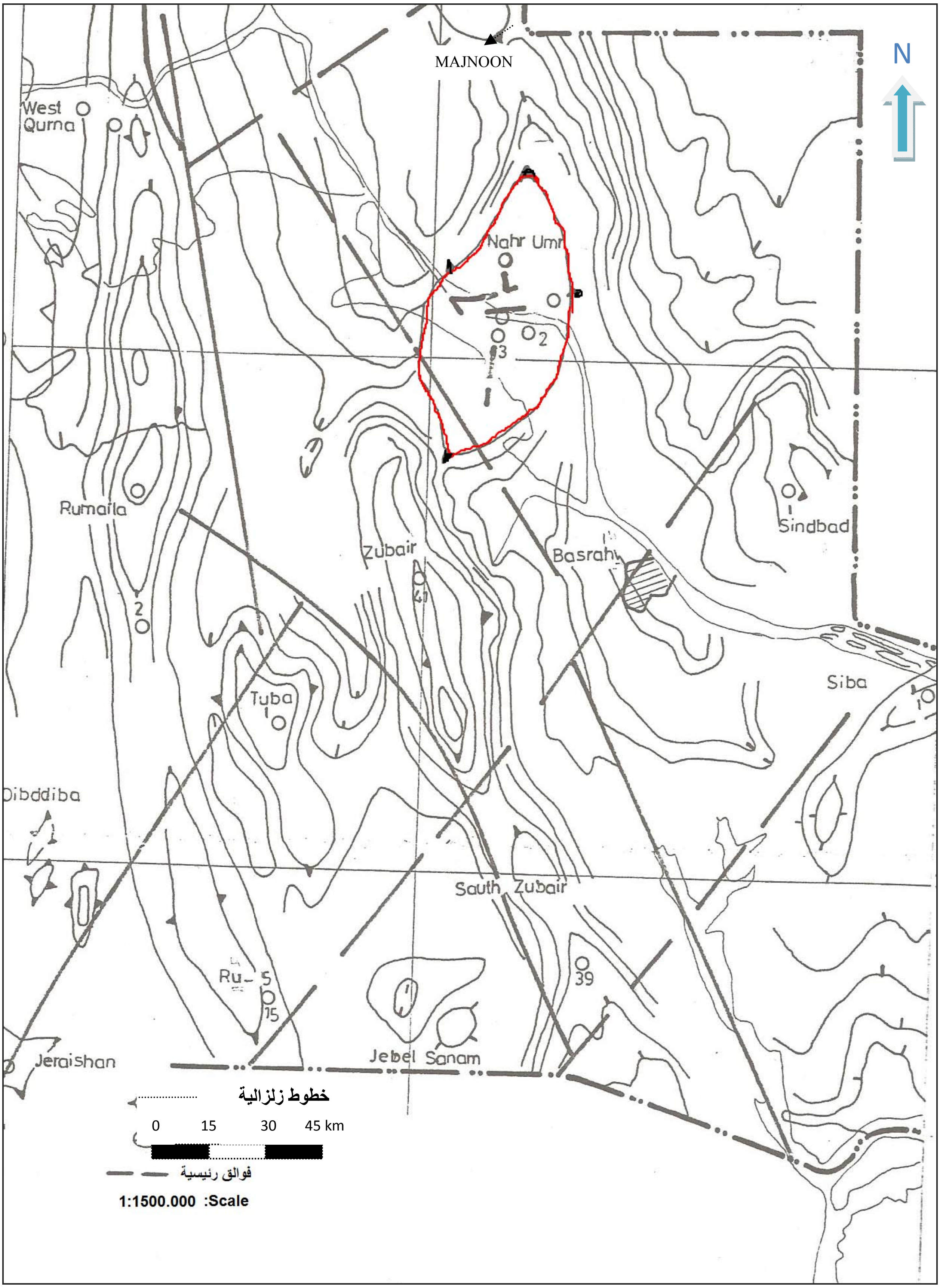
الشكل (1-1) يبين منطقة الدراسة محورة عن: (Braspetro, 1980)

1-5: الوضع الجيولوجي (Geologic setting)

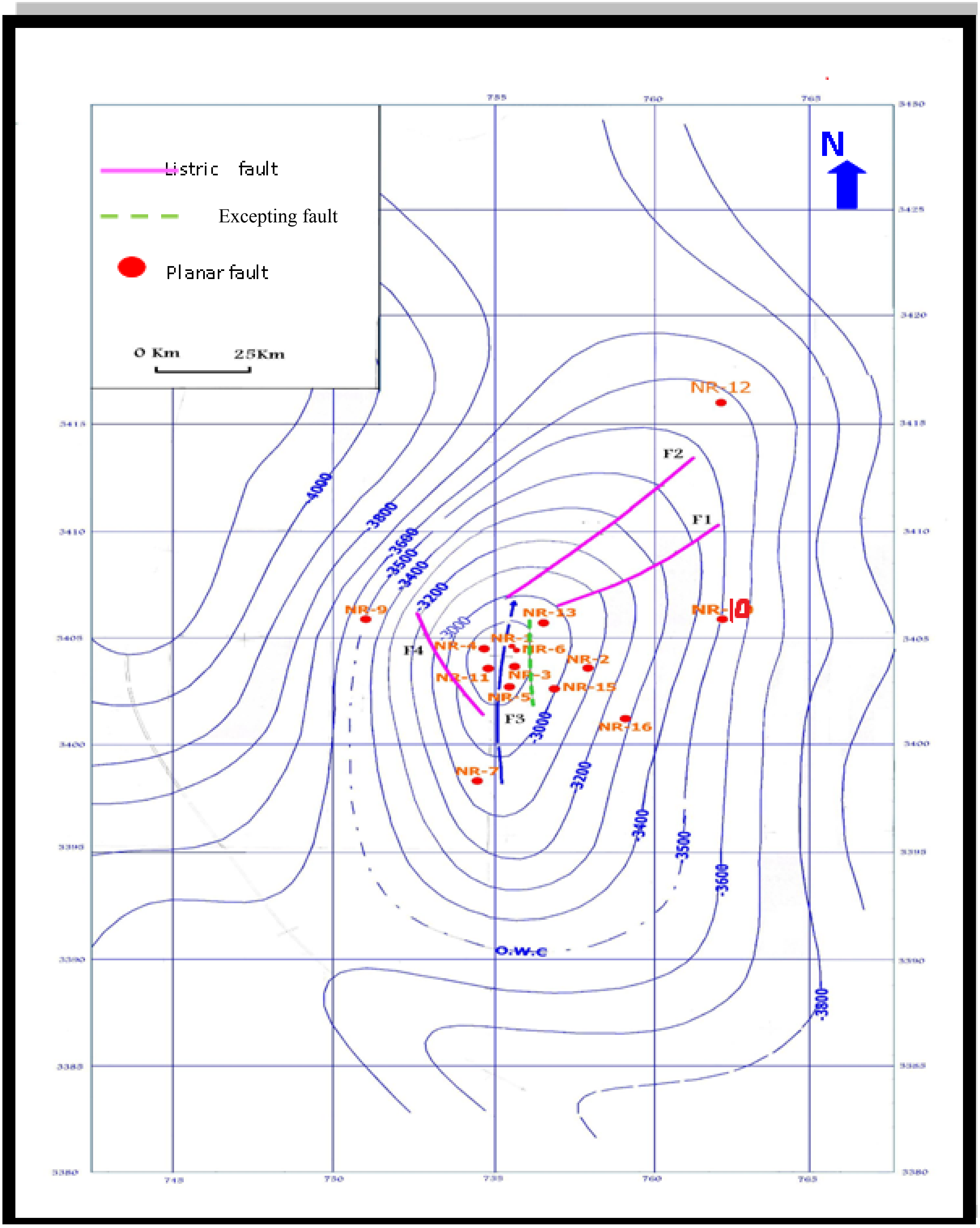
1-5-1 : الوضـــعان التكتـــوني والتركيبــــي Tectonic and Structural Setting

اعتماداً على تقسيمات (Buday, 1987) للوحدات التكتونية الرئيسة والمتمثلة بمنطقة الرصـيفين المسـتقر وغيـر المسـتقر (stable and unstable shelf) والحـوض الجيوسـينكلايني (Geosynclinal basin)، فان حقل نهر بن عمر يقع في منطقة الرصيف غير المستقر وبالتحديد في نطـاق الزبير الثـانوي (Zubair subzone) وهو النطـاق الأكثر تعقيداً بين الوحدات الأخرى العائدة لنطاق وادي الرافدين أحد أنطقة الرصيف غير المستقر كما يبين في الشكل (1-4) .

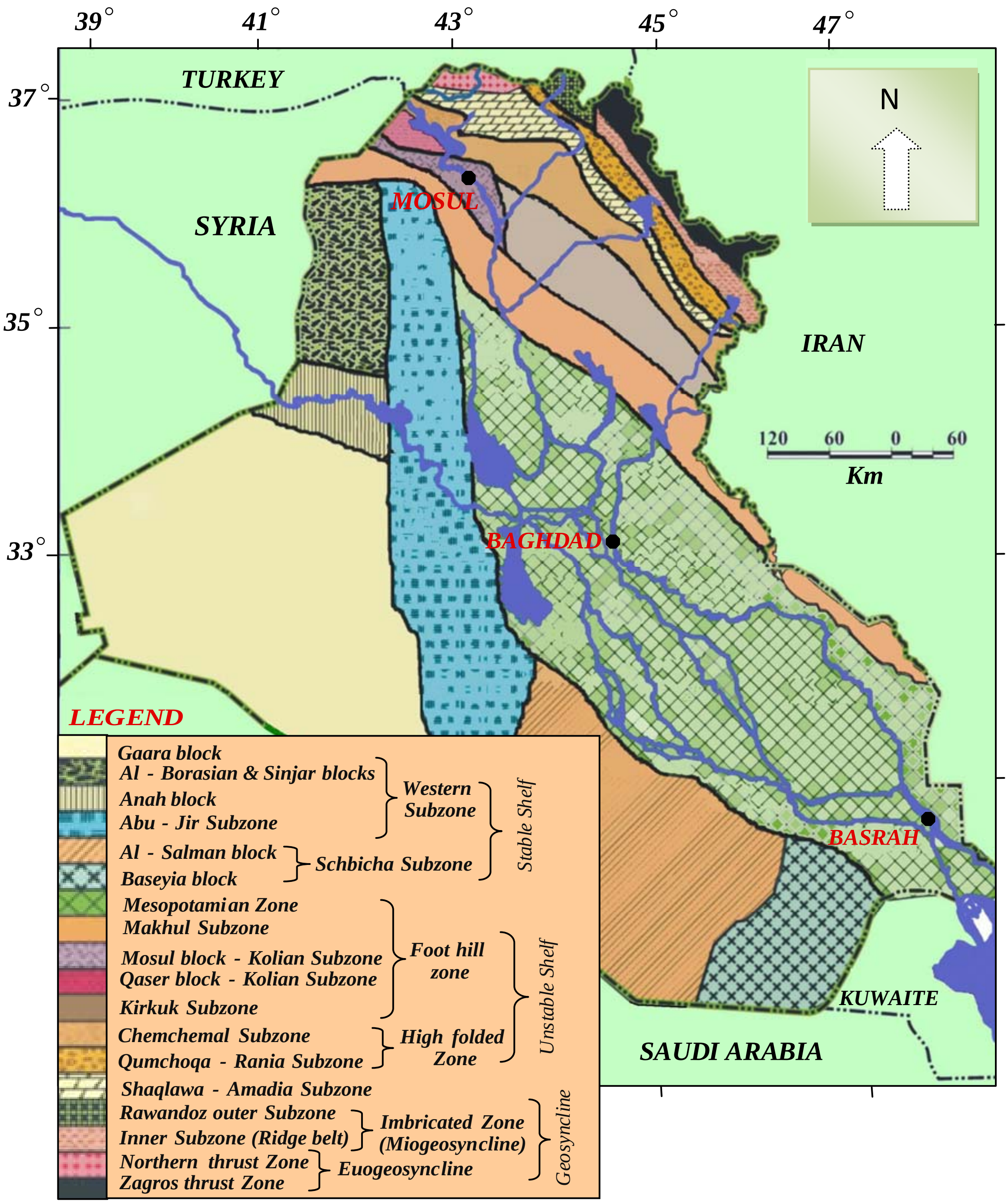
من الناحية التركيبية فأن حقل نهر بن عمر يمثل شكل تحدبي بيضوي، كما مبين في الشكل (1-2)، يبلـغ طولـه حوالي 32 كم وعرضـه حوالي17 كم، إذ يقـع إلـى الشمال منـه حقل مجنـون والـى الجنوب منه حقل الزبير، والحقل ذو محور متعرج بشكل صورة مرآة لحرف(S) بالأنكليزية إذ يبدأ من الجنوب بأتجاه شمال شرق – جنوب غرب ويميل باتجاه حقل مجنون ليصبح ذا اتجاه شمال- جنوب ثم يميل تدريجياً نحو الغرب (حسني، 1980)، ويكون ميل الجزء الشمالي من التركيب عند مستوى تكوين الزبير حواليْ 2 وجزءه الجنوبي حوالي °3.5 تحتوي قمة تركيب نهر بن عمر على عدد من الفوالق الاعتيادية التي تقع بين النمطين الشعاعي والمتوازي وهي ذات ميول عالية تصل إلى حواليْ 65 وبإزاحات كبيرة، إذ تخترق هذه الفوالق الوحدات الصخرية المكونة لتكوين الزبير كما مبين فـي الشـكل (1-3)، وهنالـك فوالـق برميـة الشـكل تبلـغ اقـل مـن 50 متـراً طـولاً والتـي اكتشـفت بواسـطة البيانـات الجيوفيزيائيـة المختلفـة، إذ تقـع هـذه الفوالـق بـالقرب مـن الهامـة وعلـى الجنـاح الشـرقي مـن التركيـب(Braspetro,1981)، كمـا أوضـحت المسـوحات الزلزاليـة التفصـيلية التـي أجريـت خـلال عـام 1978 م إن محـور التركيـب متغيـر الأتجاهـات مـن شـمال-جنـوب إلـى شـمال شـرق- جنـوب غـرب (العبيدي، 1996).



الشكل (1-2) خريطة زلزالية للحقول الجنوبية عن: (Ditmar *et al*, 1979)



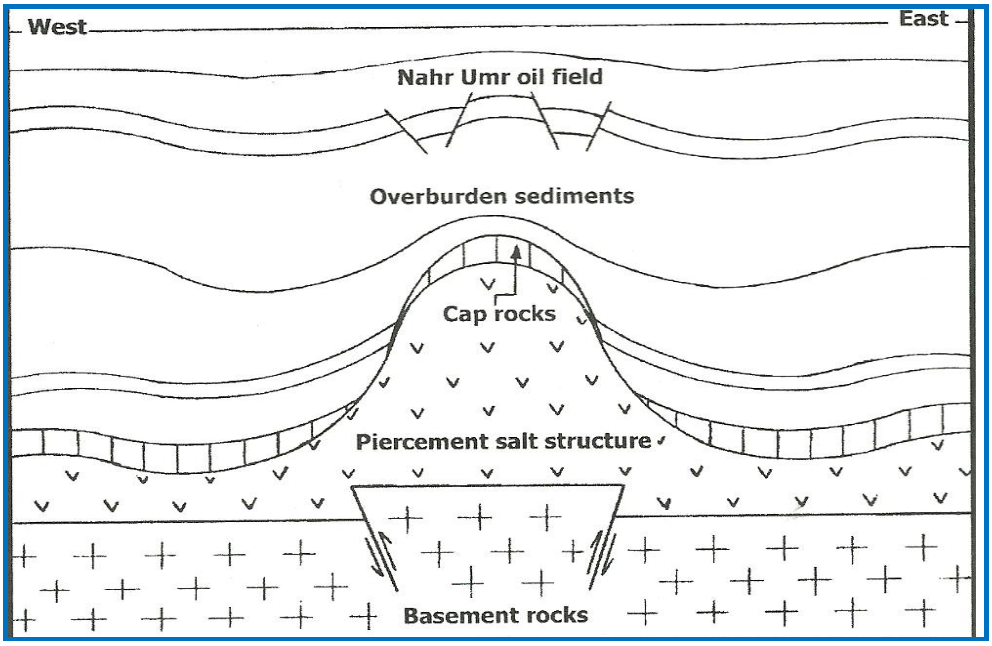
الشكل (3-1) خريطة تركيبية لأعلى الوحدة F لتكوين الزبير- حقل نهر بن عمر موضحاً عليها مواقع الآبار والفوالق محورة عن:(Braspetro, 1980)



شكل(1-4) خريطة تبين تقسيمات العراق التكتونية محورة عن: (Al-Kadhimi *et al*., 1996)

كما يلاحظ أن نمط توزيع الفوالق في حقل نهر بن عمر من نوع الفوالق الذي يترافق مع التراكيب التحدبية المتكونة نتيجة قوى شاقولية، مصدر هذه القوى الشاقولية هو تضافر كل من اندفاع صخور القاعدة وصعود أملاح الانفراكامبيري الموجودة أسفل حقل نهر بن عمر على شكل تركيب ملحي اختراقي، أذ بدأ تكون هذا التركيب الملحي الأختراقي في العصر الكريتاسي على شكل وسادة ملحية نتيجة تضافر عاملين: الأول يتمثل بميكانيكية أنعكاس الكثافة الناتجة عن زيادة سماكة العمود الطباقي فوق طبقة الملح المصدرية والثاني هو نتيجة أندفاع صخور القاعدة الناتجة من حصول أنقلاب جيوديناميكي من حالة الشد إلى حالة الأنضغاط ومن ثم تحول تراكيب المنخسفات (Grabens) إلى السروج (Horsts) وثم تحول الوسادة الملحية إلى تركيب أختراقي أستطاع أن يخترق جزءاً من التتابعات الطباقية العائدة للباليوزوك ليصل تأثيره إلى تتابعات الميسوزوك وبعض تتابعات السينوزوك التي تسببت بحدوث طي للتتابعات الطباقية لحقل نهر بن عمر (Billings, 1972 في المطوري، 2007)، الشكل (1-5).

يساهم أندفاع صخور القاعدة في تحفيز الملح على الصعود وتكوين تراكيب ملحية تختلف في سرعة نموها ونضوجها تبعاً لمقدار هذا التأثير، فكما هو واضح في قبة جبل سنام إذ استطاعت أن تتطور إلى سدادة ملحية لتصل إلى السطح بينما بقية التراكيب قد أكتفت بقباب ملحية تحت سطحية كما في الحقل المدروس نهر بن عمر (المطوري، 2002).



الشكل (1-5) الموديل التركيبي والتكتوني لتطور تركيب نهر بن عمر عن: (المطوري، 2007)

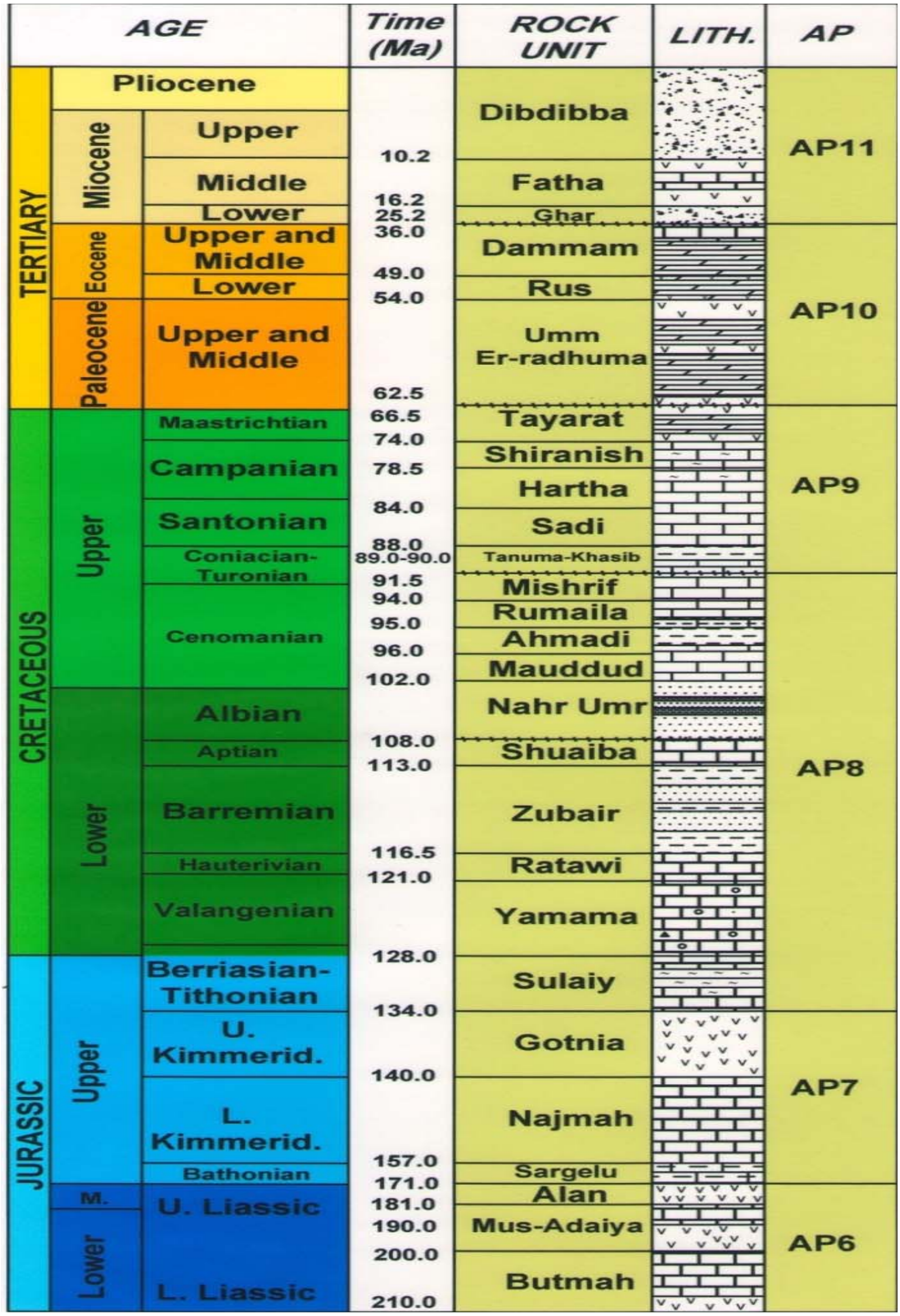
2-5-1: الوضع الطباقي (Stratigraphical Setting)

يعد تكوين الزبير أحد المستودعات الرئيسة للنفط والغاز في حقول جنوب ووسط العراق، إذ يمتد هذا التكوين من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي والذي يحده من الأعلى تكوين الشعيبة ومن الأسفل تكوين الرطاوي (السياب وآخرون، 1982). كما يبين الشكل (1-6) مقطع طباقي صخاري للمنطقة الجنوبية.

يتكون تكوين الزبير طباقياً من صخور رملية وسجيلية كوحدات متعاقبة تتخللها صخور كلسية ضئيلة السمك، قسم التكوين إلى 15 وحدة صخارية حسب الترتيب من الأعلى إلى الأسفل(بأتجاه الحفر) والتي تأخذ التسميات التالية (AB-CD-E-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q)، متضمنة ست وحدات مكمنية وهي (E - F - H - N- O -P) في حين تعد بقية الوحدات كأنطقة غطاء ثانوية حسب تقسيم (Al-Siddiki, 1978)، أما بالنسبة لتقسيمات (Braspetro, 1980) فقد عملت على دمج الوحدتين المكمنيتين (O, P) معاً .

يصل معدل سماكة التكوين حوالي 287 متراً في حقل الدراسة، ويلاحظ من خلال الآبار المحفورة والمعلومات المتوافرة أن سماكة التكوين تزداد عند أطراف الحقل عنه في وسطه. يحددُ أعلى التكوين ببداية الطبقات السجيلية التي تلي الصخور الكاربونايتية لتكوين الشعيبة أما أسفل التكوين فيحدد ببداية الصخور الكاربونايتية لتكوين الرطاوي .

أشار الباحث (Al-Husseni, 2000) إلى أن لتكوين الزبير مكافئاً له في كل من إيران يدعى تكوين الكادوان(Gadawan) ، كما يتغاير نحو الجنوب ليكافئ تكوين البياض في العربية السعودية وبأتجاة الجنوب الشرقي ليكافئ تكوين الهوار والرطاوي في قطر.



الشكل (1-6) مقطع طباقي صخاري مثالي للمنطقة الجنوبية محور عن: (Jafer, 2010)

6-1 : الدراسات السابقة Previous Studies

دُرس تكوين الزبير من قبل عدة باحثين بنواحي عدة وذلك لأهميته الأقتصادية من الناحية النفطية، ومن هذه الدراسات :

وصف تكوين الزبير لأول مرة من قبل جونس (Jones, 1948 in Al-Canaani, 2003)، حيث أعطيت له التسمية النظامية من قبل نصر وهد سن (Nasr and Hudson, 1953) وجرى تثبيتها بصورة تفصيلية من قبل (Owen and Nasr, 1959) ، إذ جرى اختيار الفترة العميقة 3161− 3550 للبئر (Zb-24) بوصفه مقطعاً أنموذجياً للتكوين.

حدد Chatton (1960) في الاتروشي (1999) تكوين الزبير بالتحديد في المنطقة الجنوبية من العراق بالعمر الهاوتروفي – البريمي. في حين أشار(Al-Naqib, 1967) في المنطقة الجنوبية من العراق إلى كون تكوين الزبير غير متجانس وأشار إلى وجود تغايرات عمودية وأفقية شديدة بالصخارية.

وأوضح Reulet (1971)، في دراسة لحقل السيبة – جنوب العراق إلى أن تكوين الزبير قد ترسب في تلك المنطقة في بيئة (Supratidal to Subtidal) ضمن بيئة بحرية محصورة أو بيئة (Letoral marine). كما أشار Rohan (1975) في دراسته لرسوبيات الزبير – جنوب العراق بأنها تقع ضمن بيئة دلتائية لها صفة الدورات الترسيبية. وقام(Al-Siddiki (1978 بتقسيمَ تكوين الزبير في حقل نهر بن عمر إلى 15 وحدة صخارية، وفي عام Braspetro, 1980 من خلال دراسة مكمنية مفصلة لتكوين الزبير في حقل نهر بن عمر تم تقسيم التكوين إلى 14 وحدة صخارية، كما عملت على دمج الوحدتين المكنيتين (O, P) معاً. أنجز حسني (1980) دراسة جيولوجية مكمنية لحقل نهر بن عمر (تكوين الزبير) وعملَ على حساب الأحتياطي النفطي والخصائص البتروفيزيائية للطبقات الرملية. تطرقت شركة توتال Total company (1984) إلى كون بيئة تكوين الزبير في وسط العراق هي بيئة ساحلية. وبينَ Ashoor (1985) أن معادن الأطيان في تكوين الزبير تعد قليلة في الصخور الرملية، أذ يُعد معدن الكاؤولينايت المعدن السائد والشائع مع نسبة قليلة من معادن الألايت والمونتمورلينات. أوضح Ali and Nasser (1989) من خلال دراستهما لآبار مختارة من جنوب العراق أن بيئة الزبير بيئة دلتائية ذات دورات متعددة، وكل دورة تعد طور بنائي وطور هادم

لاحق عند تعرض حافات الدلتا لفعل التيارات والأمواج البحرية بحيث تنتهي كل دورة بطور تقدم بحري
.

كما توصل عباس وآخرون (1989) في دراسة للمعادن الطينية لتكوين الزبير بأنه ذو بيئة دلتائية لسيادة معدن الكاؤولينات والألايت. وتناول Ashoor and Hussein عام (1992) في دراسة لعضو الرمل الأعلى في حقل الرميلة الشمالية أن بيئة الترسيب هي بيئه دلتائية ذات طور تراجعي ممثلة بسحنات مقدمة الدلتا وجبهة الدلتا. تناول العبيدي (1996) في دراسة تركيبية ومكمنية مقارنة بين حقلي نهر بن عمر والزبير، إذ تبين وجود سرج يفصل بين التركيبين. وتوصل الاتروشي في عام (1999)، في دراسته لتكوين الزبير في حقل الرميلة الشمالي إلى أنه يمتاز بمعدلات ترسيب عالية والصخور السجيلية تعد صخوراً مصدرية جيدة ذات كفاءة وقدرة جيدة لتوليد الهيدروكاربونات وطردها، أما من ناحية تحليل الضغوط المسامية للتكوين فبينَ وقوع التكوين تحت قيم الضغط المسامي القريب من الضغط الهيدروستاتيكي. بينَ البياتي (2001) أن تكوين الزبير يتغاير سحنياً من المنطقة الجنوبية والجنوبية الغربية بأتجاه المنطقة الشرقية من الحوض ويتداخل مع تكوين الرطاوي في حقول العمارة. أعطى الكنعاني (2003) تقييم جيولوجي مكمني لتكوين الزبير في آبار مختارة لجنوب العراق من خلال تحليل التأريخ الجيولوجي للحوض الرسوبي. درس تحليل الضغوط المكمنية من قبل Al-Ameri (2004) في عدة حقول نفطية لجنوب العراق، إذ استخدم في الدراسة طرائق عدة لغرض إيجاد الضغط المسامي. كما أوضح المطوري (2007) التطور التكتوني لحقل نهر بن عمر مبيناً تأثير أندفاع أملاح الأنفراكامبيري نحو الأعلى نتيجة لتضافر ميكانيكيتين هما : ميكانيكية أنعكاس الكثافة، وميكانيكية الحمل التفاضلي المتمثلة بأختلاف الضغط الصخري فوق التراكيب التحدبية وهو السبب الأساس في إعطاء الشكل التحدبي لحقل نهر بن عمر.

الفصـــل الثـــانـــي

الخصائص البتروفيزيائية

Petrophysical Properties

الفصل الثاني

الخصائص البتروفيزيائية

2-1: تمهيد (Preface)

يعد تفسير المجسات في يومنا هذا واحداً من أهم وانفع التقنيات المتوفرة لجيولوجي النفط، إذ تلعب دوراً متزايداً في عملية أتخاذ القرار الجيولوجي مع التقدم في الدقة والتطور في معدات الجس وطرائق تفسيرها، و يوجد نوعان من المجسات البئرية : مجسات التجويف المغلق (Closed hole logs)، ومجسات التجويف المفتوح (Open hole logs) حيث جرى تسجيلها في الجزء غير المبطن من تجويف البئر والتي تستخدم عادةً في أستكشاف تواجد الهيدروكاربونات وحساب العوامل الأساسية لتقييم الصخور ومعرفة خصائصها البتروفيزيائية .

إن الصفات والمميزات الصخرية التي تؤثر في قياسات الجس هي المسامية والنفاذية وتشبع الماء والمقاومية والتي يتم على نحو مباشر من تفسير المجسات أو يجري أستنباطها بطريقة غير مباشرة، أذ تقاس هذه الصفات عامة بأحدى المجسات التالية: الكهربائية والإشعاعية والصوتية.

2-2 : حساب الخواص البتروفيزيائية Petrophysical Properties Calculation

2-2-1: حساب المسامية (Porosity Calculation)

تعرف المسامية Ø أنها نسبة حجم الفراغات إلى حجم الصخرة الكلي وتقاس كنسبة مئوية (Bowen, 2003).

#

$$Ø = \frac{\text{Pore Volume}}{\text{Pore volume}} * 100 \qquad (1-2)$$

إن مقدار الفراغ الداخلي في حجم الصخرة هو مقياس لمقدار الموائع التي يمكن للصخرة أن تحتويها، ويمكن تصنيف المسامية من حيث تكوينها إلى نوعين: أولية، وثانوية (مستحدثة)، المسامية الأولية هي المسامية التي تكونت مع تكون الصخرة، وهي أما أن تكون من النوع بين حبيبات الصخرة (Intergranular) أو بين البلورات (Intercrystalline)

ويمكن تحديد المسامية من المجسات المختلفة وكما يلي:

1 - مجس النيترون (Neutron Log)

يقيس مجس النيوترون المسامية بصورة مباشرة، مبدأ عمله هو قذف النيوترونات من مصدر كيمياوي يكون خليطاً من أمريسوم والبريليوم غالباً لتصطدم بنوى التكوين وتتباطأ عند مسافة معينة من المصدر لقياس كثافتها عند الكاشف، إذ تعتمد كمية الطاقة المفقودة لكل أصطدام (نيوترون – نواة) على فرق كتلتيهما وتكون الكمية القصوى عندما يكون الفرق صفراً (حالة اصطدام النيوترون بنواة الهيدروجين) وهذا ما يجعل مجس النيوترون متجاوباً لكل وحدة حجم من التكوين، أي يكون تجاوب المجس أساساً لكمية الهيدروجين ونابعاً عن القيمة العالية جداً، وبذلك يرتبط بصورة مباشرة مع المسامية، وللغاز تركيز هيدروجيني أقل مقارنة النفط والماء مما يعطي للمسامية قيمة أقل من الحقيقة (خيوكه، 1991).

تمتلك المعادن الطينية تركيز هيدروجيني أعلى من معادن الحشوة غير الطينية، لذا فقراءة النيوترون للمسامية الظاهرية تكون أعلى مقارنة بمجس الكثافة وتتغاير أستجابات مجس النيوترون أعتماداً على المتغيرات التالية :(السعدوني، 1988).

1- الأختلافات في أنواع المكاشف المستخدمة.

2- المسافات الفاصلة بين المصدر والمكاشف.

3- الصخارية (الحجر الرملي، الحجر الجيري والدولومايت).

2- مجس الكثافة (Density Log)

إن مجس الكثافة هو مجس مسامية يقيس كثافة الإلكترون لتكوين ما ويمكن أن يساعد الجيولوجي في الأمور التالية:

1- تحديد كثافة الهيدروكاربونات.

2- تحديد الأنطقة الحاملة للغاز والصخارية المعقدة.

3- تقييم المكامن الرملية والسجيلية (Schlumberger, 1972) .

تقاس المسامية عن طريق قياس الكثافة الكلية للصخور والتي تعتمد على آلية أصطدام أشعة كاما مع الألكترونات في التكوين ويؤدي الأصطدام إلى فقدان في طاقة جزيئات أشعة كاما، أطلق على التفاعل أسم تبعثر كومبتون (Compton scattering)، (Tittman &Wahl, 1965 في السعدوني، 1988).

تحصى أشعة كاما المبعثرة التي تصل إلى المكشاف الموضوع على مسافة ثابتة من مصدر أشعة كاما التي تعد دليلاً على كثافة التكوين، وتدل على عدد أصطدامات أنتشار كومبتن على عدد الألكترونات في التكوين، أي الكثافة الالكترونية (التي تعود إلى الكثافة الحجمية الحقيقية) التي تعتمد على حشوة مواد الصخرة (matrix) ومسامية التكوين وكثافة السوائل المالئة للفراغات (Rezae *et al.*, 2007) جرى حساب المسامية مع التصحيح من السجيل بالمعادلة التالية:

$$\emptyset_D = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_b} - V_{sh}\left(\frac{\rho_{ma} - \rho_{sh}}{\rho_{ma} - \rho_f}\right) \quad \text{(2-2)}$$

$\emptyset_D$: المسامية المشتقة من مجس الكثافة بعد التصحيح (%).

ρ_b : كثافة التكوين الكلية (gm / cm^3).

ρ_{ma} : كثافة الحشوة بعد التصحيح (2.87 للجيريات ، 2.65 للرمل) (gm / cm^3).

ρ_f: كثافة المائع (يساوي واحد للطين العذب ، 1.1 للطين المالح)(gm / cm^3) .

R_{sh}: الكثافة الكلية للسجيل المجاور(gm / cm^3).

V_{sh} : حجم السجيل.

إن النفط لا يؤثر على نحو ملموس في المسامية المشتقة من الكثافة، أما تواجد الغاز فقد يؤثر في قيم المسامية المشتقة من المجس.

3- المجس الصوتي (Sonic Log)

ظهر تسجيل الصوت أو السرعة لأول مرة مع الحاجة من قبل الجيوفيزيائي في العمليات الأستكشافية الزلزالية لمعرفة سرعة أنتقال الصوت داخل التكوينات المختلفة، بعد أستعمال الجهاز وجد أن أختلاف سرعة الصوت في الصخور أو داخل الطبقات له علاقة بمسامية الصخور، أي كلما كانت مسامية الطبقة عالية كلما كانت سرعة أنتقال الصوت في الطبقة تتباطأ(افديسيان، 1988). ويعنى المجس الصوتي بفاصل الأنتقال لموجة ضعيفة أنضغاطية تنتقل قدم واحد من التكوين، إذ يتكون جهاز الجس الصوتي من واحد أو أكثر من المرسلات الصوتية وأثنين أو أكثر من المستلمات وتصمم معدات الجس الصوتي الحديث بحيث تأخذ بنظر الاعتبار التغيرات الحاصلة في حجم تجويف البئر ويطلق عليها المعدات المعوضة (Compensated) عن تجويف البئر، إذ تقلل هذه المعدات إلى حد

تغيير التأثيرات الزائفة للتغييرات في حجم تجويف البئر(Kobesh & Blizared, 1959 في السعدوني، 1988).

تتأثر المسامية المحسوبة من المجس الصوتي بنوعية الصخارية وسرعة أنتقال الصوت خلال ملاط التكوين، أذ يجري حساب المسامية من المعادلة التالية (Wylie *et al.*, 1958 في حنظل، 2006).

$$\emptyset_S = \frac{\Delta t_{log} - \Delta t_{ma}}{\Delta T_f - \Delta t_{ma}} \quad \text{(3-2)}$$

إذ أن :

$\emptyset_S$: المسامية المحسوبة من المجس الصوتي.

Δt_{log} : فاصلة انتقال الموجة خلال التكوين ويقاس من تسجيل المجس الصوتي (*MS/ft*).

ΔT_{ma} : فاصلة انتقال الموجة خلال الحشوة وتساوي 55.5 للصخور الرملية (*MS/ft*).

ΔT_f : فاصلة انتقال الموجة خلال المائع (189 للطين العذب ،185 للطين المالح) (*MS/ft*).

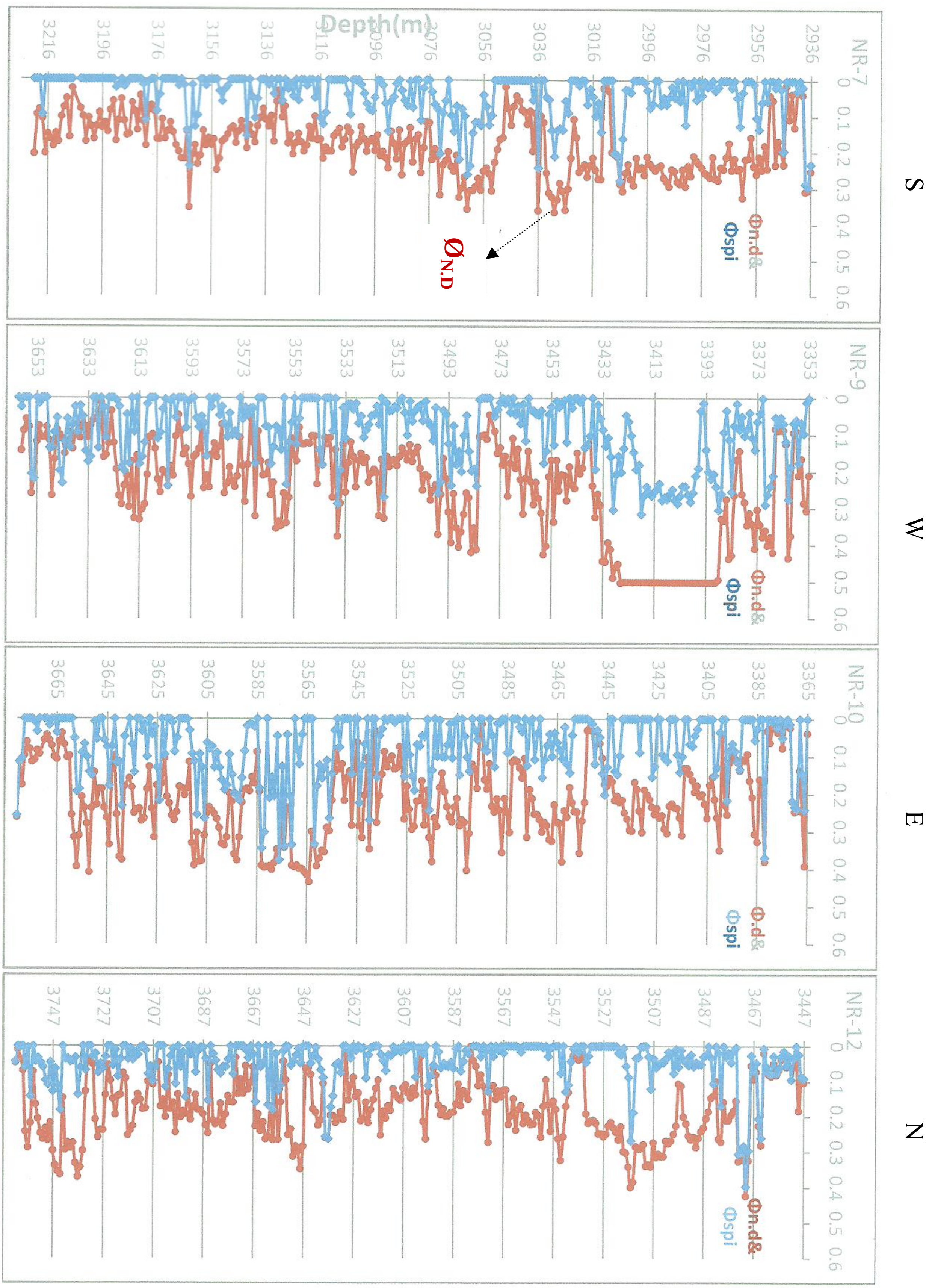
في حالة وجود السجيل في المكمن فأن زمن انتقال الموجة يكون أطول من زمن انتقال الموجة داخل المكامن النقية والخالية من والتي لها نفس المقدار من المسامية (افديسيان، 1988)، لذا فان المسامية بوجود السجيل تصبح:

$$\emptyset_S = \frac{\Delta t_{log} - \Delta t_{ma}}{\Delta T_f - \Delta t_{ma}} - \frac{\Delta t_{sh} - \Delta t_{ma}}{\Delta T_f - \Delta t_{ma}} \quad \text{(4-2)}$$

ΔT_{sh}: فاصل الانتقال للسجيل المجاور (*MS/ft*)

V_{sh} : حجم السجيل.

يبين الملحق (1) قيم المسامية الكلية $\emptyset_{N.D}$ والمصححة من تأثير السجيل، والمسامية الثانوية (SPI). يظهر الشكل (2-1) التغاير الحاصل لقيم المسامية مع العمق، إذ يلاحظ أن المسامية الكلية جيدة عند البئرين NR-12, NR-7 بينما تأخذ بالتزايد عند جوانب الحقل لتصبح المسامية الكلية جيدة جداً عند البئرين NR-10 , NR-9 . أما بالنسبة للمسامية الثانوية فتكون جيدة – جيدة جداً في مواقع هذه الآبار. كما يلاحظ قلة المسامية الكلية عند الأعماق السجيلية حيث تم في هذه الدراسة التخلص من قيم مسامية السجيل وعدم الاعتماد عليها لما يمتاز به السجيل بكون مساماته غير متصلة فيما بينها



الشكل (1-2) المسامية الكلية والثانوية لتكوين الزبير في آبار الدراسة

2-2-2: حساب التشبع المائي (Water Saturation Calculation)

هو نسبة حجم الفراغات في الصخرة المملوءة بالماء إلى الحجم الكلي للصخرة. ويقاس التشبع المائي كنسبة مئوية يرمز له بالرمز (S_w)، يمتاز التشبع المائي بأهميته في تفسير المجسات، إذ يمكن معرفة قيمة التشبع الهيدروكاربوني (S_h) للمكمن من خلال طرح التشبع المائي من القيمة واحد وكما في المعادلة التالية (السعدوني، 1988):

$$S_h = 1 - S_w \quad \text{(5-2)}$$

يحسب التشبع المائي من خلال معادلة آرجي:

$$S_w^n = (F * R_w / Rt) \quad \text{(6-2)}$$

إذ أن:

R_w :مقاومية ماء التكوين ($\Omega.m$).

n: آس التشبع= 2.

Rt : المقاومية الحقيقية ($\Omega.m$).

F: معامل التكوين.

لذلك فقد تم أستخدام المعادلة التالية لحساب التشبع المائي بوجود السجيل:

$$S_w = \sqrt{\frac{F*R_w}{R_t} - \frac{V_{sh}*R_w}{0.4*\emptyset*R_{sh}}} \quad \text{(7-2)}$$

إذ أن :

R_{sh} مقاومية السجيل ($\Omega.m$) .

والجدير بالذكر انه لا يكفي أحتساب التشبع المائي لغرض التقييم الكامل لإنتاجية النطاق البترولي للأسباب التالية:

1 – حركية الهيدروكاربونات.

2– نفاذية النطاق.

3– حجم الأحتياطي النفطي القابل للأسترجاع.

4 – مقدار S_w الكافي للأستكمال البئري بقصد أنتاج نفطي خالي من الماء (خيوكة، 1991)

يتطلب أحتساب التشبع المائي توفر عدد من المتغيرات وهي مقاومية ماء التكوين R_w وعامل التكوين F فضلاً عن حجم السجيل وفيما يلي طرائق حساب كل منهما:

1-2-2-2: حساب معامل التكوين (Formation Factor Calculation- F)

يمثل النسبة بين مقاومية الصخرة المشبعة كلياً بالماء(R_o) إلى مقاومية مياه التكوين R_w (Bowen, 2003).

$$F = \frac{R_o}{R_w} \quad \text{(8-2)}$$

يمكن حسابه بواسطة معادلة (Archie) والتي تربط كل من معامل التكوين والمسامية بعلاقة رياضية وكما يلي:

$$F = \frac{a}{\emptyset^m} \quad \text{(9-2)}$$

إذ أن :

a : معامل التشبيك.

m: أس التسميت ويعتمد على شكل وتوزيع المسامات أي هندسة المسامات وليس على درجة التسميت.

$\emptyset$: المسامية

$$F = \frac{1}{\emptyset^2} \text{ .... (للجيريات)} \quad \text{(10-2)}$$

$$F = \frac{0.81}{\emptyset^{2.28}} \text{ .... (للرمل)} \quad \text{(11-2)}$$

2-2-2-2 : مقاومية ماء التكوين (Water Resistivity - R_w)

تحسب قيمة مقاومية ماء التكوين بطرائق عدة، إلاَ أنه يمكننا الحصول عليها بسهولة من منحني SP تبعاً ل(Schlumberger,1989)، فأن قيمة مقاومية ماء التكوين تسجل في التكاوين النظيفة (غير السجيلية) ويشترط أن يكون التكوين نظيفاً ومسامياً ونفاذاً وحاملاً للماء. ويعتمد حساب R_w بطريقة SSP على العلاقة بينهما وكما يلي:

$$SSP = -K \log \frac{R_{mf}}{R_w} \quad \text{(12-2)}$$

إذ أن:-

SSP : أقصى أنحراف يصل إليه مجس SP في طبقة نظيفة.

R_{mf} : مقاومية راشح طين الحفر $(\Omega.m)$.

R_wمقاومية ماء التكوين$(\Omega.m)$.

لتطبيق الطريقة يتطلب تحديد SSP الذي يمثل أقصى انحراف يصل إليه مجس SP في طبقة نظيفة وتحديد درجة الحرارة عند نطاق SSP. والتي تحدد من خلال المعادلات التالية :

$$T_f = G.G * d + T_S \quad \text{(13-2)}$$

T_f: درجة حرارة التكوين .

d: العمق المراد حساب درجة الحرارة له.

T_s : درجة الحرارة السطحية .

G.G: التدرج الحراري ويحسب من المعادلة التالية :

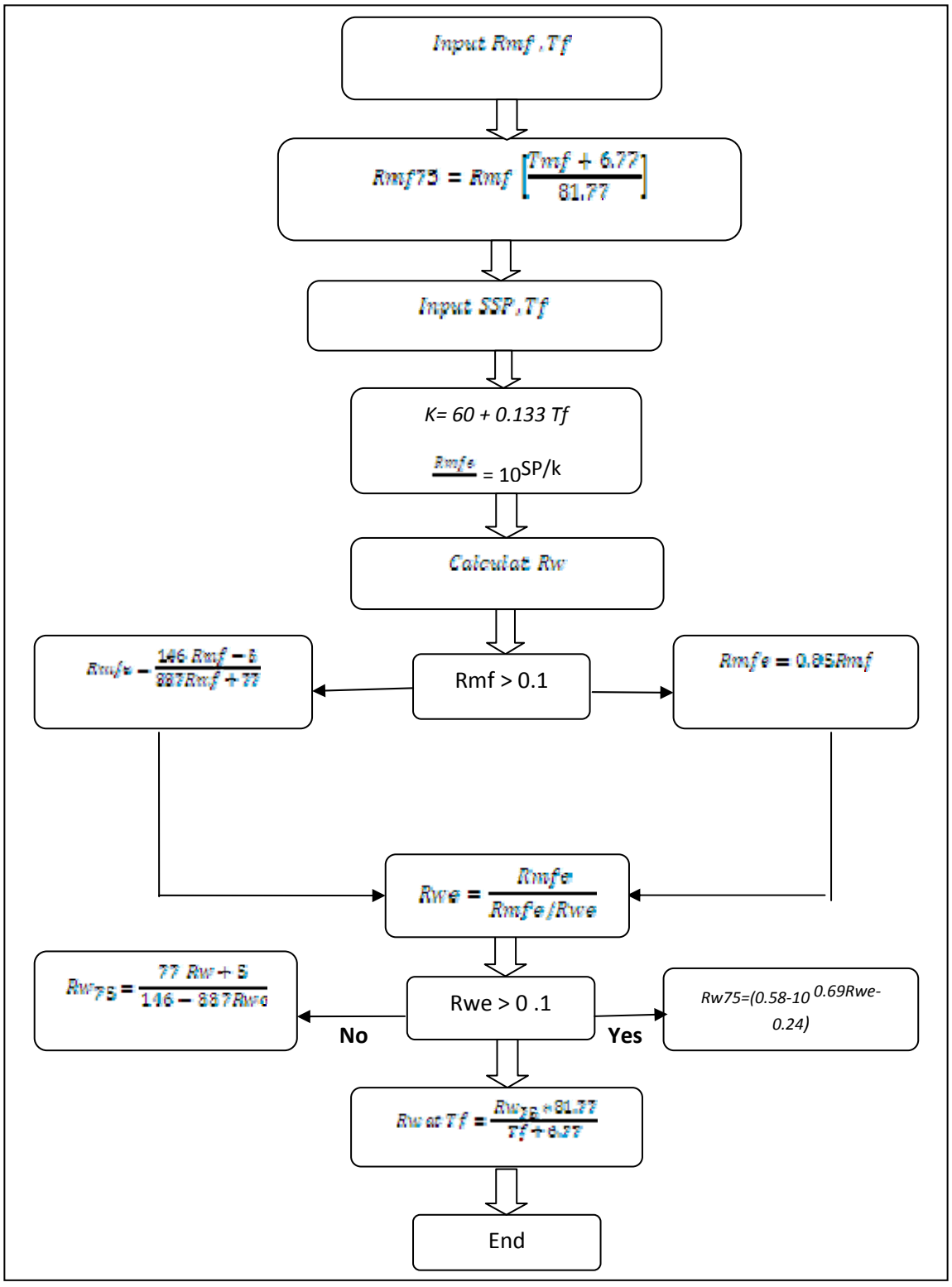
$$G.G = \frac{BHT - Ts}{Dt} \quad \text{(14-2)}$$

BHT: درجة حرارة قعر البئر .

Dt: العمق الكلي (m).

الطريقة الرياضية المطبقة لحساب R_w مطورة عن (Bateman & Konen, 1997)، (السعدوني ، 1988) الشكل (2-2).

حسبت قيمة R_w في هذه الدراسة للبئر (NR-10) بهذه الطريقة ووجد أنها تساوي (0.03) أوم . م.



الشكل (2-2): مخطط يبين حساب R_w من مجس SP عن: (السعدوني، 1988)

3-2: حجم السجيل (Shale Volume –V_{sh})

يعتمد تأثير السجيل على المحتوى السجيلي أو ما يسمى بالحجم السجيلي وتعد حساب قيمته أهمية رئيسة بسبب تأثير السجيل على معدلات قيم الجس المختلفة (Basseoni, 1994)، يستخدم حجم السجيل في تقييم المكامن المحتوية على نسبة من السجيل، كمعامل لرسم الخرائط في التحليل السحني لكل من الصخور الرملية والسجيلية، إذ جرى في هذه الدراسة الأخذ بالنظر إزالة تأثير السجيل عند حساب المسامية والتشبع المائي. يتم حساب حجم السجيل من خلال كل من مجس أشعة كاما ومجس المقاومية ومجس الجهد الذاتي ويشتق أيضا من المرتسمات المتقاطعة cross plot لكل من (Density - Sonic , Neutron – Sonic)، (Schlumberger, 1970).

يمتلك السجيل قدرة أكبر على الإشعاع من الرمل أو الصخور الجيرية حيث يقيس مجس أشعة كاما بشكل رئيس هذه الأشعة، فالقراءات العالية لمجس أشعة كاما غالبا ما تحدث قبالة طبقات السجيل، أما القراءات الواطئة فتوجد في الرسوبيات الأخرى الخالية من السجيل. يستعمل مجس أشعة كاما بالترافق مع مجسات المقاومية (Bigelow, 2002).

أما في هذه الدراسة فقد استعمل مجس أشعة كاما لحساب الحجم السجيلي . الخطوة الأولى لحساب حجم السجيل هي تحديد معامل أشعة .

$$I_{GR} = \frac{Gr_{log} - Gr_{min}}{Gr_{log} - Gr_{min}} \quad \text{.......} \quad (15\text{-}2)$$

I_{GR}: معامل أشعة كاما GR .

GR_{min}: قراءة أشعة كاما الدنيا .

GR_{max}: قراءة أشعة كاما العليا.

GR_{Log}: قراءة مجس أشعة كاما.

ومن ثم يجري حساب حجم السجيل بالمعادلة المناسبة لعمر الصخور المدروسة كما يلي :

*(لصخور العصر الثلاثي غير المتصلبة)

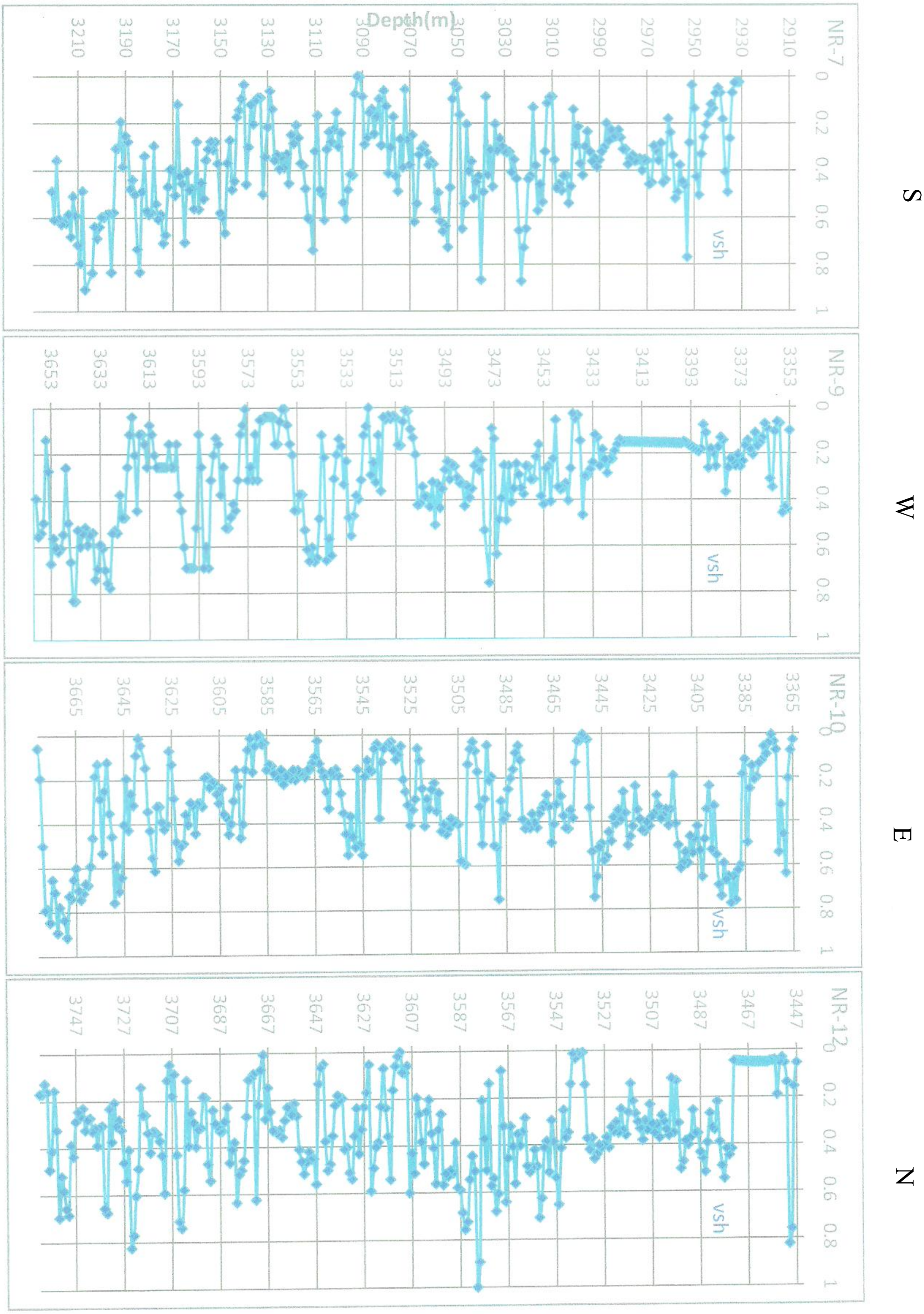
$$V_{sh} = 0.083 * [2^{3.7*IGR} - 1] \quad \text{.......} \quad (16\text{-}2)$$

أما في هذه الدراسة فيعتمد معادلة الصخور الأقدم المتصلبة في الكريتاسي الأسفل وكما يلي:

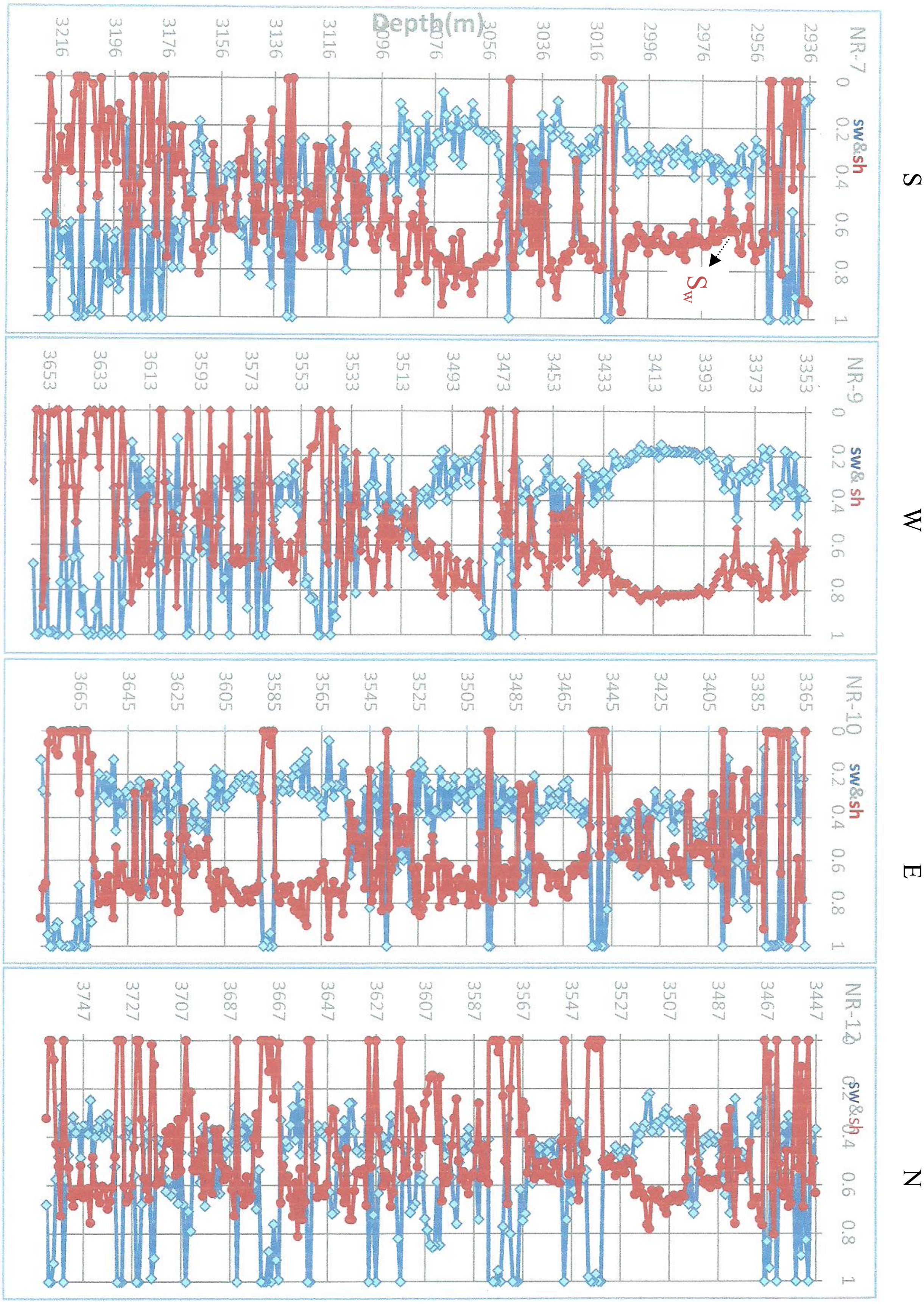
$$V_{sh} = 0.33 * [2^{2*IGR} - 1] \quad (17\text{-}2)$$

يبين الملحق(1) قيم حجم السجيل لآبار الدراسة المختلفة، كما يظهر الشكل (3-2) الوجود العالي للسجيل في التكوين مع العمق بسبب أحتواء التكوين على طبقات عديدة سجيلية ستستعرض بالتفصيل في الفصل الثالث.

بعد احتساب المعاملات المطلوبة لغرض تطبيق المعادلات الخاصة بحساب التشبعات النفطية والمائية، يظهر الشكل (4-2) وجود تشبعات نفطية ومائية كبيرة في آبار الدراسة وتأخذ التشبعات النفطية بالتزايد عند الاتجاه نحو طرفي حقل نهر بن عمر الشرقية والغربية أي عند البئرين NR-9 ,NR-10.



الشكل (3-2) الحجم السجيلي لتكوين الزبير في أبار الدراسة



الشكل (4-2) التشبع المائي والهيدروكاربوني لتكوين الزبير في آبار الدراسة

4-2: حساب الحجم الكلي وحركية الهيدروكاربونات

يحسب حجم الماء الكلي في النطاقين الملوث وغير الملوث بطين الحفر وفق المعادلتين التاليتين :

$$BV_w = S_w \, Ø \quad (18\text{-}2)$$

$$BV_{xo} = S_{xo} \, Ø \quad (19\text{-}2)$$

Bv_w : حجم الماء الكلي للنطاق غير الملوث.

Bv_{xo} : حجم الماء للنطاق الملوث.

ثم يحدد حجم الهيدروكاربون الكلي الذي يمثل مجموع حجم الهيدروكاربونات الكلي للتشبع النفطي القابل للحركة (BV_o) وتشبع الفضالة النفطية (غير القابلة للحركة) يحسب من المعادلة التالية:

$$Bv_o = S_h \, Ø \quad (20\text{-}2)$$

$$S_h = MOS + ROS \quad (21\text{-}2)$$

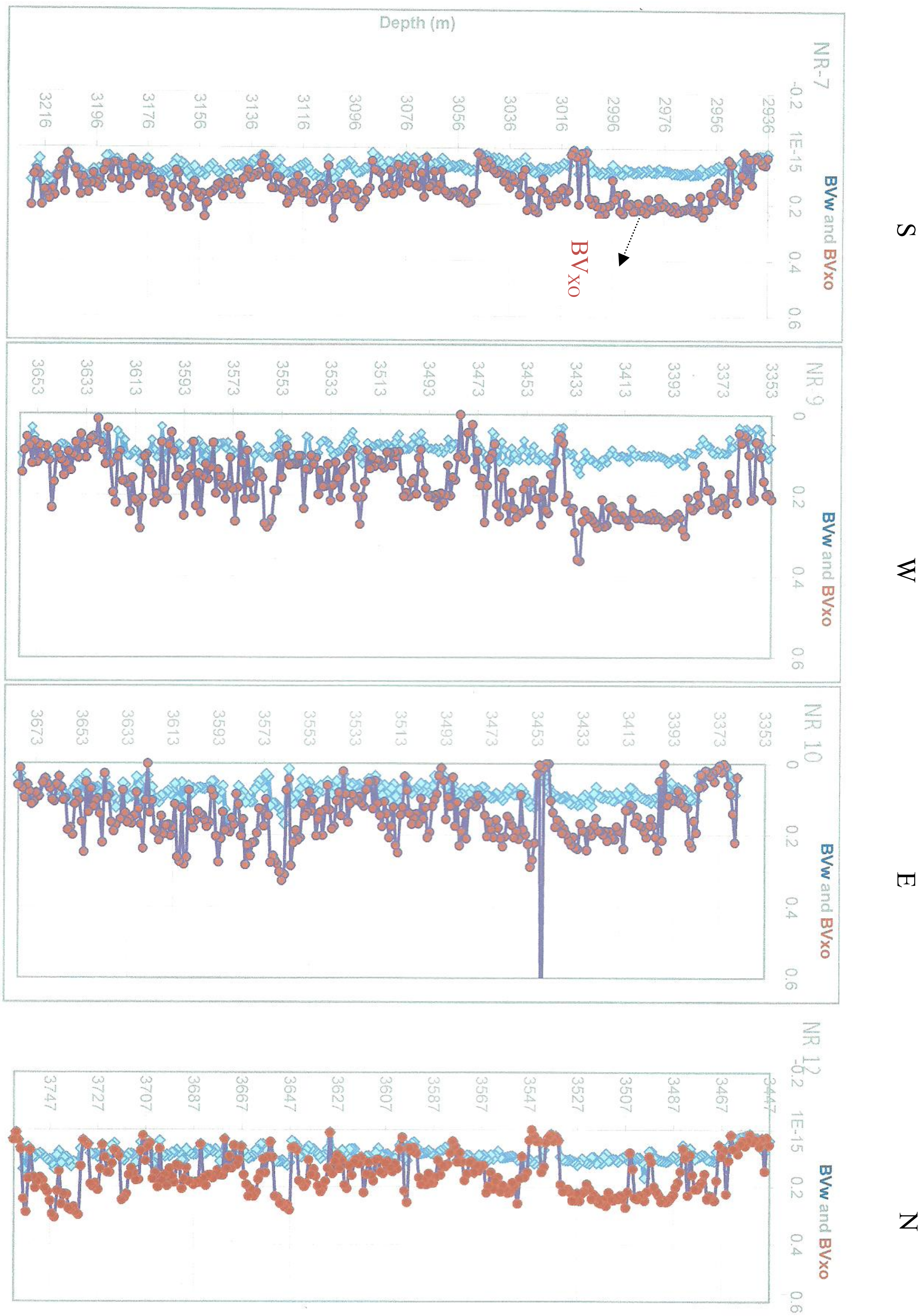
ويحسب التشبع النفطي القابل للحركة (MOS) من خلال المعادلة التالية:

$$MOS = S_{xo} - S_w \quad (2\text{-}22)$$

كما يحسب تشبع الفضالة النفطية (غير القابلة للحركة -(ROS)) من خلال المعادلة التالية:

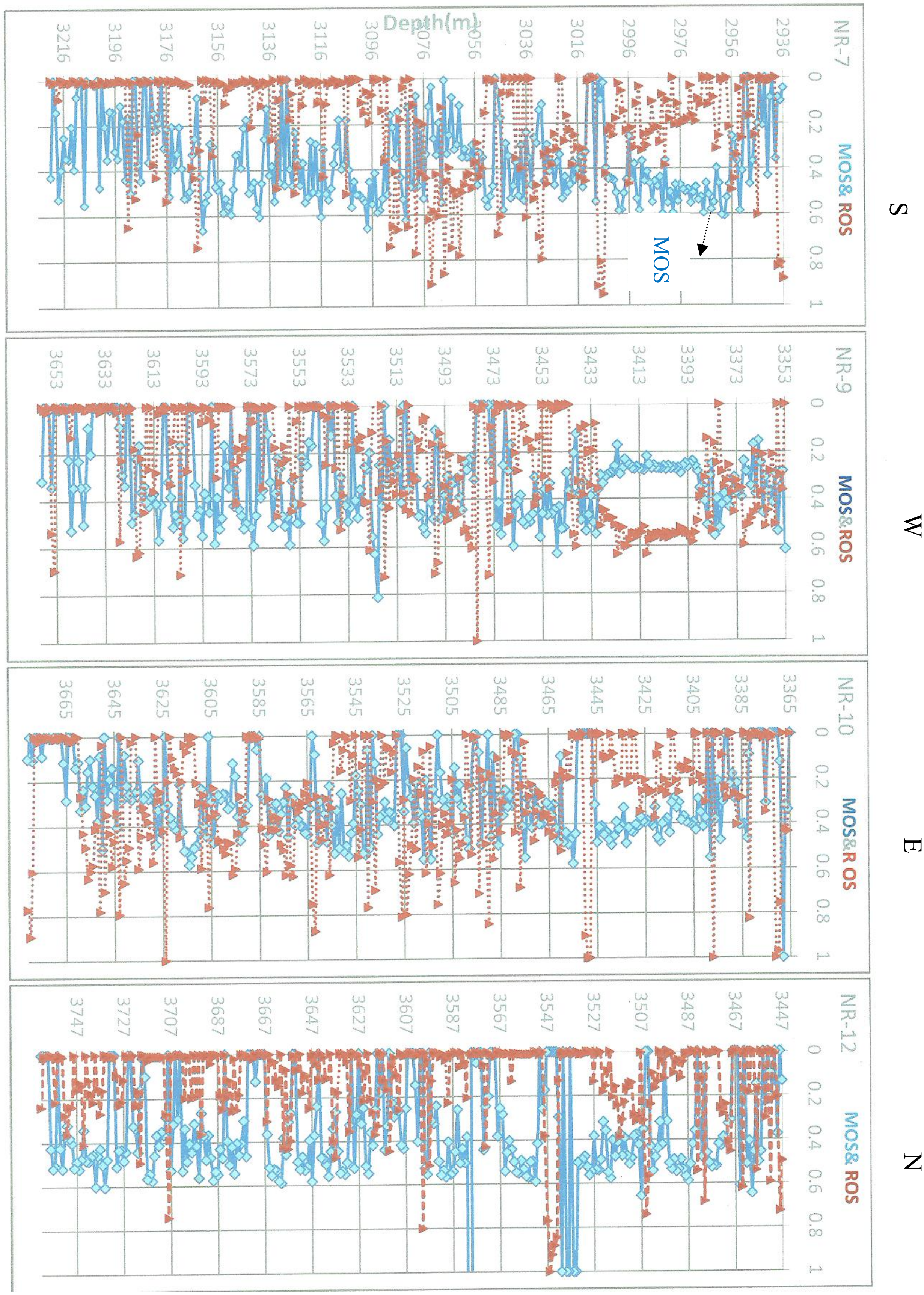
$$Ros = 1 - S_{xo} \quad (23\text{-}2)$$

يبين الملحق(1) قيم الحجم الكلي للماء وكذلك قيم ROS وMOS، يوضح الشكل (2 –5) تغاير قيم الحجم الكلي للماء مع العمق لآبار الدراسة .



الشكل (5-2) حجم الماء الكلي للنطاقين الملوث وغير الملوث لتكوين الزبير في آبار الدراسة

يوضح الشكل (2-6) التشبعات النفطية القابلة للحركة (Mos) والفضالة النفطية غير القابلة للحركة (Ros) والمحسوبة بواسطة القوانين السابقة كما مبينة قيمها في الملحق (1)، إذ نلاحظ أن قيم التشبع النفطي القابل للحركة تكون أكبر من الفضالة النفطية في اغلب الأعماق وهذا يدل على النفاذية الجيدة لصخور المكمن لآبار الدراسة، لاسيما عند البئرين (NR-7, NR-12) كما يبين في الشكل (2- 6)، إلا أنه في بعض الأعماق تتزايد قيمة الفضالة النفطية غير القابلة للحركة على التشبع النفطي القابل للحركة بسبب النفاذية القليلة عند تلك الأعماق ونتيجة لكون النفط من النوع الثقيل، كما يظهر ذلك بوضوح في البئر(NR- 9) عند الأعماق (3430 – 3393) متراً.



الشكل (6-2) التشبع النفطي القابل للحركة والفضالة النفطية لتكوين الزبير في آبار الدراسة

الفصـــل الثـالث

الوحدات الصخارية والمكمنية

Reservoir & Lithology Units

الفصل الثالث

الوحدات الصخارية والمكمنية

1-3 : تمهيد (Preface)

يتميز مكمن الزبير بالتغاير الواضح بالصخارية العمودية والجانبية، إذ تؤثر الظروف الترسيبية والمتميزة في البيئة الدلتائية والبيئة الشاطئية – الساحلية من خلال تقدم وتراجع مستوى البحر في ترسيب الصخور الرملية والسجيلية. يتضمن هذا الفصل محورين، الأول تقسيم الوحدات الصخارية لمكمن الزبير أما المحور الثاني فيتضمن تقسيم الوحدات المكمنية وبيان خصائصها البتروفيزيائية بالأعتماد على سلوك المجسات البئرية.

2-3: الوحدات الصخارية (Lithologic units)

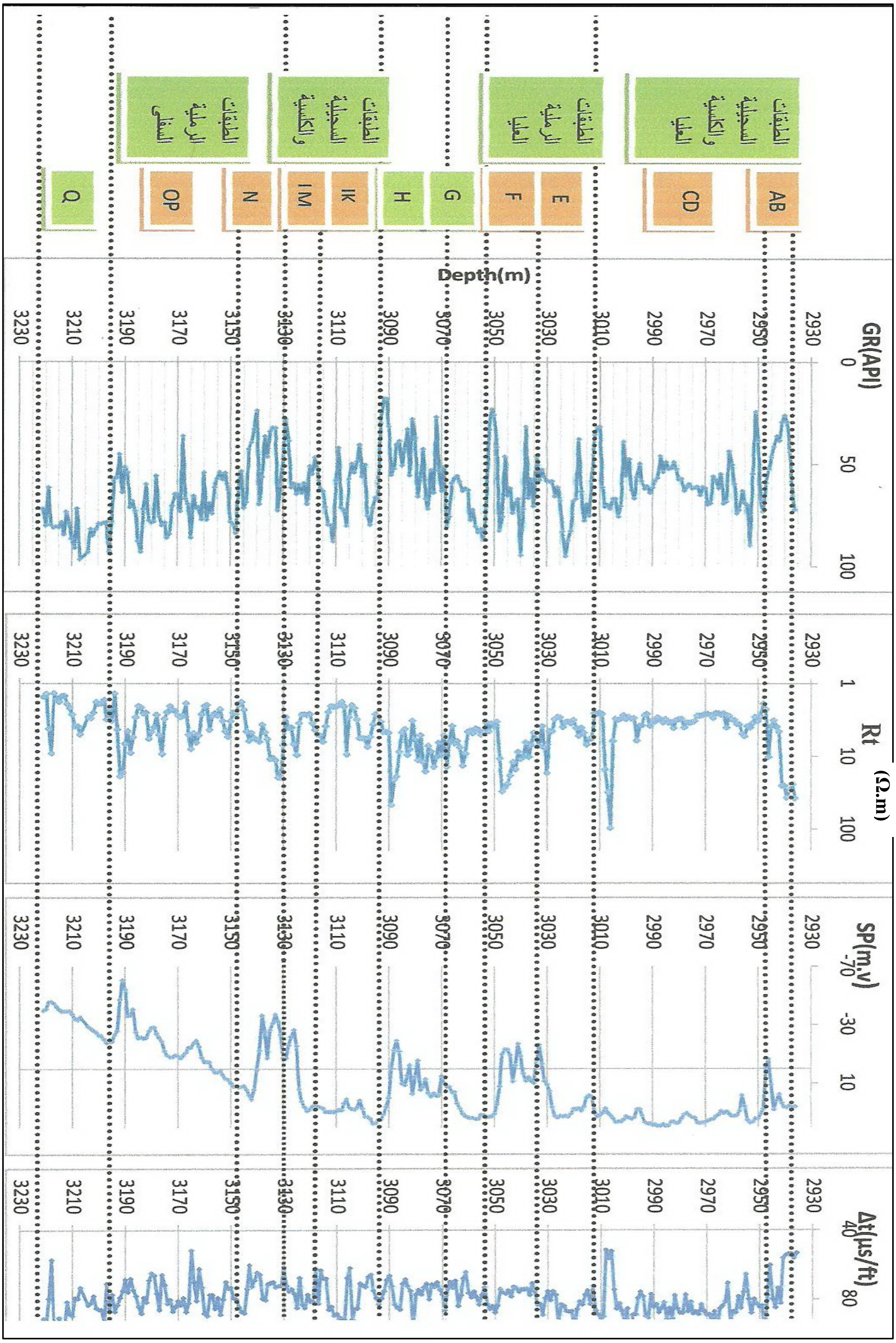
قسم مكمن الزبير من قبل (Al-Siddiki, 1978) إلى 15 وحدة صخارية، كما تطرق (سوادي وآخرون، 2006) في تقسيمهم للمكمن إلى وجود طبقات رملية تفصلها طبقات سجيلية. وأنطلاقاً من هذا المبدأ قسم المكمن إلى ثلاث طبقات رملية أساسية التي تمثل المكامن الرئيسة وأربع طبقات سجيلية تفصل الصخور الرملية بصورة متعاقبة تمثل أنطقة غطاء فردية، وذلك بالاستناد إلى سلوك المجسات البئرية المختلفة عند حدود الوحدات الطباقية المكونة للمكمن، يظهر الشكل (3-1) سلوك المجسات التالية في البئر (NR- 7) على سبيل المثال لا الحصر:

1- مجسات المسامية (النيوتروني والكثافة والصوتي): نلاحظ زيادة في قراءة مجسات المسامية عند الحدود العليا للتكوين والحدود الفاصلة للطبقات السجيلية .

2- مجس الجهد الذاتي: يأخذ منحني الجهد الذاتي بالزيادة عند حدود التكوين ويميل نحو اليمين عند وجود الطبقات السجيلية في بداية التكوين.

3- مجس أشعة كاما: تزداد قراءة مجس أشعة كاما عند الحد العلوي لتكوين الزبير إذ يعلوه تكوين الشعيبة الجيري الذي يتميز بقراءات واطئة.

4- مجسات المقاومية: تقل قيم المقاومية عند الحد العلوي للتكوين حيث المسامية العالية للطبقات السجيلية. وفيما يلي أستعراض لتلك الوحدات الصخارية :



الشكل (3-1) حدود الوحدات الصخارية لتكوين الزبير للبئر (NR-7)

1- الطبقات السجيلية والجيرية العليا:

تمثل هذه الطبقات الحد العلوي لتكوين الزبير وتتكون من صخور سجيلية وجيرية وهي عبارة عن أنطقة غطاء للمكمن، أذ تضم هذه الوحدات الصخارية التالية:

* الوحدة AB: تمثل هذه الوحدة بداية تكوين الزبير عند أسفل الصخور الجيرية لتكوين الشعيبة، تتكون من صخور سجيلية متعاقبة مع صخور جيرية صلدة وتكون سماكة هذه الوحدة في الأطراف أكبر بقليل منه في الوسط (سوادي وآخرون، 2006)، ويبلغ معدل سماكة الوحدة 15 متراً.

* الوحدة C: تتكون من تعاقب الصخور السجيلية مع الغرين المتطين(Marly silt) وطبقات رقيقة من الحجر الرملي الناعم، وتعتبر من اكبر الوحدات بمعدل سماكة تبلغ 64 متراً.

* الوحدة D: وهي عبارة عن طبقة رقيقة من الحجر الجيري الصلد ومعدل سماكة الوحدة 5 أمتار.

تم الاعتماد على المرتسم المتقاطع (M-N) في تحديد المعدنية لوحدات التكوين، ويتطلب لذلك توفر قراءة كل من مجس الكثافة والصوتي والنيوترون، يتم من خلالها حساب المعاملات المعتمدة على الصخارية للمرتسم المتقاطع ($\O_N - \rho_b$) وكما مبين في المعادلات التالية (Schlumberger, 1972):(أنظر الملحق- 1).

$$M = \frac{\Delta t f - \Delta t}{\rho_b - \rho_f} \quad \text{(1-3)}$$

$$N = \frac{Nf - \O_N}{\rho_b - \rho_f} \quad \text{(2-3)}$$

حيث أن :-

$\Delta t f$: فاصل انتقال الموجة خلال المائع .

Δt: فاصل انتقال الموجة للتكوين.

ρ_b: الكثافة الكلية للتكوين.

ρ_f: كثافة المائع.

$\O_{Nf}$: المسامية النيوترونية للمائع وتساوي (1) .

$Ø_N$: المسامية النيوترونية للتكوين من مجس النيوترون.

يبين الشكل (3-2) المعدنية للطبقات الجيرية والسجيلية العليا لآبار الدراسة، إذ يلاحظ أن اغلب النقاط تتجمع ضمن نطاق معدن الكالسايت ونطاق المسامية الثانوية والسجيل وهي المكونات المعدنية الأساسية لهذه الطبقات.

أما الصخارية فأستخرجت بالاعتماد على مرتسمات ($Ø_N - \rho_b$) شكل(3-3)، حيث تتطلب لهذا قراءة كل من مجسي النيوترون والكثافة لتحديد $Ø_N$ و ρ_b على التوالي، ثم تسقط على مرتسم عد مسبقاً من قبل شركة شلمبرجر(خيوكة، 1991) إذ يلاحظ أن أغلب النقاط تتجمع حول نطاق السجيل والكالسايت وقليل من الحجر الدولومايتي .

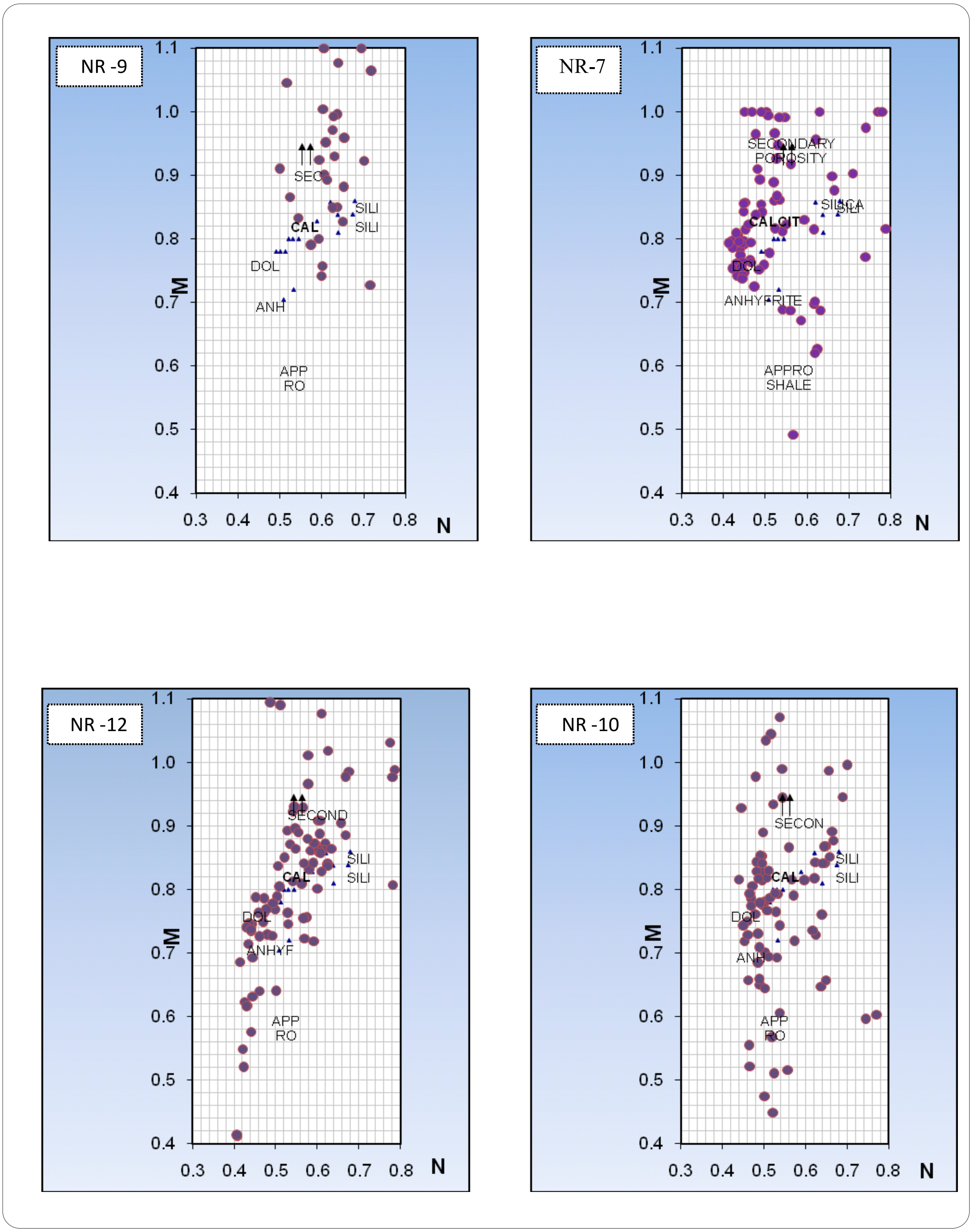
2- الطبقات الرملية العليا :

تضم الطبقات الرملية العليا وحدتين هما:

* الوحدة E : تتكون من تعاقب الحجر الرملي الهش المتوسط الصلابة مع صخور سجيلية مع تداخلات قليلة من الحجر الجيري، يبلغ معدل سماكة الوحدة حوالي22 متراً، ونلاحظ أنها ممتدة عند أطراف الحقل وتتميز ببيئة ساحلية (Braspetro, 1980).

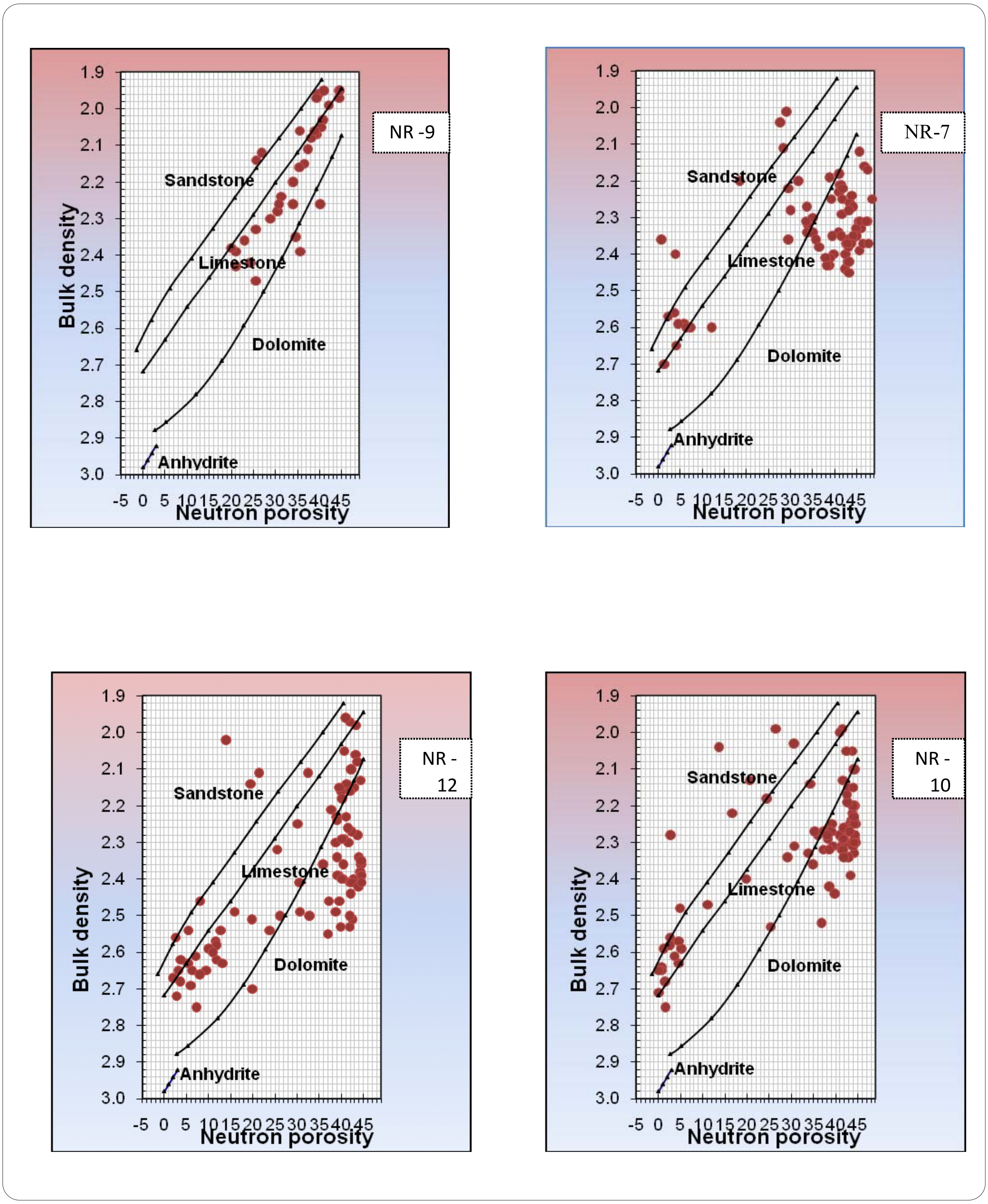
* الوحدة F : تتكون هذه الوحدة أيضا من تعاقب الحجر الرملي مع الصخور السجيلية بمعدل سماكة تبلغ 18 متراً ويزداد سمكها من الغرب إلى الشرق ومن الجنوب إلى الشمال.

يلاحظ في الشكل(3-4) تجمع النقاط حول نطاق السيليكا فضلاً عن تجمع بعض من النقاط عند أنطقة معدن الكالسايت ، كما يبين الشكل (3-5) التجمع الصخاري للطبقات الرملية العليا حيث نلاحظ تبعثر النقاط لتكوين الزبير حيث تدلل على أن الصخور الرملية غير نظيفة مائة بالمئة.

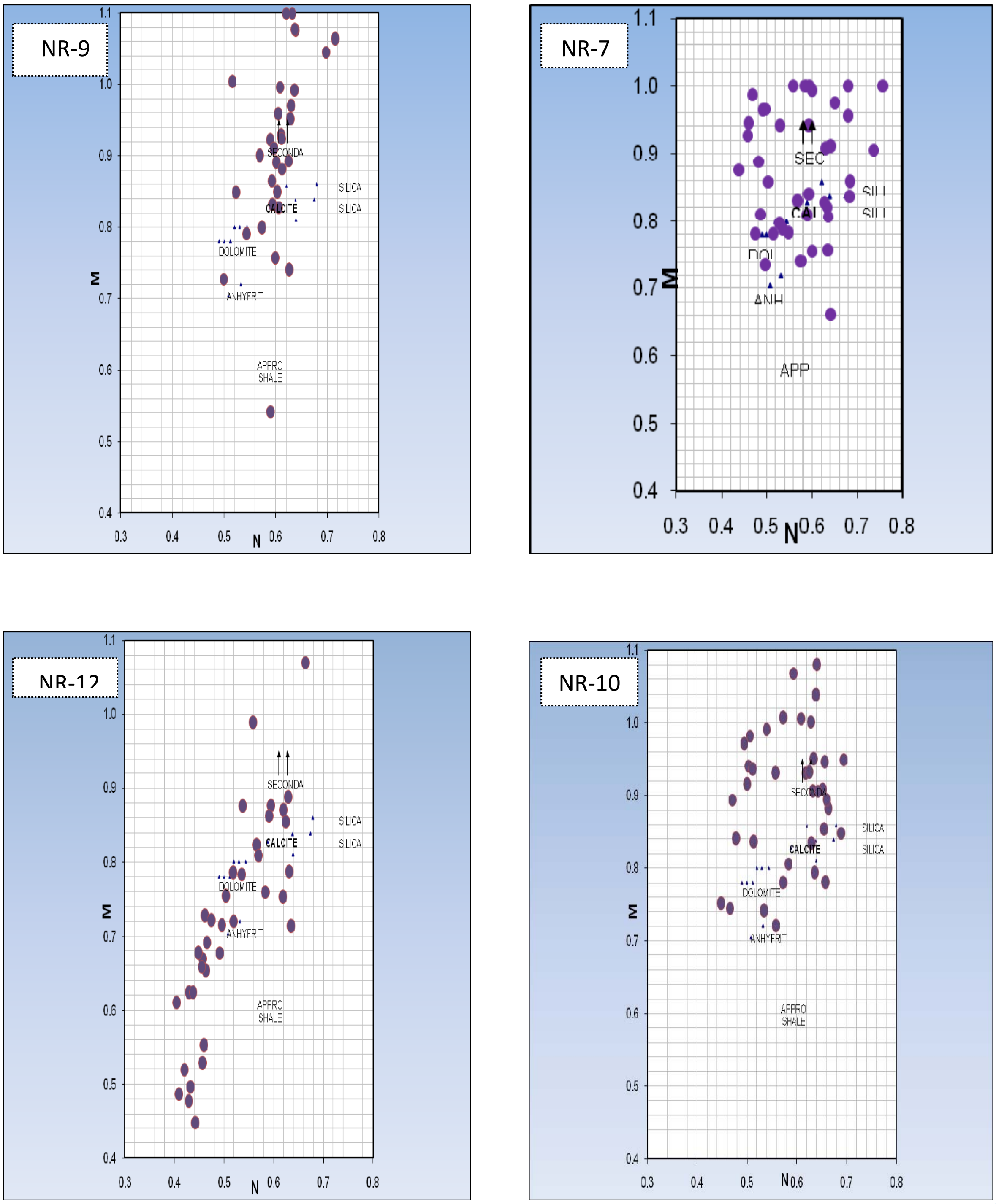


الشكل (3-2) مرتسمات (M-N) لتوضيح معدنية الطبقات السجيلية والجيرية العليا

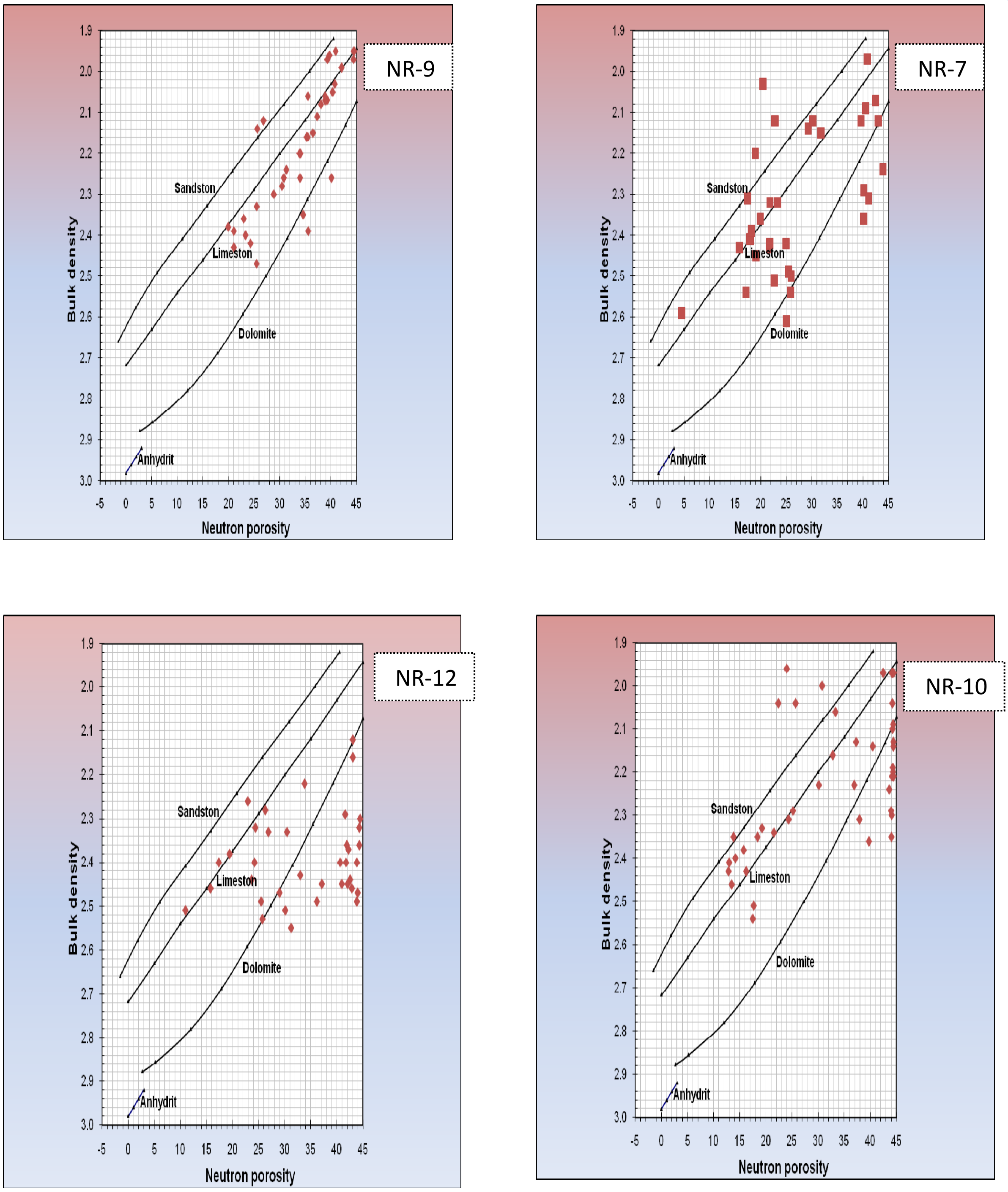
للوحدتين(AB + CD) لتكوين الزبير لآبار الدراسة



الشكل(3-3) مرتسمات ($Ø_N$ - ρ_b) لتوضيح صخارية الطبقات السجيلية والجيرية العليا للوحدتين (AB + CD) لتكوين الزبير في آبار الدراسة



الشكل (4-3) مرتسمات (M-N) لتوضيح معدنية الطبقات الرملية العليا للوحدتين (E+F) لتكوين الزبير لآبار الدراسة



الشكل(5-3) مرتسمات ($Ø_N$ - ρ_b) لتوضيح صخارية الطبقات الرملية العليا للوحدتين (E +F) لتكوين الزبير في آبار الدراسة

3- الوحدة السجيلية G:

تتكون من صخور سجيلية غامقة متهدمة تتخللها طبقة رقيقة من الحجر الجيري الطباشيري يبلغ معدل سماكة الوحدة حوالي 13متر، وتزداد السماكة من الشرق إلى الغرب زيادة طفيفة (سوادي وآخرون، 2006).

4- الوحدة الرملية H:

تتكون من الحجر الرملي المسامي الهش يتداخل معه طبقة من الحجر الغريني الرملي والصخور السجيلية المتهدمة، يبلغ معدل سماكة الوحدة حوالي 32 متراً وتكون السماكة أعلى ما يمكن عند السفح الغربي من الحقل وفي شماله (سوادي وآخرون، 2006).

5 - الطبقات السجيلية والجيرية: (I,J,K,L,M)

* الوحدة I: تتكون من صخور سجيلية وتحتوي على صخور طينية وبمعدل سماكة 15 متراً.

* الوحدة J: متكونة من طبقة رقيقة من الصخور الكلسية وهي أصغر الوحدات سمكاً إذ يبلغ معدل سماكتها 2 متراً.

* الوحدةK: تتكون من صخور سجيلية وتحتوي على صخور طينية أيضاً بمعدل سماكة 6 أمتار.

* الوحدة L / تتكون من صخور جيرية رخوة تتخللها طبقة رقيقة من الصخور السجيلية بمعدل سماكة6 متراً، تكون سماكة الوحدة متقاربة من الشرق إلى الغرب وتزداد زيادة بسيطة من الجنوب بأتجاة الشمال .

* الوحدة M: تتكون هذه الوحدة من صخور سجيلية مع صخور طينية رخوة .

6- الطبقات الرملية السفلى :

تتضمن هذه الطبقات ثلاث وحدات مكمنية، إذ تتميز بخصائص مكمنية جيدة.
تقسم الطبقات الرملية السفلى إلى عدة وحدات هي:

* الوحدة N: تتكون من الصخور الرملية مع صخور سجيلية عند الأسفل في قاع الوحدة وبمعدل سماكة 9 أمتار وتكون السماكة اكبر عند جنوب الحقل عند البئرNR-7. تتميز هذه الوحدة ببيئة شاطئية إلى ساحلية (سوادي وآخرون، 2006).

* الوحدة O: تتكون من تعاقب الصخور السجيلية المحتوية على الصخور الطينية مع طبقات من الحجر الرملي الهش المتوسط الحجم وبمعدل سماكة 46 متراً، إذ تعد أكبر الوحدات المكمنية من حيث السماكة.

* الوحدة P: وتتكون من الحجر الرملي الهش تتخللها صخور سجيلية بمعدل سماكة 3 أمتار، وهي أصغر الوحدات المكمنية سماكة وتتميز بسحنة أنتقالية.

7- الطبقة السجيلية المتمثلة بالوحدة الصخارية Q:

تمثل الطبقة الأخيرة لمكمن الزبير،إذ تتكون من صخور سجيلية متهدمة تحتوي على حجر طيني وبمعدل سماكة حوالي 24 متراُ، كما تكون السماكة في غرب الحقل ووسطه أكبر منه عند الأطراف، الجدول (3-1) يبين الوحدات الصخارية المكونة لتكوين الزبير وأعماقها لأبار الدراسة.

الجدول (3-1) أعماق وسماكات الوحدات الصخارية لتكوين الزبير في حقل نهر بن عمر في آبار الدراسة

Rock Units	(TOP) NR-7	Thickness (m)	NR-9	Thickness (m)	NR-10	NR-12
A&B	2936 m	11	3353	17	3365	3447
C&D	2947 m	65	3370	71	3383	3463
E	3012 m	22	3441	37	3458	3542
F	3034 m	19	3478	6	3476	3567
G	3053 m	15	3484	14	3503	3579
H	3068 m	26	3498	31	3511	3600
I&K	3094 m	22	3529	24	3549	3632
L&M	3116 m	12	3553	10	3563	3655
N	3128 m	18	3563	11	3575	3665
OP	3146 m	52	3574	62	3591	3677
Q	3198 m		3636		3658	3735

3-3: الوحدات المكمنية (Reservoir units)

يتضمن تكوين الزبير في حقل نهر بن عمر خمس وحدات مكمنية منتجة للنفط، وفيما يلي وصف للخصائص البتروفيزيائية لتلك الوحدات المستنتجة من تحليل المجسات البئرية لكل آبار الدراسة وكما موضحة نتائجها في الملحق رقم (1) .

1- الوحدة ألمكمنية E :

توجد هذه الوحدة في بداية الطبقات الرملية العليا والمتكونة من تعاقب الحجر الرملي الهش مع بعض من الصخور السجيلية وهي من الطبقات الرملية الجيدة، وقد أجري فحص أنتاجي لهذه الطبقات للبئر NR-10 عند العمق (3487 – 3482) متر، إذ كانت الإنتاجية حوالي 860 برميل/ يوم وبلغت كثافة النفط (15.5) حسب مقياس معهد البترول الأمريكي (API)، أما النفاذية فبلغت 635 ملي دارسي.

تمتلك الوحدة E مواصفات مكمنية جيدة إذ يبلغ معدل المسامية الكلية (19 ,26 ,24 ,26.5)% لآبار الدراسة (NR-12, NR-10, NR-9, NR-7) على التوالي، أما قيم التشبعات المائية فتبلغ معدلاتها(52 , 34 ,43 ,27.5)% للآبار آعلاه على التوالي، كذلك يلاحظ أن كمية النفط المتحرك تكون أعلى من كمية النفط المتبقي في الوحدة المكمنية (E) في جميع آبار الدراسة، لاسيما عند البئر NR-9 مما يسمح بجودة في الإنتاج النفطي بسبب نفاذية التكوين الجيدة. ويبين الجدول (3-2) الخصائص البتروفيزيائية للوحدة المكمنية E في آبار الدراسة.

جدول (3-2) نتائج التحاليل البتروفيزيائية المحسوبة من المجسات البئرية للوحدة E لجميع آبار الدراسة

Well No.	Average						
	V_{sh}%	$Ø_N$%	$Ø_{N.D}$%	SPI%	S_w%	MOV%	ROS%
NR-7	44	24	26.5	10	27.5	38	34
NR-9	30	24	24	8	43	44	13
NR-10	36	28	26	30	34	36	30
NR-12	43	25	19	2	50	30	20

2- الوحدة المكمنية F :

تمتاز هذه الوحدة مواصفات مكمنية رديئة - متوسطة، إذ يبلغ معدل التشبعات المائية في آبار الدراسة (45 ,70 ,47.5 ,77)% ، ومعدل المسامية الكلية (12 ,13 ,17 , 13)% وهي مسامية قليلة مقارنةً بالوحدة السابقة، وتبلغ قيم معدلات تشبع النفوط المتبقية (17 ,19 ,26 ,38)% وهي قيم عالية قياساً بقيم معدلات التشبعات النفطية القابلة للإزاحة البالغة (37 ,18 ,25 ,17) لأبار الدراسة NR- 7 ,NR-9 ,NR-10 ,NR-12على التوالي، إذ يكون النفط المتبقي ROS أعلى من النفط المتحرك عند الوحدة (F) في البئرين NR-10, NR-12 كما موضح في الجدول (3-3).

جدول(3 -3) نتائج التحاليل البتروفيزيائية من المجسات للوحدة F في آبار الدراسة

Well No.	Average						
	V_{sh}%	$Ø_N$%	$Ø_{N.D}$%	SPI%	S_w%	MOV%	ROS%
NR-7	36	9	12	2	45	37	18
NR-9	35	14	13	4	63	18	19
NR-10	26	13	17	7	47.5	25	28
NR-12	41	16	13	2	60	17	23

3- الوحدة المكمنية H :

تتميز هذه الوحدة بوجود مسامية فعالة أفضل من الوحدة المكمنية F التي تعلوها إذ يبلغ معدل المسامية الكلية (21 ,19 ,20 ,14)%، ومعدل التشبع المائي فيبلغ (27 ,41 ,40 ,63)% لآبار الدراسة (NR-12, NR-10, NR-9, NR-7) على التوالي، وهذا بدوره يساعد على تواجد تشبعات نفطية جيدة. كذلك تكون نسبة النفط المتحرك جيدة لكنها تكون ذات قيم اقل من النفط المتبقي في هذه الوحدة للبئر NR-7 كما يبين الجدول (3-4).

جدول (3-4) نتائج التحاليل البتروفيزيائية من المجسات للوحدة H لآبار الدراسة

Well No.	Average						
	V_{sh}%	$Ø_N$%	$Ø_{N.D}$%	SPI%	S_w%	MOV%	ROS%
NR-7	23	13	21	9	27	33	40
NR-9	18	20	19	8	41	36	24
NR-10	22	16	20	10	40	30	29
NR-12	27	13	14	4	66	22	12

٤- الوحدة المكمنية N :

تتواجد هذه الوحدة في بداية الطبقات الرملية السفلى التي تتميز بمواصفات مكمنية جيدة، حيث تظهر الفحوصات التي أجريت للطبقات الرملية السفلى عند البئر NR-8 للعمق (33373.3–3354.3) متراً وكانت النتائج كما يلي : الإنتاجية 968 برميل/ يوم ،النفاذية 74 ملي دارسي وكثافة النفط API 23، وكذلك أجرى تثقيب البئر NR-10 للعمق (3586–3590) متر وأظهرت النتائج أن الإنتاجية قد بلغت 960 برميل ماء/ يوم، إما النفاذية فبلغت 187 ملي دارسي.

تتميز الوحدة المكمنية N بكون الفضالة النفطية (ROS) أكبر من النفط المتحرك في البئرين (NR-9, NR-10) بسبب النفاذية الواطئة لهذه الوحدة عند هذين البئرين مما يقلل من الأستفادة من هذه الوحدة في الإنتاج النفطي كما موضح في الجدول (3-5) والذي يظهر قيم معدل تشبع النفط المتبقي البالغة (7 ,9 ,44 ,3)%، أما النفط المتحرك فيبلغ (36 ,3 ,32 ,13)% والمسامية الكلية (12 ,11, 35,18) لآبار الدراسة (NR-12, NR-10, NR-9, NR-7) على التوالي.

جدول (3- 5) نتائج التحاليل البتروفيزيائية من المجسات للوحدة N لآبار الدراسة

Well No.	Average						
	V_{sh}%	$Ø_N$%	$Ø_{N.D}$%	SPI%	S_w%	MOV%	ROS%
NR-7	23	9	12	4	56	37	7
NR-9	12	17	18	7	59		9
NR-10	15	22	35	16	23	32	44
NR-12	20	10	11	4	80	15	5

5- الوحدة المكمنية OP:

تجمع وحدتين صخاريتين :الوحدة O وهي أكبر الوحدات سماكة والمتكونة من تعاقب الصخور السجيلية المحتوية على الصخور الطينية مع طبقات من الحجر الرملي، والوحدة P وهي أصغر الوحدات المكمنية والمتكونة من الحجر الرملي الهش. تأخذ قيم المسامية بالتزايد عند الوحدة (OP) للبئر10 ـ NR لتصل إلى (28) %، التشبع المائي عندها(49) % ، أما كمية النفط المتبقي فتكون أعلى من النفط القابل للحركة بقليل نتيجة قلة النفاذية عند هذا البئر. أما آبار الدراسة المتبقية فيلاحظ عند هذه الوحدة حصول زيادة في معدلات التشبعات المائية قياساً بمعدلات التشبعات النفطية كما موضح في الجدول (3-6) عدا البئر NR-10. إذ يبلغ معدل التشبع المائي (55 ,57 ,49 ,56)%، أما المسامية الكلية والمصححة من تأثير السجيل فتبلغ (15 ,17 ,28 ,15) % والمسامية الثانوية (6, 15, 7, 4) % لآبار الدراسة (NR-12, NR-10, NR-9, NR-7) .

جدول (3- 6) نتائج التحاليل البتروفيزيائية من المجسات للوحدة OP لآبار الدراسة

Well No.	Average						
	V_{sh}%	$Ø_N$%	$Ø_{N.D}$%	SPI%	S_w%	MOV%	ROS%
NR-7	45	13	15	4	55	33	12
NR-9	36	18	17	7	57	30	13
NR-10	11	20	28	15	49	25	26
NR-12	37	15	15	6	56	35	9

الفصل الثالث ـــــــ

الفصل الرابـع

تحليل الضغوط المكمنية

Analysis of Reservoir Pressures

الفصل الرابع

تحليل الضغوط المكمنية

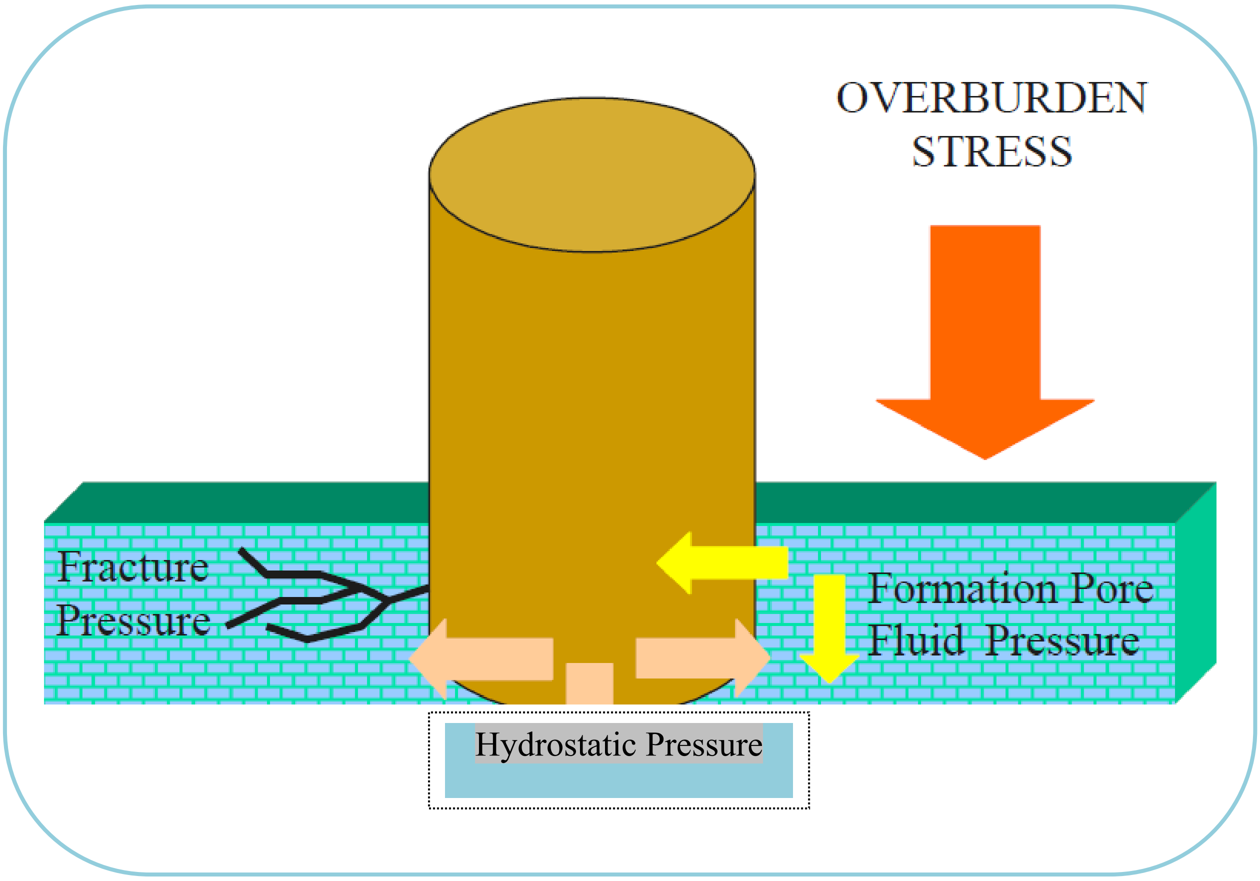
4-1: تمهيد (Preface)

يهتم هذا الفصل بتنبوء وتحليل تدرج ضغط التكسير(Fracture pressure) وضغط مائع التكوين (Pore Fluid pressure) لآبار الدراسة في تكوين الزبير/ حقل نهر بن عمر الشكل (4-1). إذ يعتبر تكهن تدرج ضغط التكسير عامل مهم جداً في تصميم الآبار النفطية وكذلك له الأثر الفاعل في المساعدة على تجنب عدة مشاكل قد تواجهنا أثناء عملية حفر البئر النفطي، مثل فقدان تدوير سائل الحفر(Lost circulation) والذي يتسبب بواسطة أستخدام وزن مفرط لطين الحفر وحدوث ظاهرة (Pipe sticking) وهو الذي يؤدي إلى ما يعرف بعصيان الأنبوب نتيجة عملية التكسير الهيدروليكي، فضلاً عن العديد من المشاكل التي نستطيع تلافيها عند اختيار وضع التبطين المناسب للبئر (Proper casing seat) (Al-Ameri, 2004) .

إن التعرف على قيم ضغط التكسير يتطلب معرفة قيم كل من ضغط التحميل الفوقي (Overburden pressure) وضغط المائع، فكما هو ملاحظ في الآبار العميقة تكون زيادة وزن طين الحفر وبالتالي الضغط المسلط من قبل طين الحفر ضروري للتغلب على ضغط التكوين العالي نسبياً وبينما تتسبب زيادته المفرطة في تكسر صخور التكوين مشكلة فقدان تدوير سوائل الحفر لذا تؤدي المعرفة المسبقة بكل من تدرج ضغط مائع التكوين وتدرج ضغط التكسير كقاعدة أساسية في اختيار وضع التبطين المناسب والذي يسمح بحفر أكثر أماناً.

4-2 : ضغط التحميل الفوقي (الثقل الفوقي) (Overburden Pressure)

يُعرَف تدرج ضغط التحميل الفوقي بتغاير الضغط مع العمق والناتج من وزن حشوة الصخرة والمائع الموجود في حيز مسام الصخرة والذي يبلغ حوالي (0.2262 bar / m = 1 Psi / ft) في المناطق ذات النشاط التكتوني القليل، بينما يتغاير عند المناطق النشطة تكتونياً.



الشكل (4-1) الضغوط المختلفة والمؤثرة على جوانب البئر عن: (Hawker, 2001)

تكون الصخرة في حالة أحكام متوازن (Equilibrium compaction) عندما تكون مساماتها متصلة والضغط هايدروستاتيكي أعتيادي بينما تصبح حالة أحكام غير متوازن (آي إن معدل الإحكام يتقدم أو يتخلف عن معدل نفاذ السائل) في حالة تخلف الإحكام، حيث إلى توفر سائل غير قابل للتصريف بمعدل أعتيادي فيزداد ضغط السائل وتصبح الوحدة تحتية الإحكام (Under compaction) أو فوقية الضغط (Over pressure) وكما يعزى سبب تزايد معدل الإحكام إلى تصريف غير عادي للسائل فيقل ضغط السائل وتصبح الوحدة فوقية الإحكام، تحتية الضغط (Hubbert and Rubbey, 1959).

بصورة عامة تتغاير قيم تدرج الثقل من حقل الى آخر، إذ تأخذ هذه القيم بالتزايد مع العمق والأحكام الصخري، كما أن الآبار التي تنتمي لنفس الحقل تظهر في بعض الأوقات قيم مختلفة لتدرج ضغط التحميل (Al-Ameri, 2004). أن معرفة تدرج الثقل الفوقي خطوة أساسية عند حفر الأبار

الأستكشافية وذلك لأستخدامها في تصحيح حسابات كل من ضغط المائع وضغط التكسير وأن أغلب الاخطاء الشائعة تكمن في أختيار قيم ثابتة أو منحني غير مناسب للثقل الفوقي، في الدراسة الحالية تم أستخدام معطيات الكثافة الكلية المحسوبة من مجس الكثافة للآبار وتوظيفها في حساب تدرج ضغط التحميل الفوقي بالأعتماد على المعادلة النهائية المشتقة من معادلات كل من (Belloti and Giacca, 1978), (Cesaroni *et al*,1981) كما في المعادلة الاتية :

$$Gov = 0.433 \frac{\sum_{i=1}^{n} \rho_b * \Delta H_i}{\sum_{i=1}^{n} \Delta H_i} \quad \text{......} \quad (1\text{-}4)$$

Gov= تدرج ضغط الثقل الفوقي (psi/ft).

ρ_b = الكثافة الكلية (gm/cc).

ΔHi = سمك الطبقة (ft) .

i = تشير إلى الفترة الفاصلة .

إذ تمثل المعادلات التالية كيفية حساب ضغط التحميل(S) مع مراعاة الوحدات التحويلية وكما يلي:

Overburden $$S = \rho_b \times \frac{TVD}{10} \quad \text{......} \quad (2\text{-}4)$$

TVD = Total vertical depth (m)

S = Overburden (Kg/ cm^3)

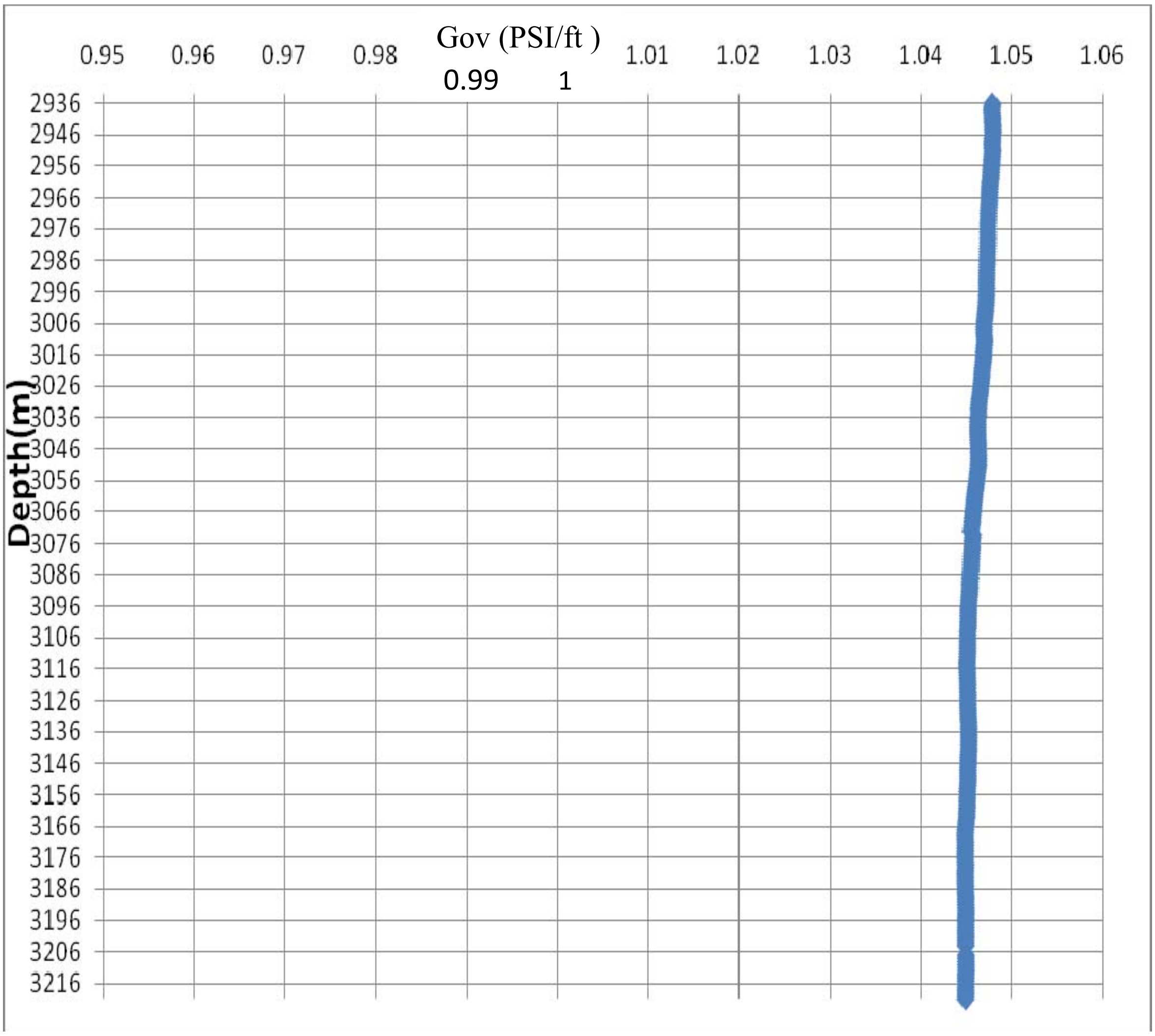
ρ_b = average bulk density g/cm^3

$$S = \rho_b \times TVD \times 9.81 \quad \text{......} \quad (3\text{-}4)$$

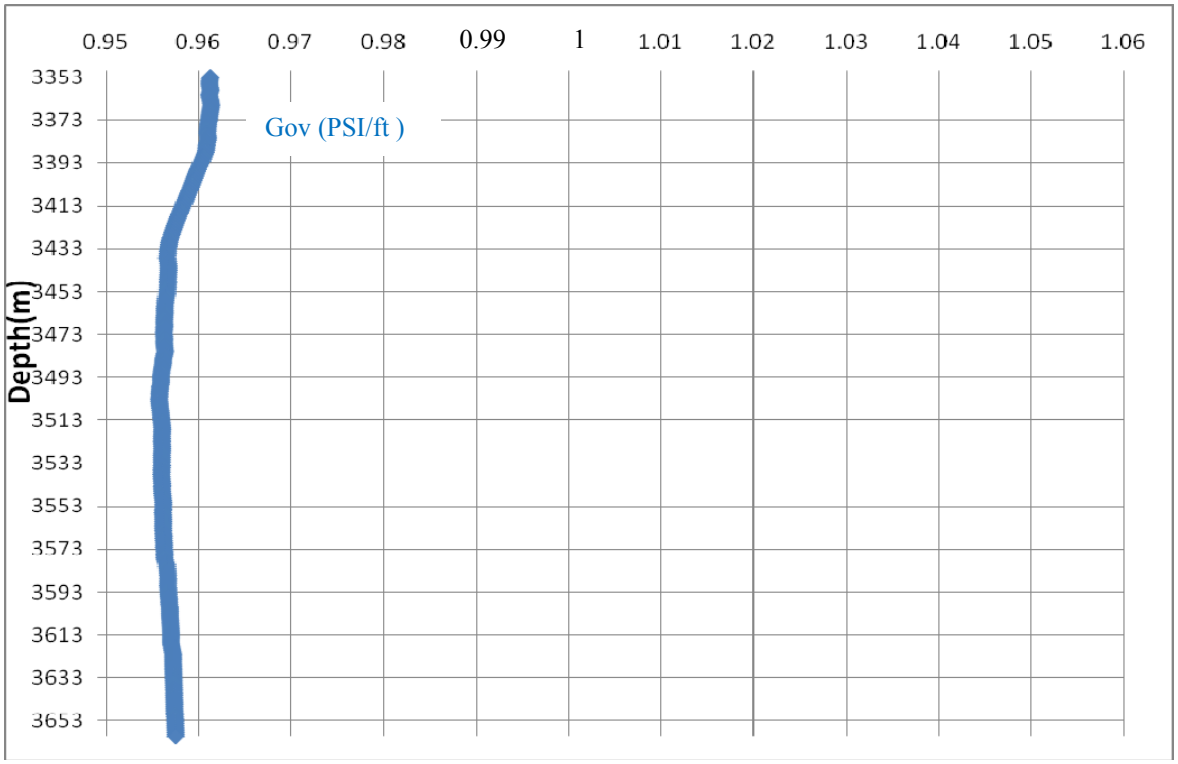
S = Kilo pascals (KPA)

يظهر الملحق رقم (2) النتائج المحسوبة لتدرج ضغط التحميل الفوقي Gov لمكمن الزبير في آبار الدراسة (NR-12, NR-10, NR-9, NR-7)، وكما تبين الإشكال (2-4) إلى (5-4) توزيع تدرج ضغط التحميل مع العمق. إذ يتغاير ضغط التحميل ويأخذ بالتزايد تدريجياّ مع العمق عند الحالة الطبيعية، هذا التزايد الحاصل في الضغط يحصل بفعل الزيادة الحاصلة في كثافة الصخور مع زيادة العمق كنتيجة لفعل الإحكام إلا في مناطق الضغوط الفائقة فتقل قيم Gov كما هو في آبار الدراسة حيث نلاحظ التناقص الواضح في ضغط التحميل مع العمق وهذا دليل مهم على وجود مسامية عالية وكون الوحدة تحتية الأحكام،كما نلاحظ تزايد قيم تدرج ضغط التحميل الفوقي افقياً بالأتجاه نحو البئر

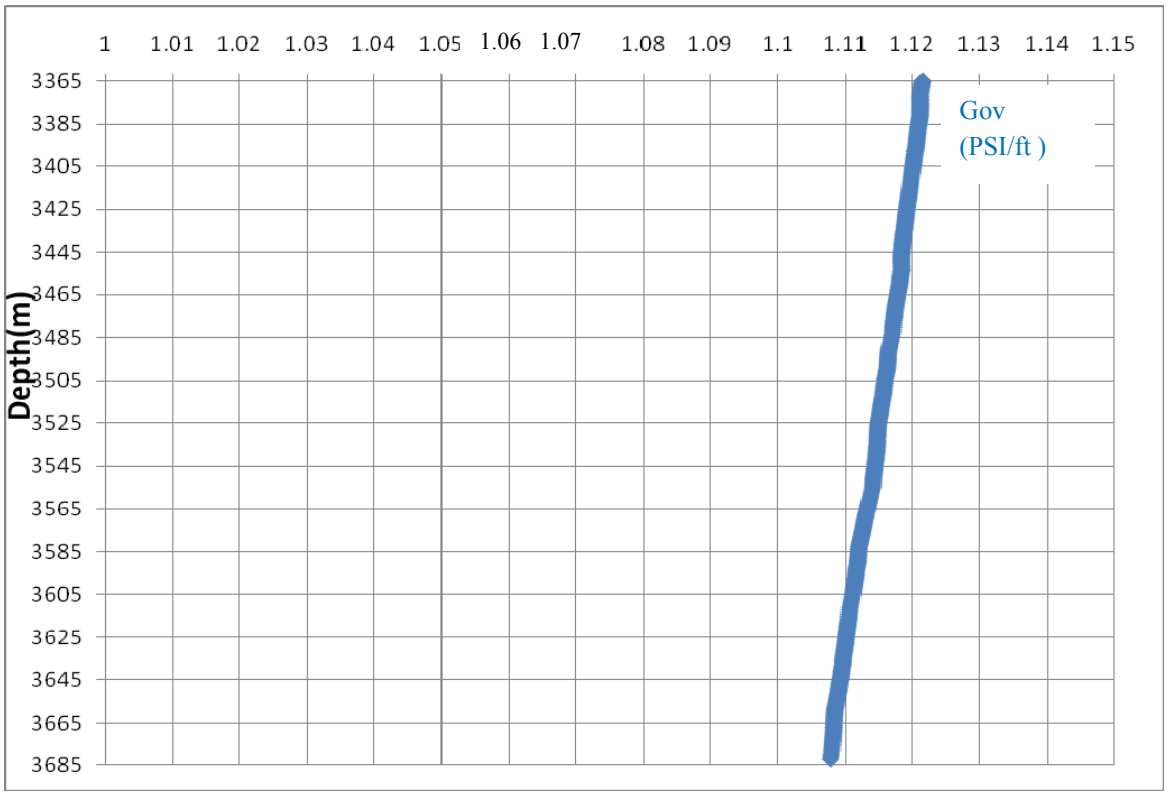
NR-10 لتصل أعلى قيمة لتدرج ضغط التحميل إلى(1.12 Psi/ ft)، كما تصل قيمة تدرج التحميل إلى (1.056 Psi/ft) عند البئر NR-12 بسبب موقع البئر عند شمال الحقل وتبلغ (1.047 Psi/ft) عند البئر NR-7. بينما تكون اقل عند البئر NR-9 حيث تبلغ قيمة تدرج ضغط التحميل حوالي(0.96 Psi/ft)



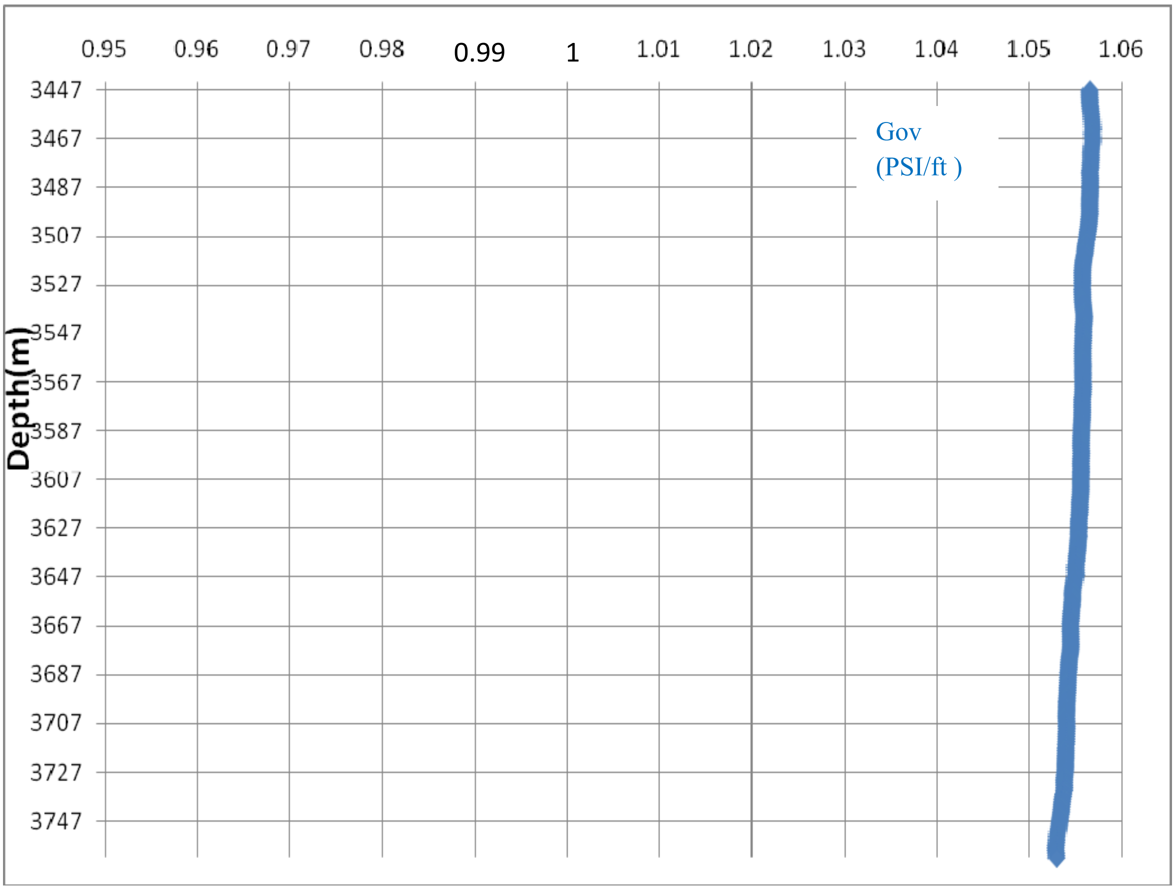
الشكل(4-2) تدرج ضغط التحميل مع العمق للبئر NR-7



الشكل(4-3) تدرج ضغط التحميل مع العمق للبئر NR-9



الشكل(4-4) تدرج ضغط التحميل مع العمق للبئر NR-10



الشكل(4-5) تدرج ضغط التحميل مع العمق للبئر NR-12

4 -3: ضغط التكوين (Formation Pressure)

يقصد بضغط التكوين بأنه ضغط المائع الموجود داخل فراغات الصخرة ويعرف أيضا بضغط المائع (المسامي) (Pore pressure). ويعد ضغط المائع جزءاً مهماً في تشكيل ضغط التحميل الفوقي للصخور فضلاً عن تأثير تراص الحبيبات الصخرية.

يكون ضغط التكوين الأعتيادي مساوياً للضغط الهايدروستاتيكي الأعتيادي الذي يعتمد بدوره على كثافة المائع ونوعه والعمق العمودي الذي يمثل أرتفاع العمود الهايدروستاتيكي للمائع. إذ تختلف قيمة الضغط الهايدروستاتيكي من منطقة إلى أخرى في العالم تبعاً لنوعية وكثافة مائع التكوين. يحسب الضغط الهايدروستاتيكي للموائع من خلال المعادلة التالية (Hawker, 2001):

$$P_{hyd} = \rho h g \qquad (4\text{-}4)$$

إذ أن :

P_{hyd}: الضغط الهايدروستاتيكي الأعتيادي.

ρ : كثافة المائع .

h : العمق العمودي .

g : معامل التحويل.

كما توضح المعادلات التالية الوحدات التحويلية المناسبة:

$$KPa = kg/m^3 \times 0.00981 \times TVD(m) \qquad (5\text{-}4)$$

$$PSI = ppg \times 0.052 \times TVD(ft) \qquad (6\text{-}4)$$

PSI = pounds per square inch
ppg = pounds per gallon
ft = feet

إن الانحدار الضغطي الهايدروستاتيكي لعمود الماء العذب تقدر قيمته 0.43 psi/ft، ولعمود الماء المالح 0.46 psi/ft (Hawker, 2001)، وان قيمة أنحدار آي ضغط يقع خارج هذين الحدين تعد قيمة غير أعتيادية (Abnormal)، إذ تكون قيم الأنحدار أعلى في حالة فوقية الضغط بينما تكون أقل عندما تكون في حالة فوقية الإحكام كما تبين المعادلات الحسابية التالية تدرج الضغط الهايدروستاتيكي للماء العذب والمالح:

Fresh water : Density = 8.33 ppg or 1.0 SG (1 gm / cc or Kg / m^3) .... (7-4)

Hydrostatic gradient = $8.3 \times 0.052 = 0.433$ psi / ft .... (8-4)

Or $1000 \times 0.00981 = 9.81$ K Pa / m .... (9-4)

Brain water : Density = 8. 94 ppg or 1.07 SG (1074 Kg/ m^3) .... (10-4)

Hydrostatic gradient =9.23× 0.052 = 4.65 psi / ft .... (11-4)

Or 1074 × 0.00981 =10.53 K Pa / m........ (12-4)

4-4: الضغوط غير الاعتيادية (Abnormal pressure)

1-4-4: الضغوط الفائقة (Super normal pressure)

تعرف الضغوط الفائقة بأنها تلك الضغوط التي تفوق الضغط السكوني المائي وهي موجودة عادة في الترسبات التي تتراوح في العمر بين الكامبري والعصر الحديث (Selley, 1985). يوجد الضغط الفائق في بيئات الموائع ذات المسامات المغلقة (Closed-pores) إذ لا يمكن تسرب ضغط المائع خلال الطبقات النفاذة إلى السطح، وبذلك فأن المسألتين اللتان يجب أخذهما بالنظر هما: طبيعة حاجز الموائع، وسبب تنامي الضغط (Bradley, 1975; Barker, 1979; Plumely, 1980).

إن حاجز النفاذية الذي يمنع تحرر الضغط قد يكون تركيبياً (بنيوياً) أو صخارياً. ومن حواجز النفوذية الشائعة هي صخور المتبخرات (Evaporate rocks) والسجيل (Shale) ومن بين الأقل شيوعاً هي صخور الحجر الجيري، وقد تتوفر حواجز النفوذية البنيوية من قبل الفوالق، وتلاحظ هذه الظاهرة في التكاوين المترسبة في أحواض رسوبية ذوات الترسيب القاري والسريع إذ تكون ترسباتها غنية بالأطيان مثل ترسبات الدلتا والأحواض التي تكون ترسباتها مزيجاً من ترسبات قارية وتبخرية (EXLOG, 1985; Serra, 1986; Bolton and Maltman, 1998).

إن تحول الضغوط فوق الأعتيادية إلى ضغوط أعتيادية (هايدروستاتيكية) تتم نتيجة عمليات الرفع التكتوني (Uplift) ومن ثم تعرية الجزء المنكشف من العمود الطباقي الذي يؤدي إلى هبوط درجة الحرارة التي بدورها تعمل على خفض ضغط المائع الموجود في المسامات وهذه الظاهرة تكون منتشرة في حقول الولايات المتحدة والتي يعتقد أنها حدثت أثناء الحركة اللارامادية وبعدها (Russel, 1972).

عندما يكون البئر في طور الحفر فان هنالك العديد من المعاملات التي تدلل على وجود ضغط شاذ مثل حصول زيادة مفاجئة في معدل الأختراق (Penetration rate) وزيادة مفاجئة في حرارة طين

الحفر ونقصاناً في كثافة الفتات السجيلي (Shale cutting). درست الطريقة المتعلقة بأس الحفر (Drilling (d) exponent) من قبل العالمان (Jordan and Shirlley, 1966)، أذ تأخذ هذه الطريقة بالنظر حقيقة أن معدل الأختراق لا يعكس درجة أنضغاط الترسبات وحسب بل كذلك وزن البريمة وسرعة الدوران (Rotary speed) وكما موضح في المعادلة التالية:

$$D_{exp} = \frac{\text{Log}\,(R_{160}/N)}{\text{Log}\,(12w/10^{6}D)} \quad (13\text{-}4)$$

R: معدل الأختراق (ft / hour).

N: سرعة الدوران (cycle /min) .

W: الوزن المسلط على البريمة (Pound).

D: قطر تجويف البئر (inch).

كما ترتفع قراءة المجس الصوتي وتظهر زيادة ملحوظة في مناطق الضغوط الفائقة فضلاً عن حصول أرتفاع قيم المسامية، في حين تقل قراءتي كل من مجسي الكثافة والمقاومية بحدة في مناطق الضغوط الفائقة (Hottman and Johnson, 1965).

4-4-1-1: أسباب نشوء الضغوط الفائقة (Causes of abnormal pressures)

وتتمثل بعدة عوامل جيولوجية وفيزيائية وجيوكيميائية وميكانيكية. تحدد هذه العوامل كما يلي:

1 – الإحكام (Compaction)

إن حالة فوقية الضغط هي نتاج ظاهرة الإحكام وتنتج من أشتراك ثلاثة عوامل رئيسة هي (Magara, 1978; Carstens and Dyprik, 1980 in Saleh, 1999):

اولاً: شحة الطبقات النفاذة مثل الرمل (Lack of permeable bed).

ثانياً: معدل ترسيبي سريع (Rapid rate of sedimentation).

ثالثاً: تجمع كثيف للترسبات (Thick accumulation of sediments).

أحتمالية توليد الضغوط غير الأعتيادية عندما يكون معدل الترسيب ثابتاً تزداد مع زيادة السمك الكلي للترسبات، وهو من الأسباب الشائعة في حدوث الضغوط الفائقة الذي ينتج عندما تكون سرعة الترسيب أعلى من تبدد الضغط كما في الحافات غير الفعالة للصفائح (Magara, 1978).

2- تأثير الحرارة (Aquathermal effect)

تزداد الحرارة بشكل عام بأزدياد عمق الدفن ومن ثم يزداد حجم الماء، فعندما يكون الماء (المائع) في نظام مفتوح فالماء يتمدد وبعض منه سوف يهاجر خلافاً في حالة النظام المغلق (مثل مقطع من السجيل الكتلي)، إذ يؤدي إلى زيادة الضغط بمعدل أكبر من حالة عدم وجود تأثير للحرارة. يصل معدل زيادة ضغط المائع إلى (1.8 psi / ft) مع تزايد التدرج الحراري بمقدار(25 c / km) (Magara, 1978) .

3- توليد الهيدروكاربونات (Generation of hydrocarbons)

إن تولد الغاز الطبيعي نتيجة العمليات الحرارية في الأعماق التحت سطحية يسبب نشؤ ضغطاً إضافيا يساعد بدوره في سرعة نشوء الضغوط فوق الأعتيادية. إذ أشار (Bredehoeft and Fouch, 1992) إلى أن عملية الأنطمار يصاحبها زيادة في درجات الحرارة وعندما تصل درجات الحرارة إلى حد يكفي لإنضاج المادة العضوية سوف يتولد غاز الميثان الطبيعي والهيدروكاربونات الخفيفة ذوات الأوزان الجزيئية الواطئة.

4- التجمع الهيدروكاربوني (Hydrocarbon accumulation)

يكون تأثيره محلي وغير واسع، وينتج عن زيادة فرق الكثافة بين الماء والهيدروكاربونات بأزدياد عمود الهيدروكاربونات (Magara, 1978).

5- الفعاليات التكتونية Tectonic activities

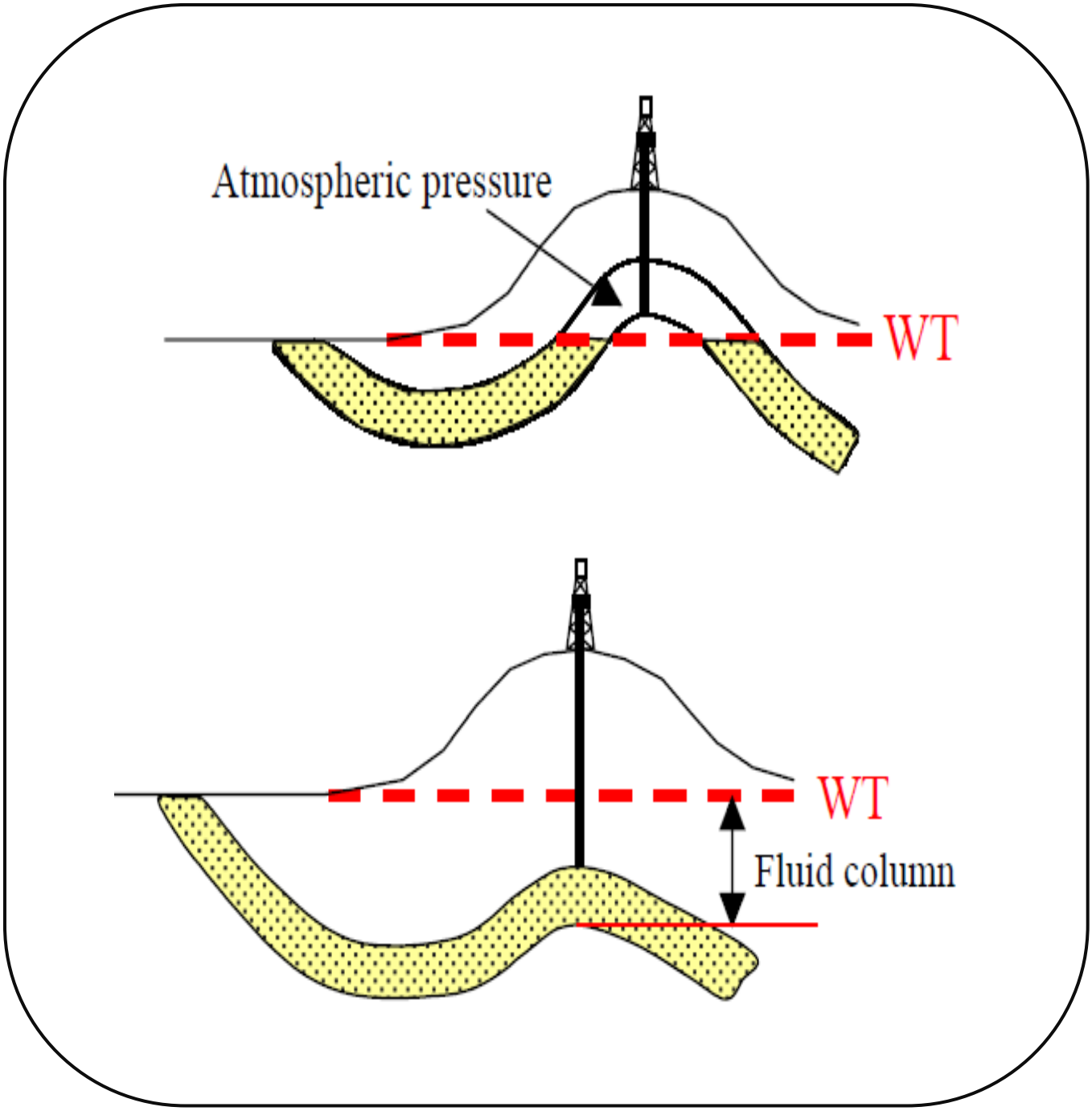
تؤثر العمليات التكتونية بفعل تواجد الفواق والطي للطبقات في أحكام وإغلاق المكمن بالكتل الصماء وغير النفاذة التي تتسبب بحدوث الضغوط الفوقية (Kenneth and Bougher, 1969) .

7- التسميت (Cementation)

إن عملية السمنتة للصخور الخازنة تزيد من ضغط الفراغات لأنها تعمل على غلق المسامات نتيجة ترسبات السمنتة بفعل وجود الأيونات المعدنية الذائبة في مياه التكوين، وهذا يؤدي بدوره إلى نشوء الضغط الغير الأعتيادي للتكوين، فضلاً عن عوامل أخرى تزيد من أحتمالية نشوء الضغوط غير الأعتيادية مثل الضغط الأزموزي (Osmosis) والظروف الأرتوازية (Artesian Condition).

2-4-4: الضغوط المنخفضة (Subnormal pressure)

تعرف الضغوط المنخفضة بأنها تلك الضغوط التي تكون قيمها أقل من الضغط السكوني المائي وتحدث في المكمن الذي يكون منفصلاً عن المياه الجوفية الدوارة بواسطة حاجز نفوذية وفي حالة العكس فأن المكمن سوف يمتلئ بالماء ويرتفع كما يمكن الحصول على ضغوط منخفضة من خلال أنتاج الموائع من المكمن لاسيما عندما يفتقد إلى دفع مائي (Selley, 1985). يظهر الشكل (4-6) تأثير المستوى المنخفض للمياه الجوفية في ظهور الضغوط. أذ تظهر هذه الضغوط المنخفضة خلال حفر الآبار مسببة فقدان طين الحفر والتي يجب معالجتها بتقليل الضغط الناتج عن عمود طين الحفر وذلك بتقليل كثافته، (العتابي، 2009).



الشكل(4-6) تأثير مستوى المياه في ظهور أنطقة الضغط المنخفض عن: (Hawker, 2001)

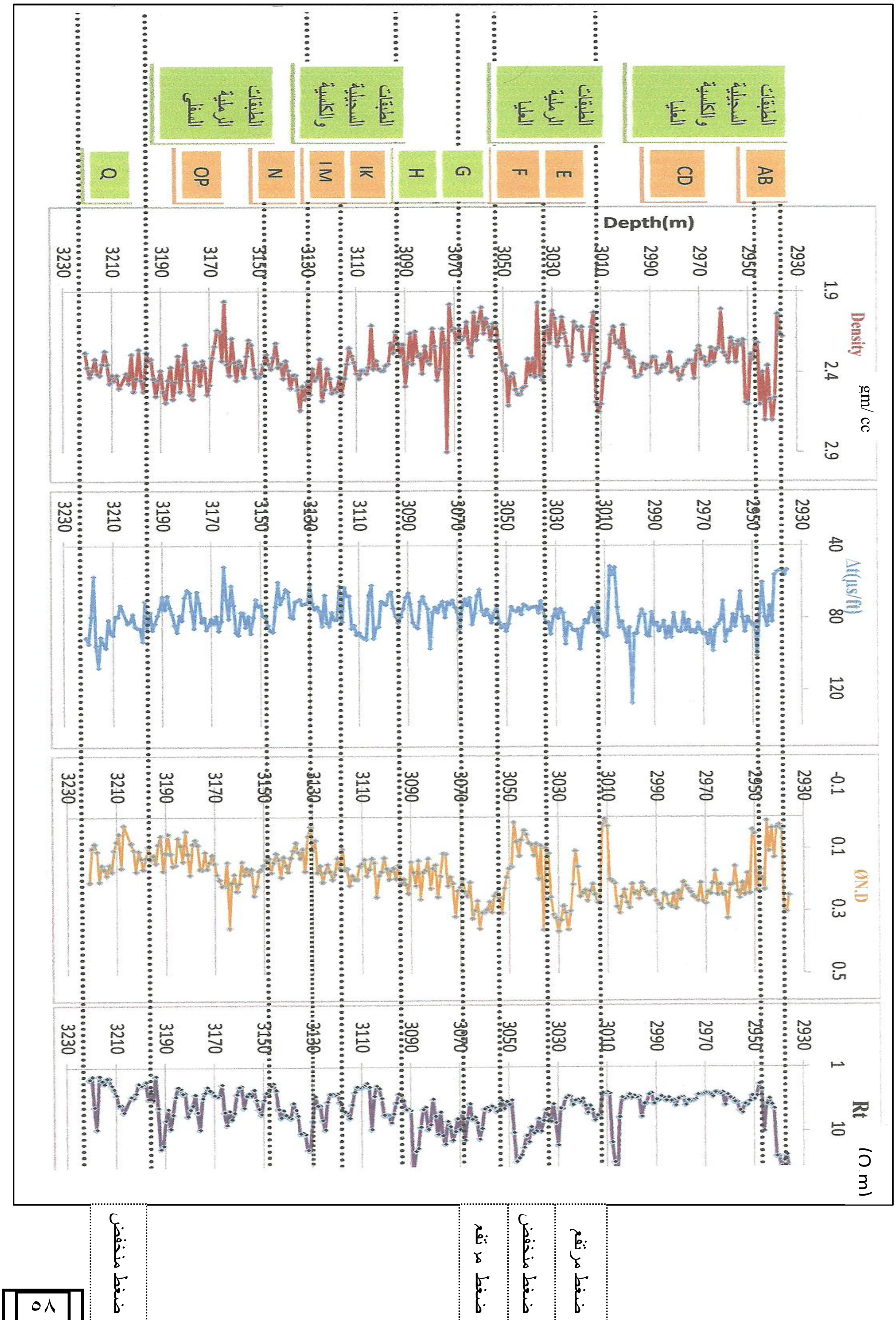
تعد العمليتين التاليتين المسبب الرئيس للضغوط المنخفضة وهي:

1- زيادة حجم المسامات: وتشمل

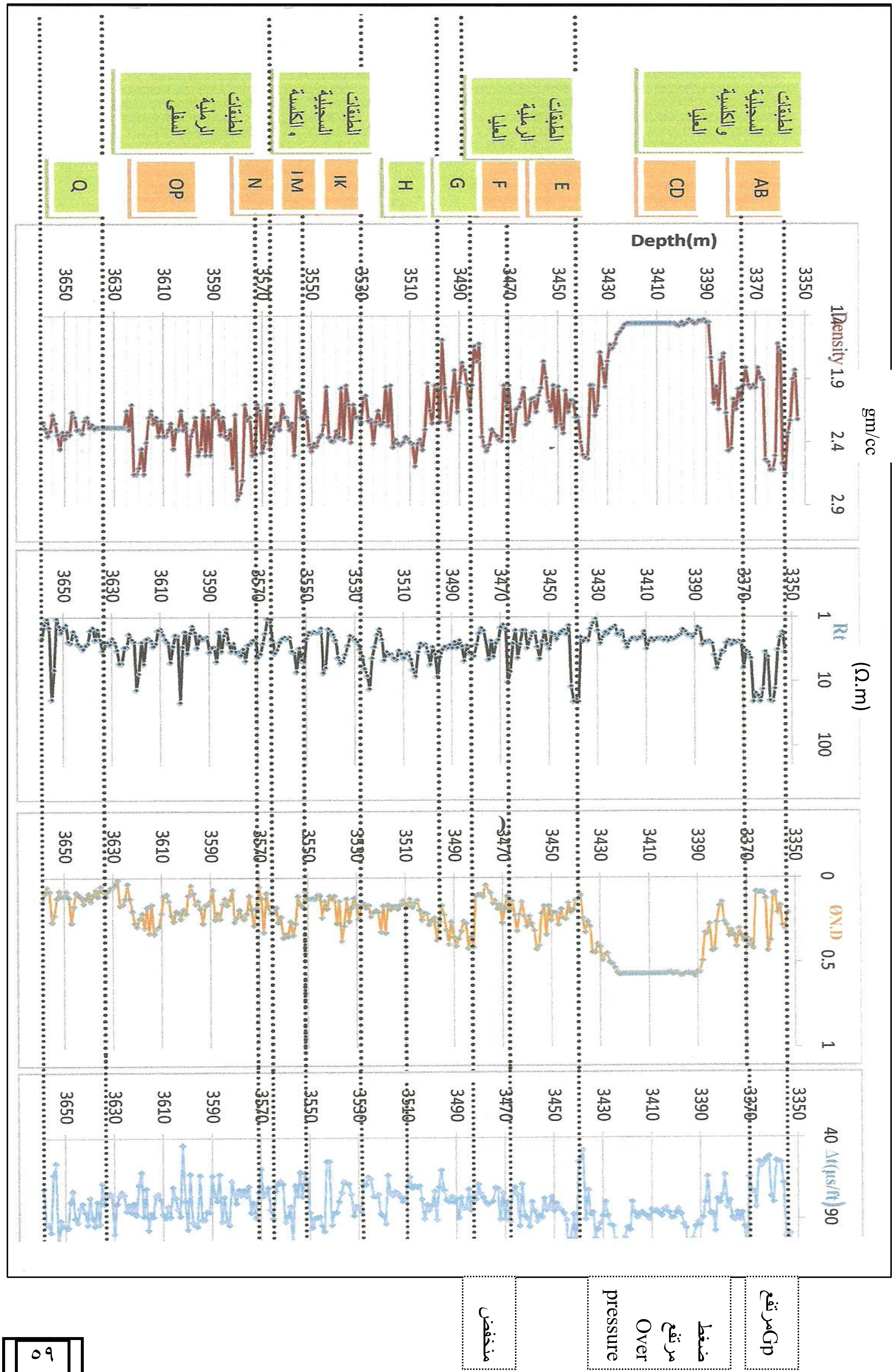
- إزالة الأنضغاط (Deco pressure): إن عملية التمدد الحاصلة بإزالة الضغط للمناطق التي تعرضت للرفع التكتوني والتعرية تؤدي إلى ضغوط تحت اعتيادية إذ يعود أنخفاض الضغط نتيجة تمدد الموائع لتملأ الفراغ الإضافي (الشهوان، 2002)

2- الأنخفاض الحاصل في درجة حرارة المكمن: حيث يؤدي النقص في الممال الحراري (Geothermal gradient) إلى برودة موائع المكمن وتقلصها لذلك ينتج ضغط منخفض .

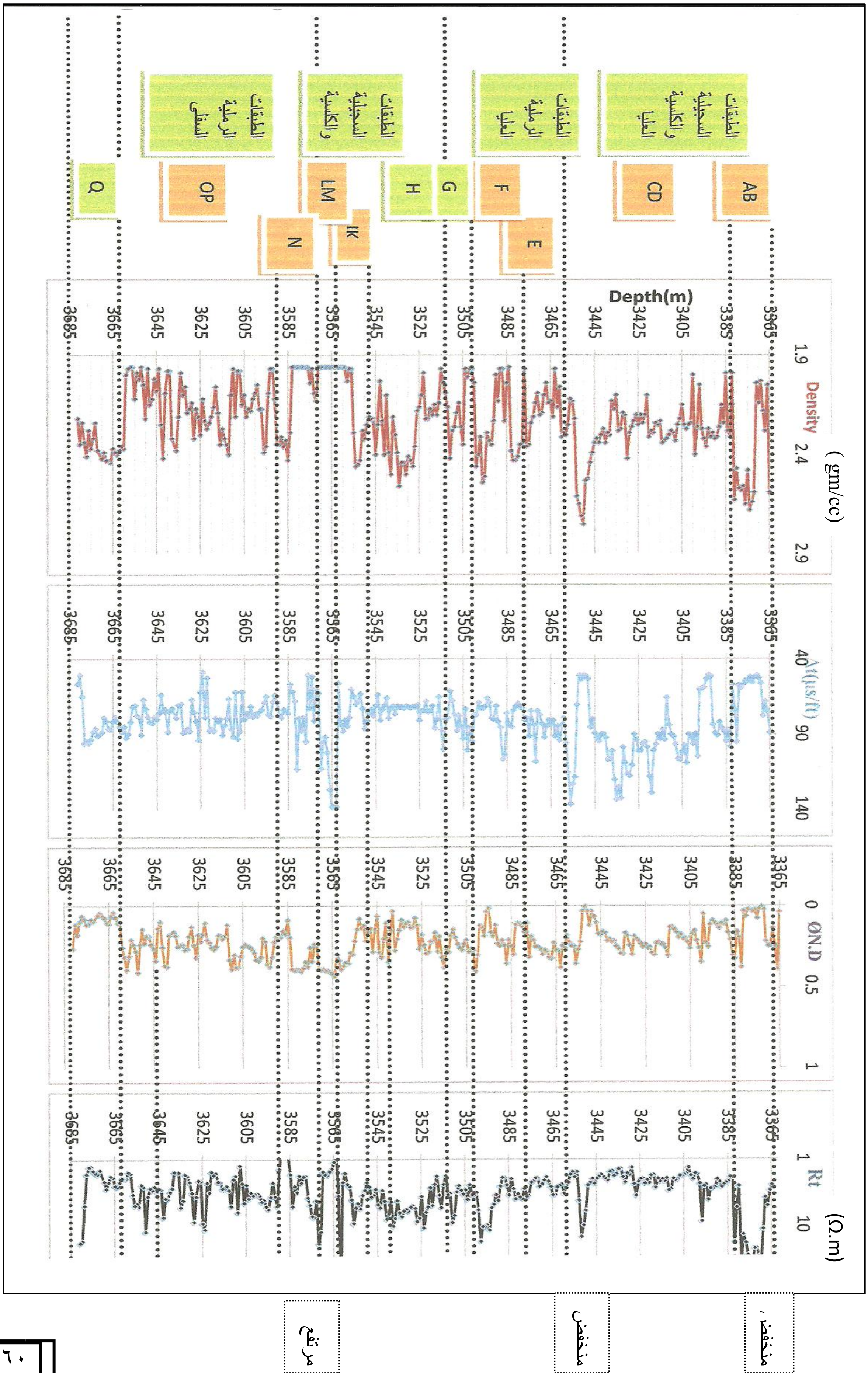
جرى في هذه الدراسة تحليل وحساب قيم تدرج ضغط المائع من خلال تطبيق المعادلة رقم (4-15)فضلاً عن تفاسير المجسات، إذ تظهر المجسات سلوكاً مغايراً عند مناطق الضغوط غير الأعتيادية (Abnormal pressures) متمثلاً بتزايد في قراءة المجس الصوتي Δt نتيجة حصول زيادة في قيم المسامية عند مناطق الضغوط الفائقة، أما بالنسبة لسلوك المقاومية والكثافة فأن قيمها تأخذ بالتناقص عند مناطق الضغوط الفائقة، توضح الأشكال (4-7) إلى(4-10) التغاير الحاصل في سلوك المجسات البئرية مع العمق لمكمن الزبير/ حقل نهر بن عمر في أبار الدراسة .



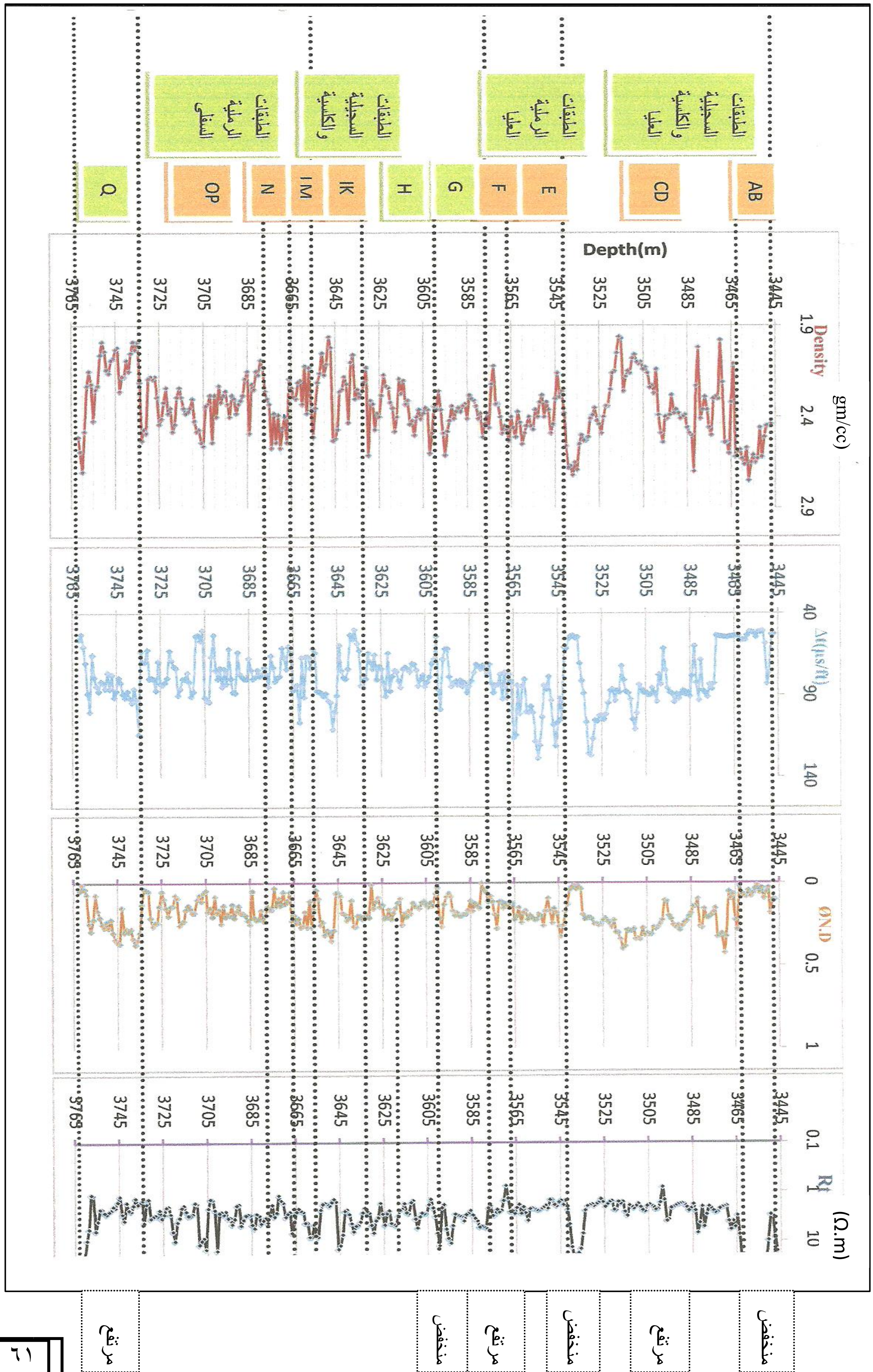
الشكل (7-4) سلوك المجسات البئرية لمكمن الزبير في بئر NR-7



الشكل (4-8) سلوك المجسات البئرية لمكمن الزبير في بئر NR-9



الشكل (4-9) سلوك المجسات البئرية لمكمن الزبير في بئر NR- 10



الشكل (4-10) سلوك المجسات البئرية لمكمن الزبير في بئر NR-12

5-4: حساب ضغط المائع (Pore pressure calculation)

أقترح Eaton, 1976 معادلات حسابية يمكن أعتمادها في تحديد قيم موثوقة لتدرج ضغط المائع في التكوين بالأعتماد على معطيات المجسات البئرية وتشمل (Sonic , Resistivity and Conductivity Logs) .

طبقت هذه المعادلات عند الطبقات السجيلية النظيفة التي لا تقل سماكتها عن (30ft) كما تظهر في الشكل (4-11) بالنقاط ذات اللون الأحمر، إذ بعد ذلك أختيار أعماق سجيلية متشابهة في السلوك والنوعية (بالنقاط ذات اللون الأزرق) بهدف تحديد ورسم منحني الإحكام الأعتيادي وبمعرفة قراءة مجس المقاومية عند تلك الأعماق ومنها رسم مسار الضغط الهايدروستاتيكي الاعتيادي حيث يتزايد منحني المقاومية الهايدروستاتيكي الاعتيادي مع العمق وكل النقاط الواقعة خارج هذا المسار تعد عند ضغط غير اعتيادي حيث تكون النقاط التي تتزايد عن منحني الإحكام الاعتيادي ذات ضغط فائقOver Pressure أما النقاط ذات قراءة مقاومية اقل من الاعتيادي فتكون ذات ضغط مكمني منخفض Under Pressure وذلك لكون قراءة مجس المقاومية تزداد مع العمق عند الحالات الاعتيادية. وكما موضح في المعادلات التالية:

From Conductivity plot

$$Gp = Gov - (Gov - Gpn) (C_n / C_o)^n \qquad (14\text{-}4)$$

From Resistivity plot

$$Gp = Gov - (Gov - Gpn) (R_O / R_n)^n \qquad (15\text{-}4)$$

From dc- exponent plot

$$Gp = Gov - (Gov - Gpn) (d_{co} / d_{cn})^n \qquad (16\text{-}4)$$

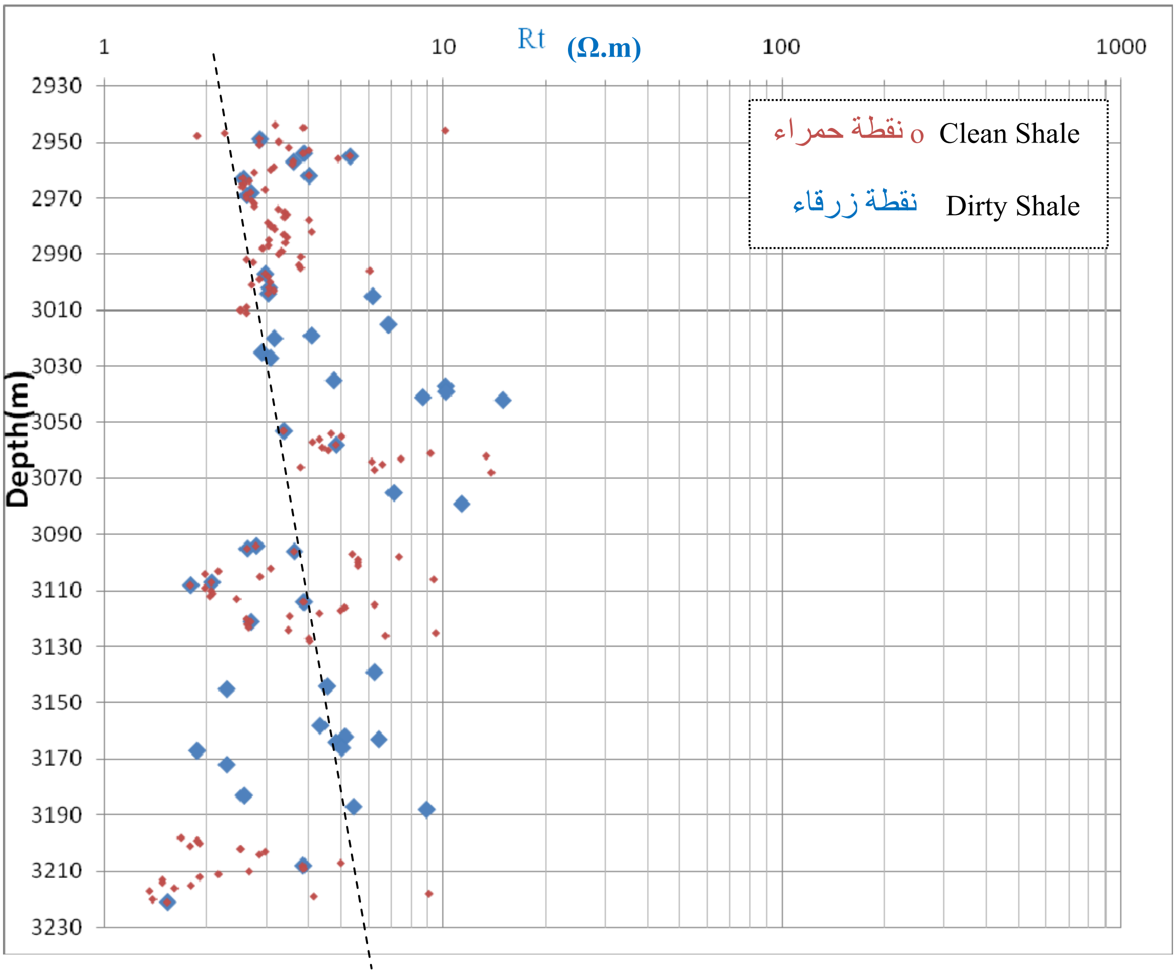
Gp: تدرج ضغط المائع المحسوب (psi/ft).

Gpn: تدرج ضغط المائع الاعتيادي (psi/ft).

C_o, R_o, d_{co}: (معامل d_{cn} ، المقاومية والتوصيلية) المقروءة من المجس.

d_{cn} , R_n, C_n: (معامل d_{cn} ، المقاومية والتوصيلية) والمستخرجة قيمها عند منحني الإحكام الاعتيادي.

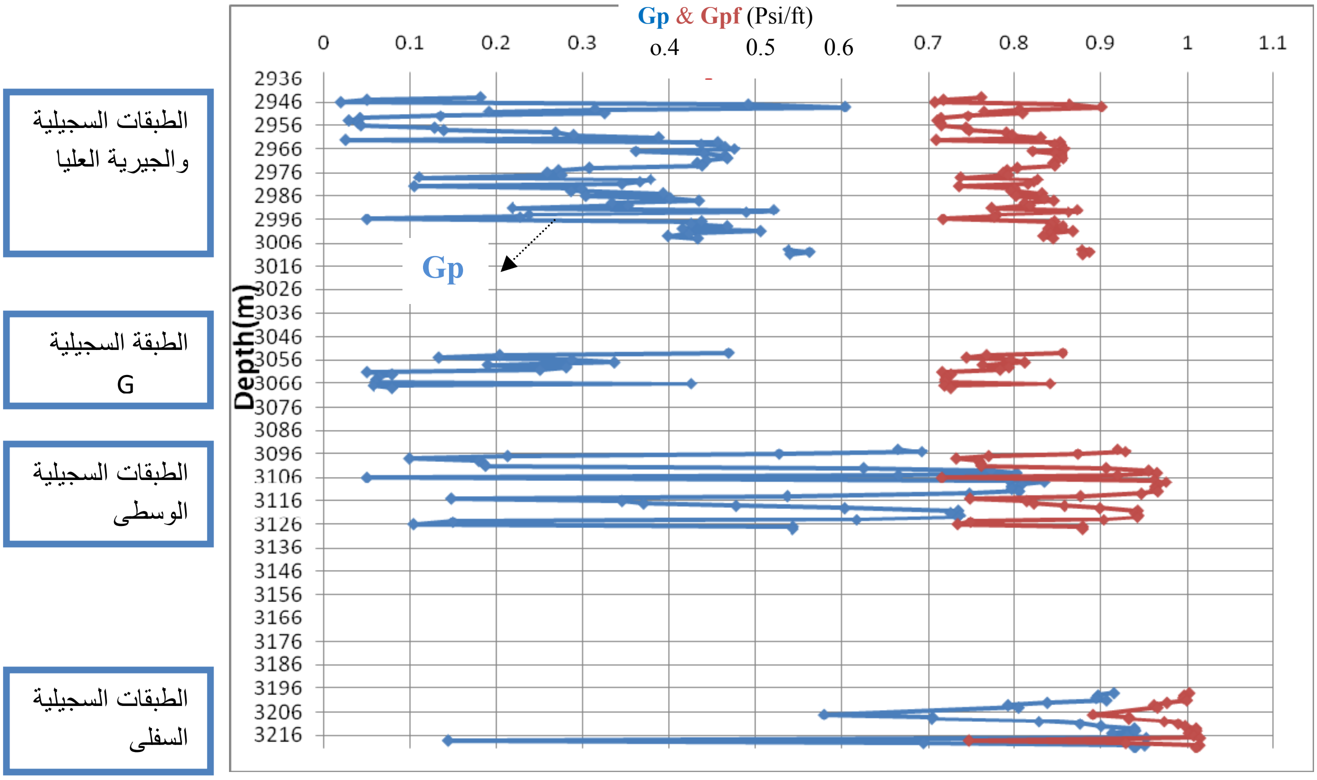
n: عامل مشتق تجريبياً.



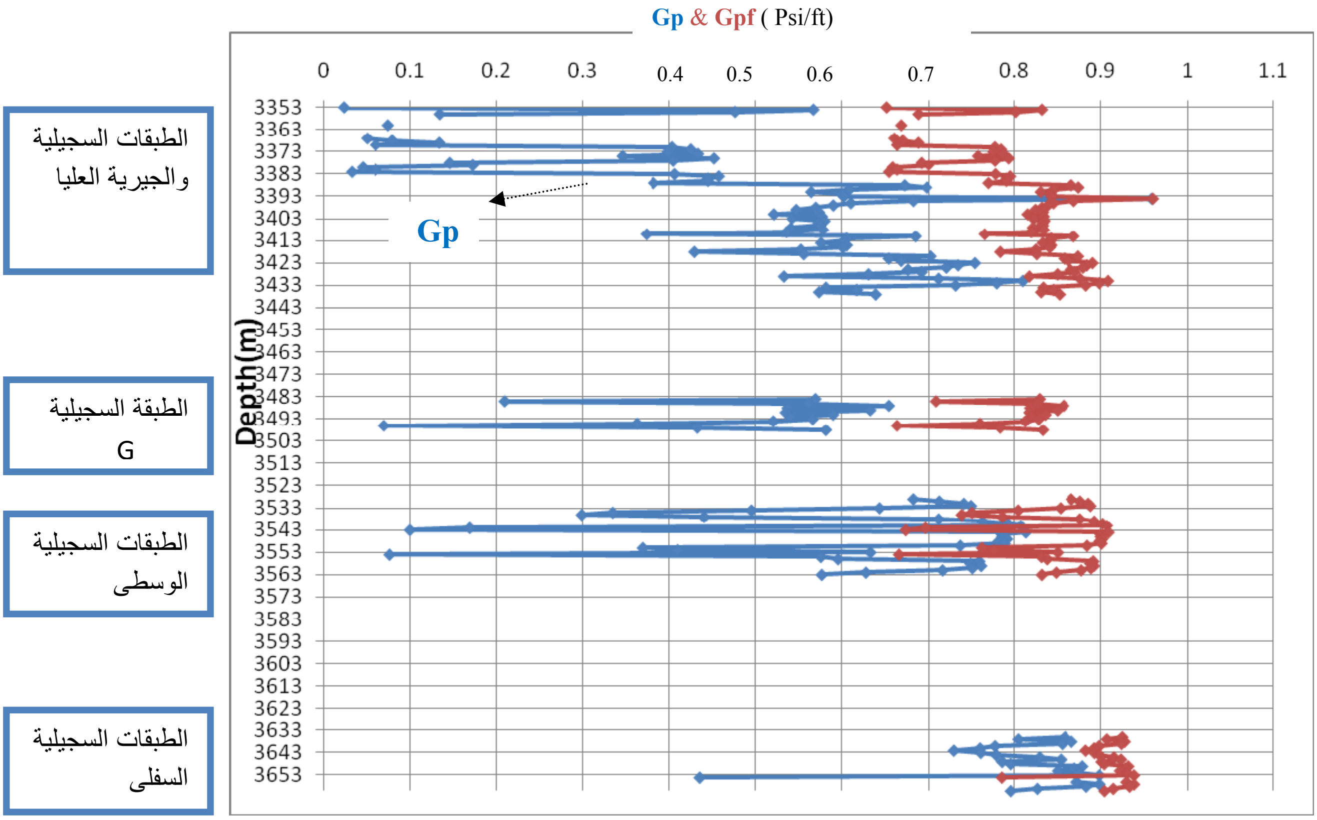
الشكل (4-11) منحني التدرج الهايدروستاتيكي مع قيم مقاومية طبقات السجيل للبئر NR-7

من خلال تطبيق الطريقة المبينة سابقاً وبالأعتماد على قراءة مجس المقاومية عند طبقات السجيل لآبار الدراسة نلاحظ حصول تغاير في تدرج قيم الضغط المكمني عمودياً، ففي البئر NR-7 يبلغ تدرج ضغط المكمن أقصى قيمة له (0.952415 psi / ft) عند العمق (3216) متراً، أما أقل قيمة فتبلغ (0.02، psi / ft) حيث الضغط المنخفض عند العمق(2946) متراً، بينما في البئر NR-9 تبلغ أعلى قيمة للضغط بتدرج مساوياً(0.9589 psi / ft) عند العمق (3394) متراً كما يزداد تدرج ضغط المكمن في البئر NR-10 ليصل إلى (0.9864psi / ft) عند العمق (3564) متراً بينما يكون أدناه عند العمق (3394) متراً، آذ يبلغ (0.03 psi / ft) ، أما في البئر NR-12 فتتراوح قيم تدرج ضغط المكمن بين (0.005psi / ft) عند العمق 3656 متراً وأعلى قيمة لتدرج الضغط المكمني (0.9049 psi / ft) عند العمق (3758) متراً.

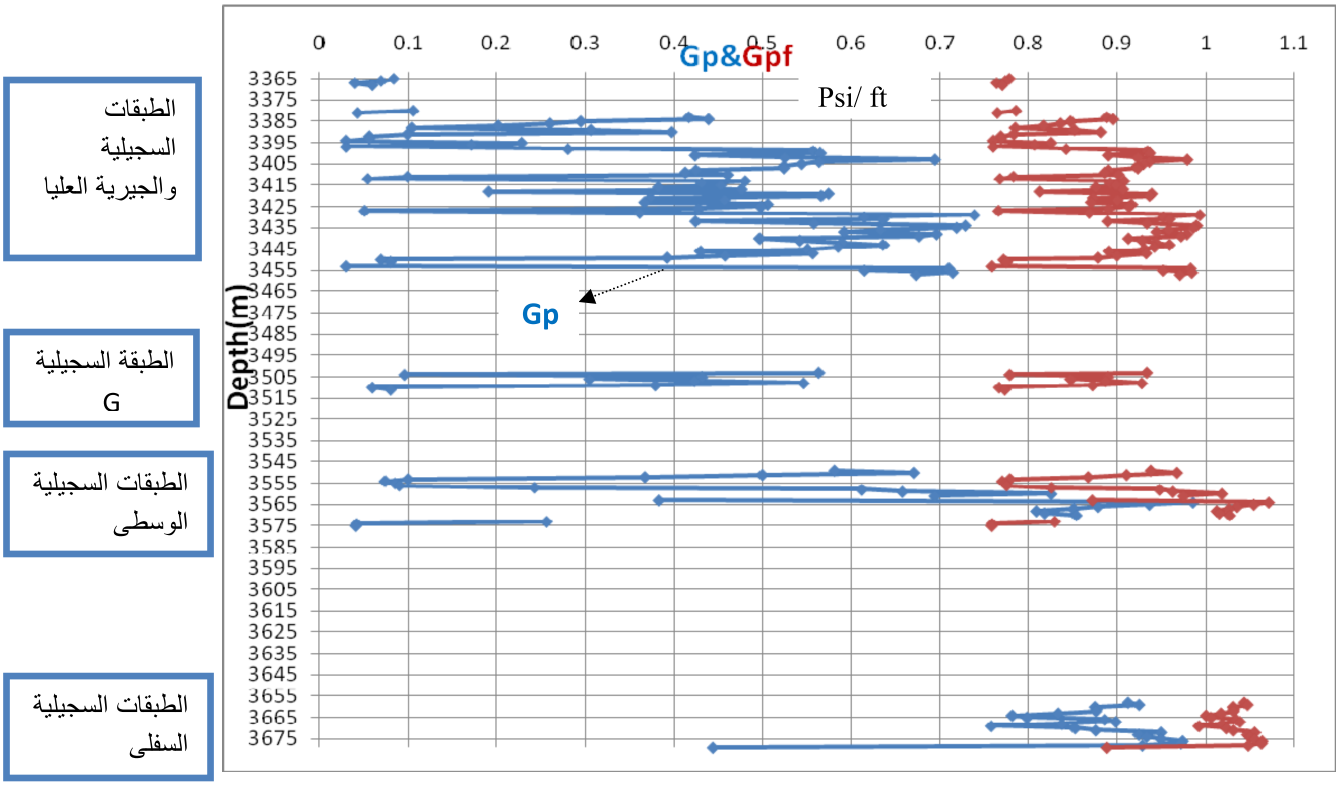
يبين الملحق (3) القيم المحسوبة لتدرج ضغط المائع وضغط التكسير لطبقات السجيل المشكلة لمكمن الزبير مع العمق، كما تظهر ذلك الأشكال (4-12) إلى (4 –15) التي تعطي فكرة تساعد في تجنب الأضرار الناجمة عند حفر الآبار وذلك بزيادة كثافة طين الحفر بحيث تتناسب مع الزيادة الحاصلة في الضغط المكمني Gp وضغط التكسير Gp_f، بينما يجب تقليل كثافة طين الحفر في حالة التدرجات المنخفضة للضغط المكمني .



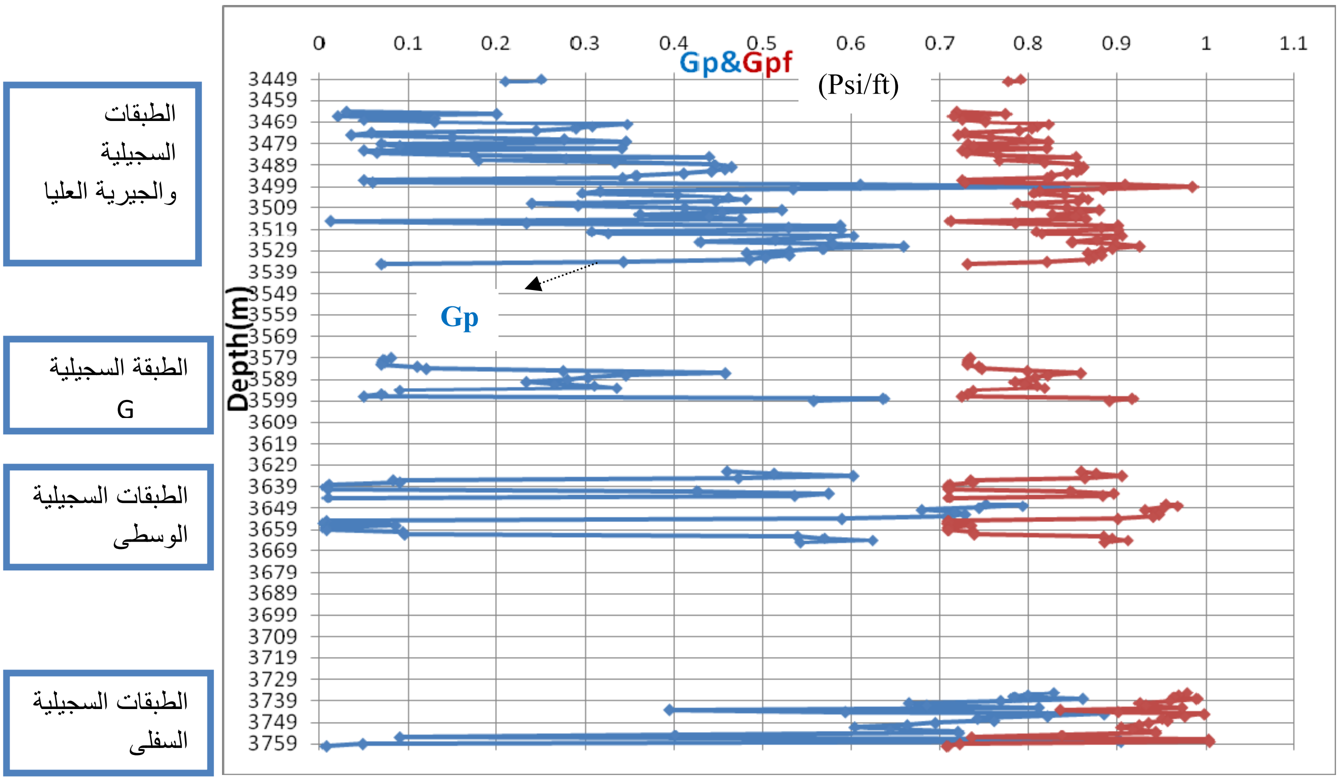
الشكل(4-12) تدرج الضغط المكمني والتشققي مع العمق للبئر NR-7



الشكل(4-13) تدرج الضغط المكمني والتشققي مع العمق للبئر NR-9

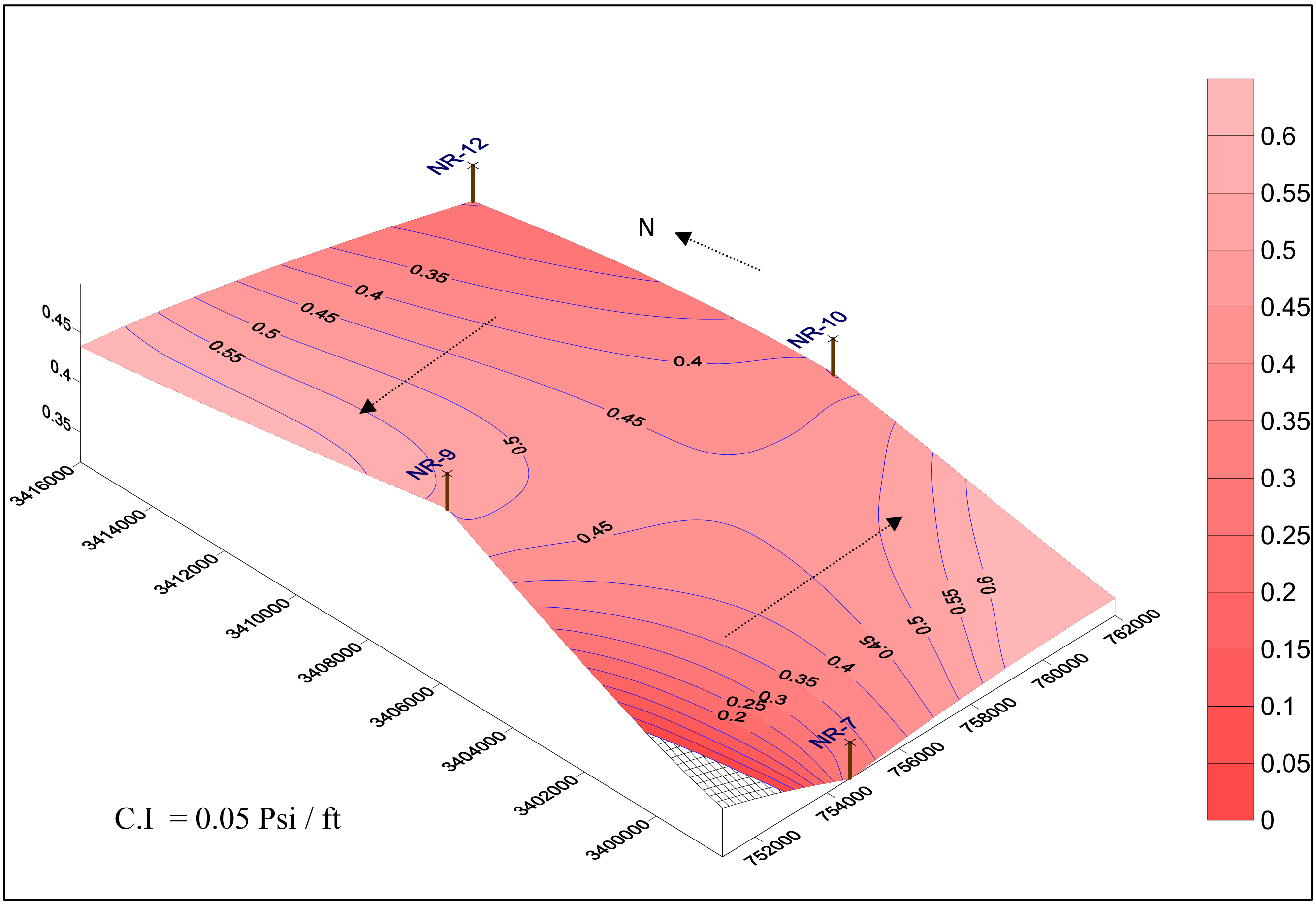


الشكل(4-14) تدرج الضغط المكمني والتشققي مع العمق للبئر NR-10

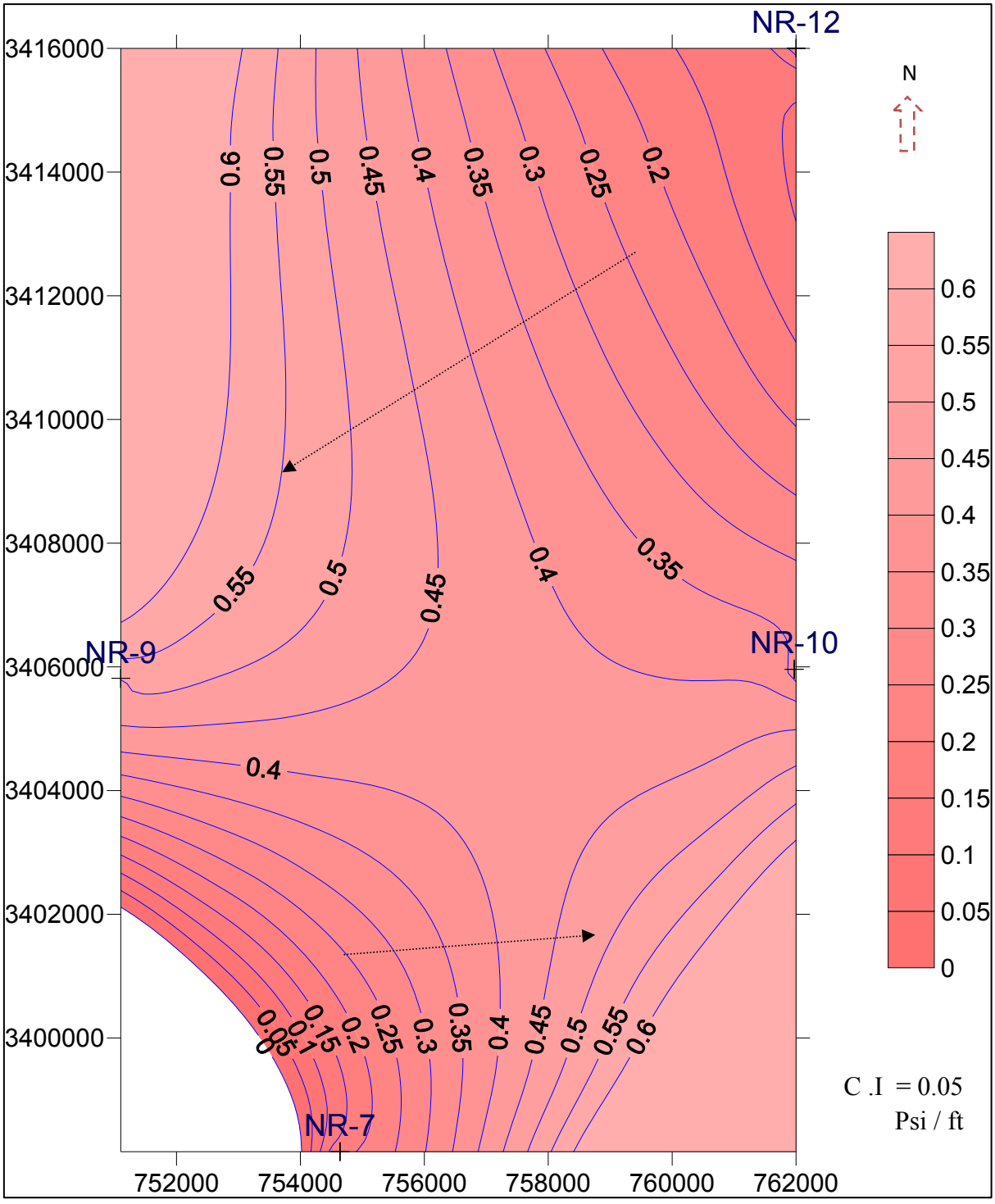


الشكل(4-15) تدرج الضغط المكمني والتشققي مع العمق للبئر NR-12

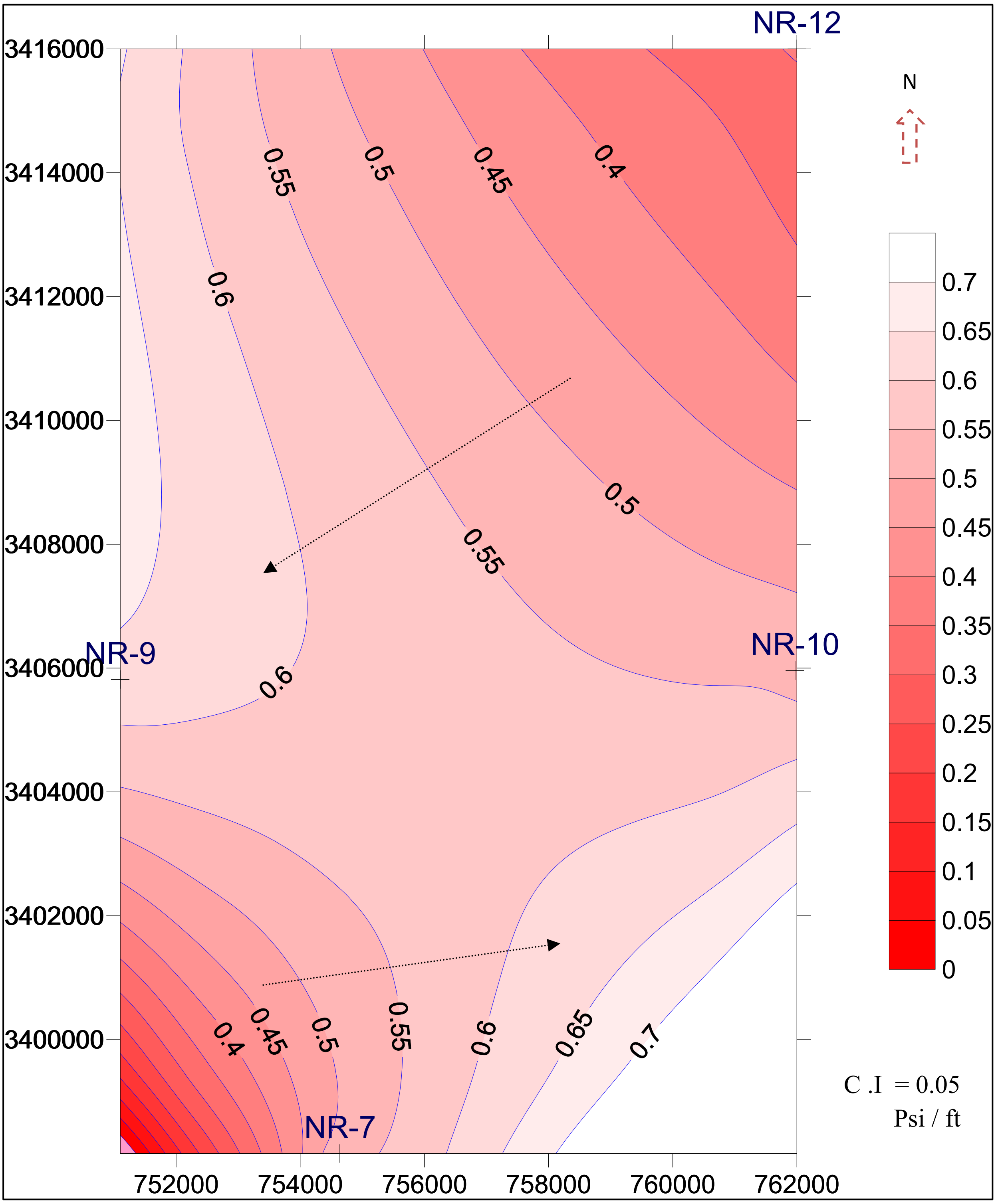
تبين الإشكال (4-16) إلى (4-19) خرائط كنتورية لتوزيع معدل تدرج ضغط المكمن لطبقات السجيل الأربعة المشكلة لأنطقة الغطاء لمكمن الزبير، إذ يتزايد الضغط في الطبقتين العليا والوسطى بالاتجاه نحو البئرين عند جانبي الحقل NR-9.NR-10، بينما يتوزع الضغط في الطبقة السجيلية G ويأخذ بالتزايد عند البئرين NR-7, NR-9، بينما في الطبقة السفلى فيزداد عند البئرين NR-7, NR-10 .



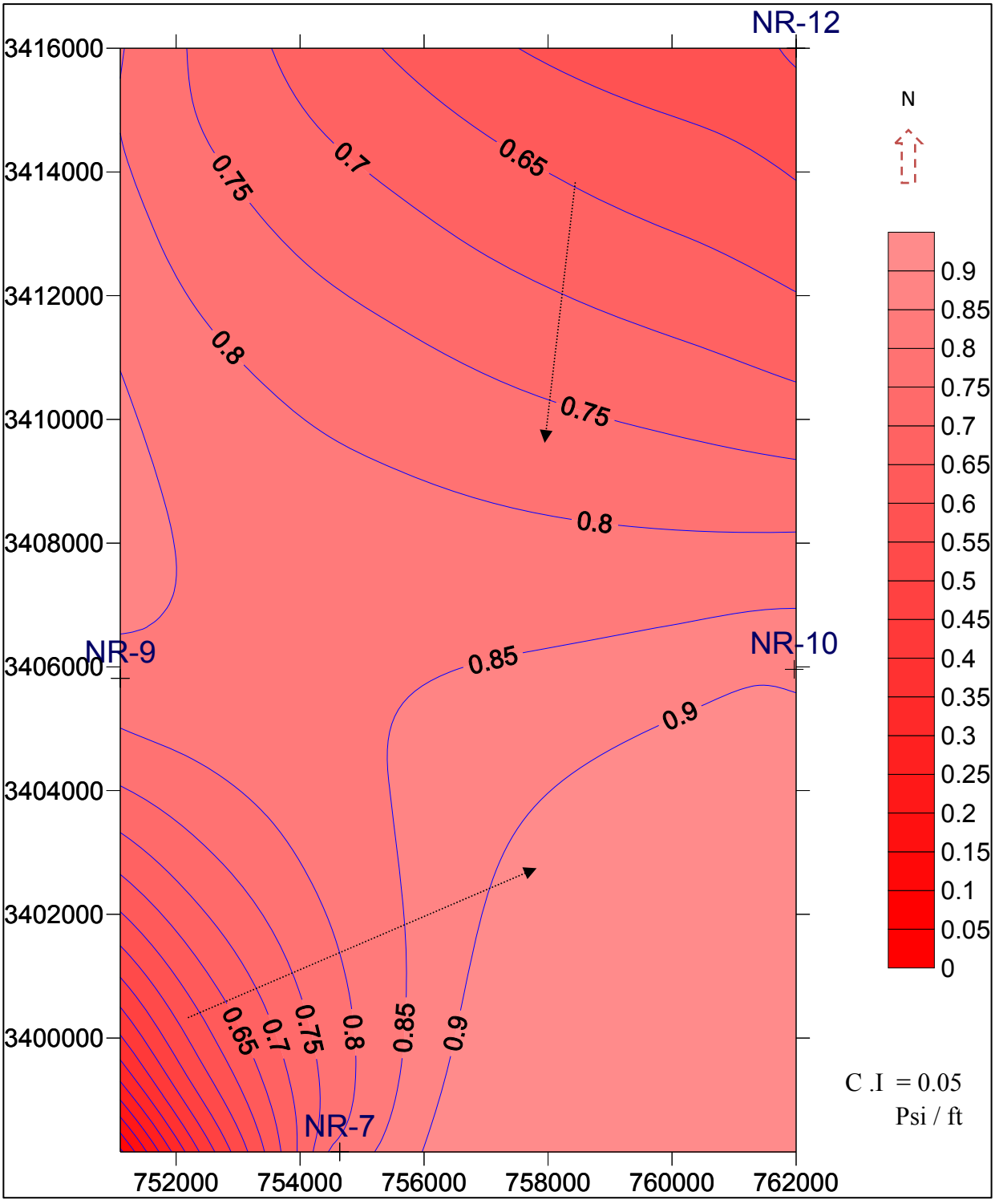
الشكل (4-16) خريطة تبين توزيع تدرج الضغط المكمني لطبقات السجيل العليا



الشكل (4-17) خريطة كنتورية لتوزيع تدرج الضغط المكمني للطبقة السجيلية (G)



الشكل (4-18) خريطة كنتورية لتوزيع تدرج الضغط المكمني لطبقات السجيل الوسطى



الشكل (4-19) خريطة كنتورية لتوزيع تدرج الضغط المكمني لطبقات السجيل السفلى

6-4: حساب ضغط التكسير (Fracture pressure calculation)

بالنسبة لحساب ضغط التكسير، فقد أعتمدت طريقة AGIP المستخدمة من قبل (Bellotti and Giacca, 1978) والمشتقة بصورة مباشرة من (معادلة Terzaqhi). كما في المعادلة التالية:

$$P_f = Pp + (2v / 1\text{-}v)^* (Pov - Pp) \qquad (17\text{-}4)$$

P_f: ضغط التكسير (Psi / ft).

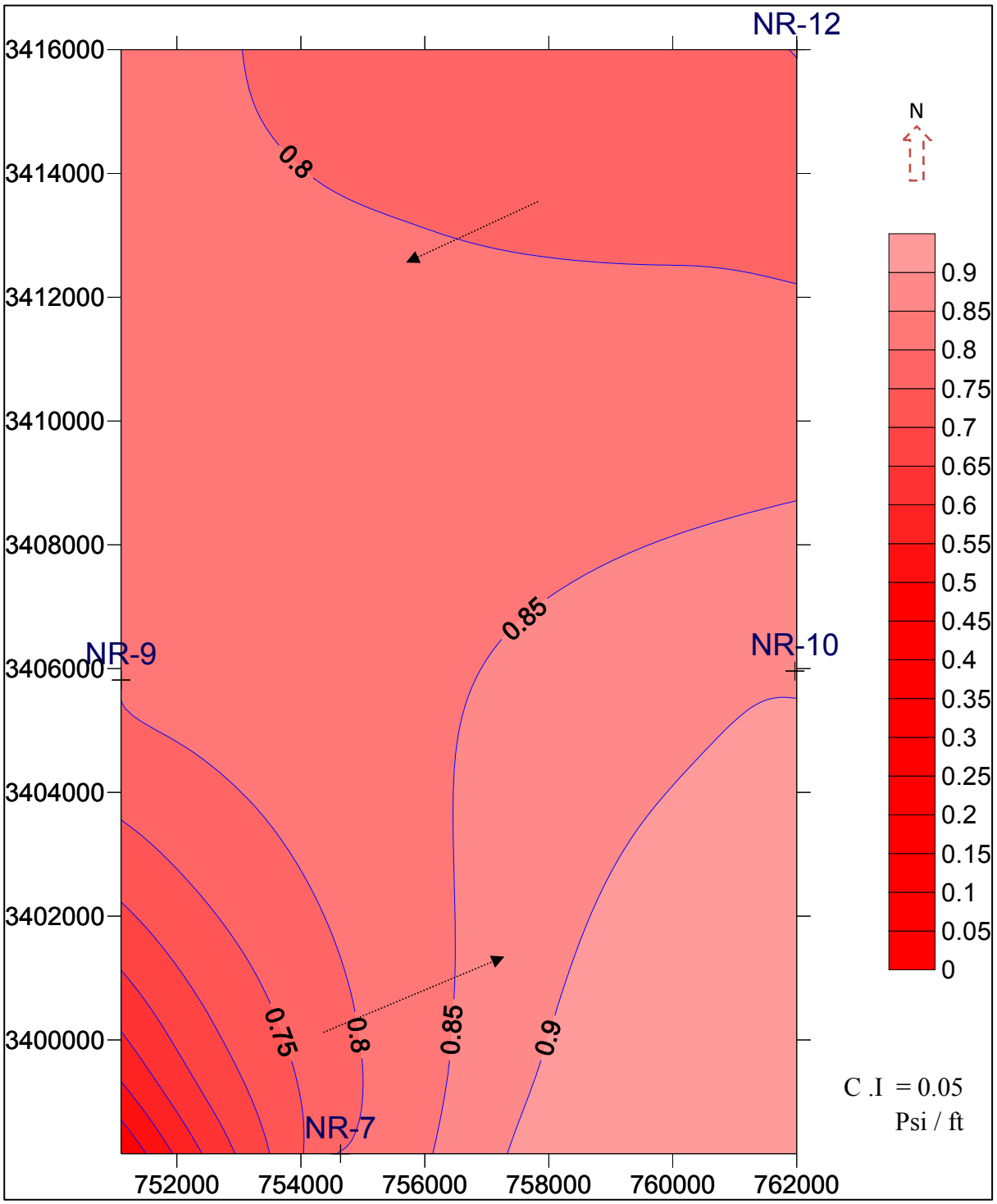
Pp: ضغط المائع (المسامي) (Psi /ft).

Pov: ضغط التحميل الفوقي (Psi /ft).

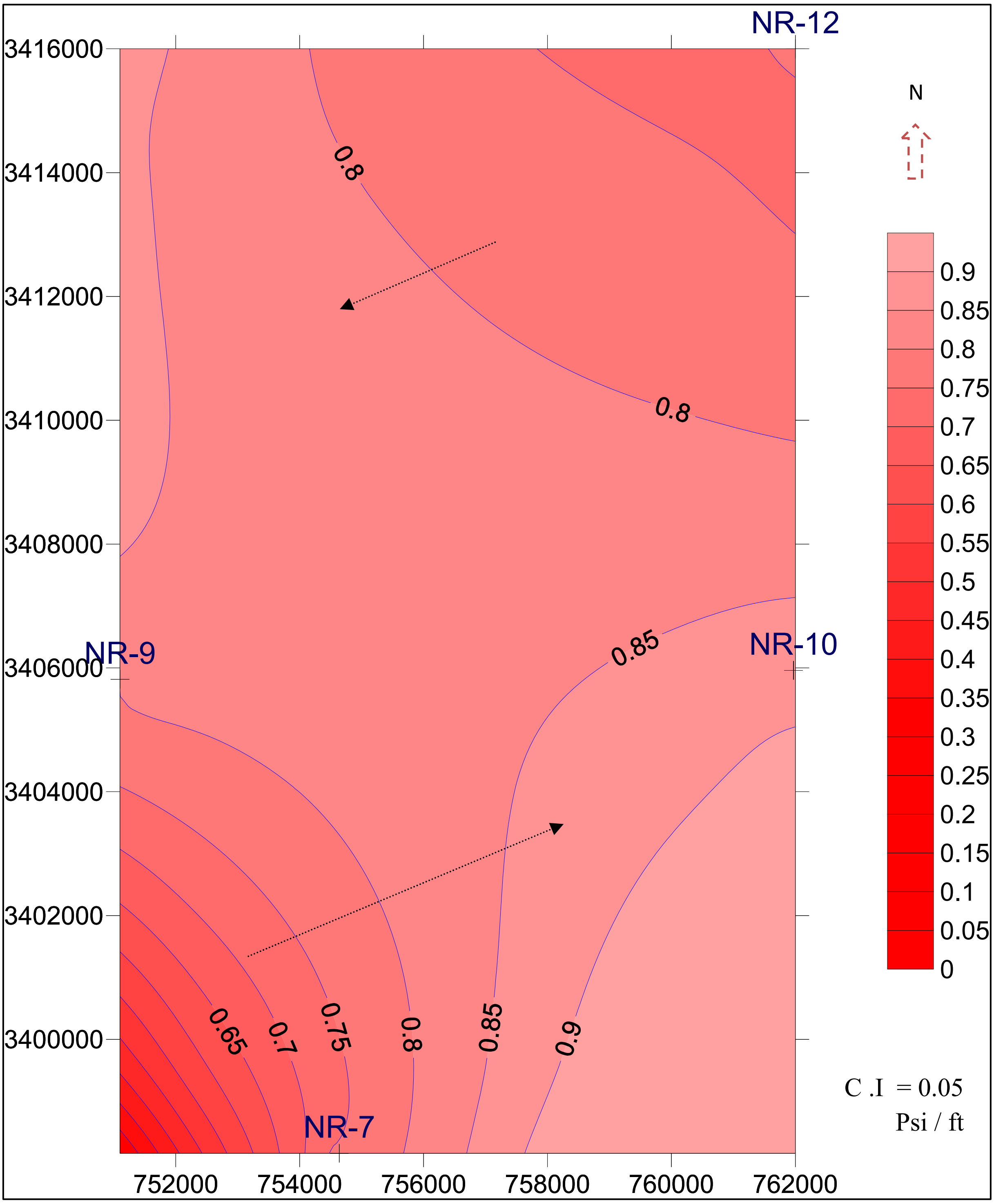
v : نسبة بويزن وتساوي 0.25 (بدون وحدات).

يبين الملحق (3) القيم المحسوبة لضغط التكسير لآبار الدراسة عند الطبقات الآربعة السجيلية المشكلة انطقة الغطاء لمكمن الزبير، كما وتوضح الإشكال (4 -12) إلى (4 -15) التغاير الحاصل في تدرج ضغط التكسير، إذ يتراوح في البئر NR-7 بين (1.01 – 0.708 Psi / ft)عند الأعماق (3217-2946) متراً ويتراوح ما بين (0.95- 0.65Psi /ft) للأعماق (3353 -3394) متراً في البئر NR-9، بينما يكون تدرج ضغط التكسير في البئرNR-10 بين أدنى وأقصى قيمة له حيث بلغت(0.75 -1.07 Psi /ft) للعمقين (3564-3575)، بينما تتراوح قيمه ضغط التكسير في البئر NR-12 ما بين (1- 0.707 Psi /ft) عند العمق (3757- 3760 m) متراً .

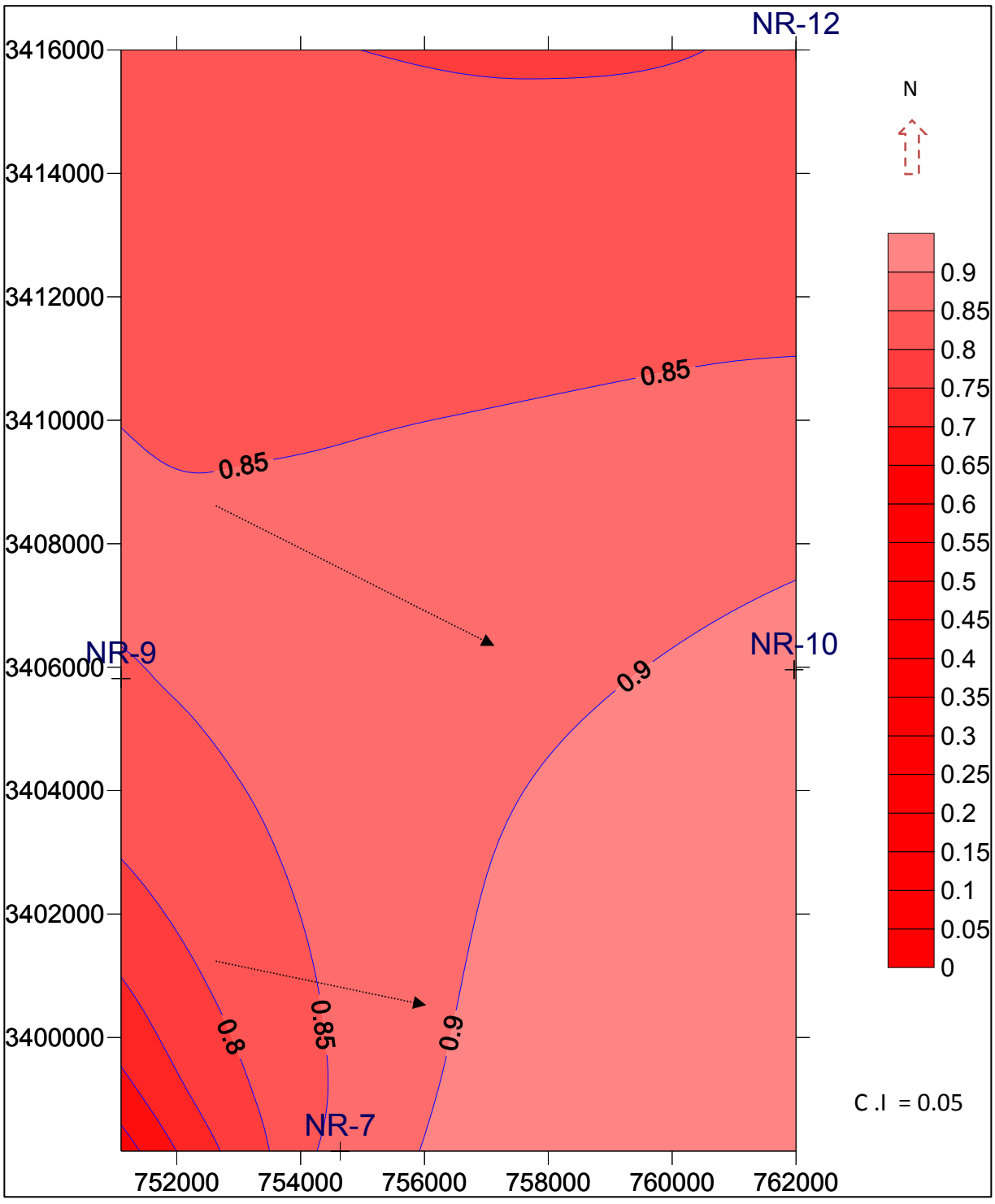
تبين الخرائط الكنتورية في الإشكال (4 -20) إلى (4 -23) توزيع ضغط التكسير في الطبقات السجيلية الأربعة المشكلة لتكوين الزبير في حقل نهر بن عمر وكما نلاحظ فأن هذا التوزيع يشبه سلوك توزيع الضغط المكمني الذي سبق ذكره إذ يتناسب طرديا مع الزيادة الحاصلة في الضغط المكمني.



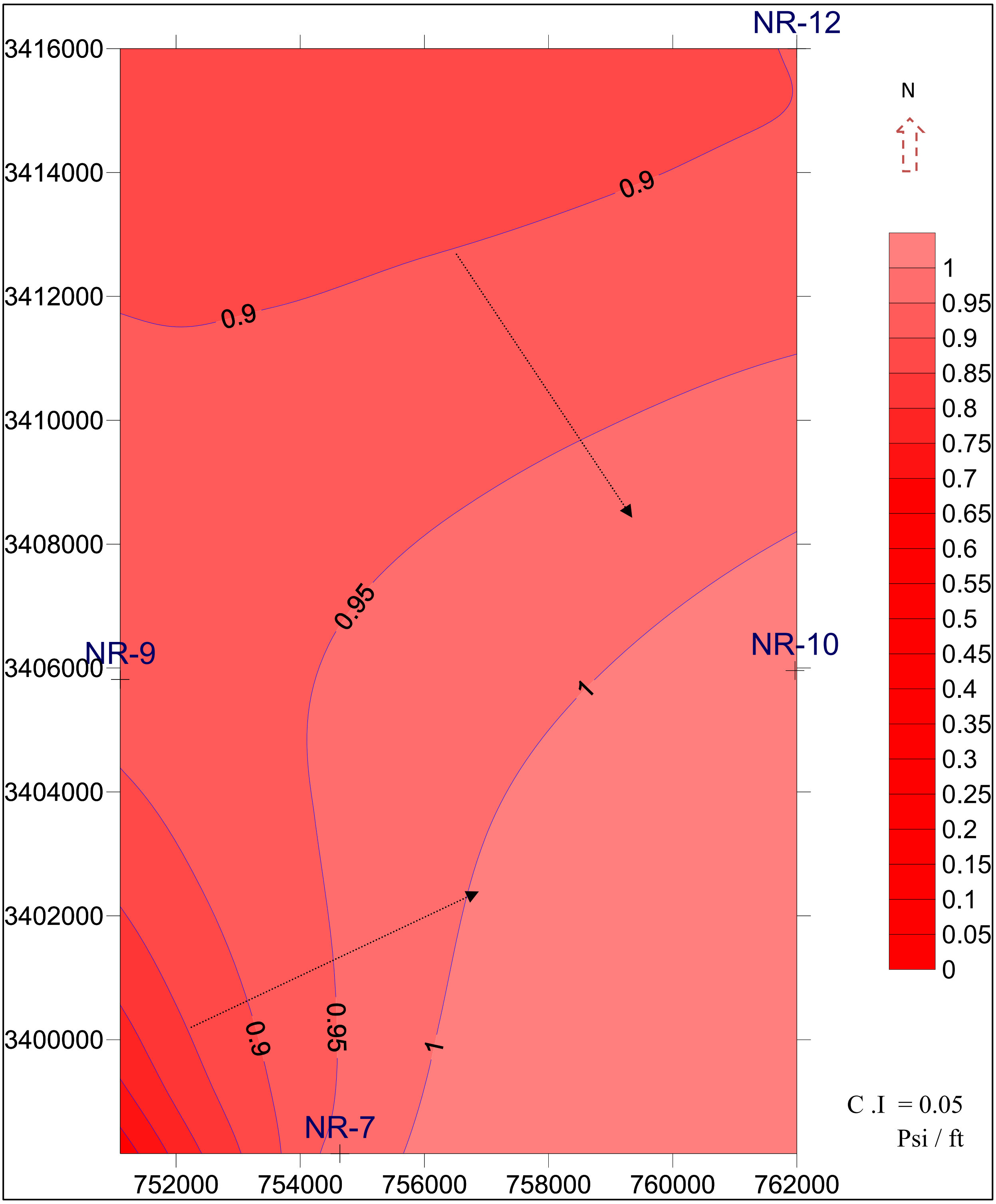
الشكل (4-20) خريطة كنتورية لتوزيع تدرج الضغط ألتشققي لطبقات السجيل العليا



الشكل (4-21) خريطة كنتورية لتوزيع تدرج الضغط ألتشققي للطبقة السجيلية (G)



الشكل (4-22) خريطة كنتورية لتوزيع تدرج الضغط ألتشققي لطبقات السجيل الوسطى



الشكل (4-23) خريطة كنتورية لتوزيع تدرج الضغط ألتشققي لطبقات السجيل السفلى

الفصـــل الخـامس

الأستنتاجات والتوصيات

Conclusions
&
Recommendations

5-1 الاستنتاجات (Conclusions)

1- يتبين من خلال الحسابات البتروفيزيائية لمكمن الزبير سيادة المسامية الأولية، أما المسامية الثانوية (SPI) فتكون جيدة في أغلب الأعماق لآبار الدراسة وتدعم المسامية الأولية.

2- تحسن المواصفات البتروفيزيائية المكمنية عند جانبي تركيب حقل نهر بن عمر، إذ تزداد المسامية الكلية والتشبعات النفطية بالأتجاه نحو جانبي الحقل حيث البئرين NR-9, NR-10 .

3- تكون قيم التشبع النفطي القابل للحركة MOS أعلى من قيم تشبع النفط المتبقي ROS في أغلب الاعماق لآبار الدراسة لاسيما عند البئر NR-12 الواقع شمال الحقل، وهذا يدل على النفاذية الجيدة لمكمن الزبير. بينما تقل النفاذية وتزداد بذلك قيم الفضالة النفطية في بعض الأعماق لاسيما عند البئر NR-10 وقد يعزى زيادة قيم التشبعات النفطية الغير قابلة للأزاحة إلى لكون النفط من النوع الثقيل.

4- وجود السجيل في مكمن الزبير بكميات كبيرة مما يعكس طاقة حوض الترسيب الواطئة.

5- يتكون مكمن الزبير من ثلاث طبقات رملية وأربعة طبقات سجيلية بصورة متعاقبة مع الطبقات الرملية كما يؤكد ذلك مرتسمات الصخارية والمعدنية.

6- بالاعتماد على سلوك المجسات البئرية يقسم مكمن الزبير في حقل نهر بن عمر إلى 16 وحدة صخارية ومن ضمنها خمس وحدات مكمنية (E, F, H, N,OP) ذات خصائص جيدة من حيث المسامية والتشبع النفطي والتشبع النفطي القابل للحركة.

7- يفضل عدم الإنتاج من الوحدة المكمنية F وذلك كونها لا تمتلك المواصفات المكمنية الجيدة مثل المسامية الفعالة والتشبع النفطي القليل وقلة النفاذية، إذ يكون تشبع النفط المتبقي أعلى من قيم التشبع النفطي القابل للحركة قياساً بالوحدات المكمنية الأخرى الجيدة السبب في ذلك يرجع إلى أن هذه الوحدة تتكون من تعاقب الحجر الرملي مع الصخور السجيلية .

8- من خلال حساب تدرج الضغط المكمني وتدرج ضغط التكسير نستنتج وجود انطقة للضغوط غير الاعتيادية إذ تتغاير الضغوط عمودياً وأفقيا .

9- يزداد كل من ضغط المكمن وضغط التكسير بالاتجاه افقياً نحو جانبي الحقل أي في البئرين NR-9, NR-10 بالنسبة لطبقات السجيل العليا والوسطى لآبار الدراسة، أما بالنسبة للطبقة

السجيلية G فيزداد الضغط بالأتجاه أفقياً حيث البئرين NR-7, NR-9، وتزداد لطبقات السجيل السفلى بالاتجاه الأفقي نحو البئرين NR-7-, NR-10 .

10- يستبعد عامل تأثير الأطيان كمسبب في تكون أنطقة الضغط الفائق لكون مكمن الزبير لا يحتوي على معدن المونتمورلينات في ترسباته وأحتوائه فقط على نسبة من معدن الكاؤولينايت وبالاعتماد على دراسة سابقة لتحليل الأطيان لمكمن الزبير.

11- يعزى سبب حدوث وتكون أنطقة الضغط الشاذ إلى عاملي رئيسين: عامل الإحكام نتيجة لتوفر طبقات ذات نفاذية قليلة والمتمثلة بطبقات السجيل، وعامل التكتونية بسبب تواجد أربعة فوالق رئيسة في الحقل التي تؤدي إلى أنتقال المائع من عمق إلى آخر.

5-2 التوصيات (Recommendations)

1- أهمية إجراء مسح جيوفيزيائي زلزالي ثلاثي الأبعاد لحقل نهر بن عمر وذلك لتحديد مواقع وانتشار الفوالق لما لها من تأثير في تحديد أماكن حفر الآبار مستقبلاً وبالتالي تلافي الأضرار الناجمة عند الحفر.

2- حفر آبار نفطية إنتاجية جديدة وزيادة الأستفادة من إنتاجية مكمن الزبير لما يحتويه من مواصفات مكمنية جيدة وتزداد هذه المواصفات بالتحسن عند جانبي الحقل مع الأخذ بنظر الأعتبار تزايد الضغط المكمني بالأتجاه الفقياً نحو هذان البئران.

3- أستخدام مجس Microspherical للتعرف على الأنطقة ذات التشبع النفطي الثقيل من عدمه.

المصـادر

References

المصادر العربية

*افديسيان، أنطوان مهران، 1988. تحليلات جس الآبار لتقييم المكامن البترولية والغازية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد ، 688 ص.

*الاتروشي، سوار جمال عبد الحميد، 1999. نشأة الضغوط وتوزيعها في تكوين الزبير وأثرها على هجرة الهيدروكاربونات في حقل الرميلة الشمالي، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 144 ص.

*البياتي، قيس محمد عبد الله، 2001. طباقية وجيوكيميائية الفترة الترسيبية الهوتريفيان المتأخر-الأبتيان المبكر في حقول شرق العمارة (جنوب العراق)، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة البصرة، 156 ص.

*السعدوني، فاضل نوماس; علي، جواد علي، 1988. أساسيات جس الآبار النفطية للجيولوجيين (كتاب مترجم) جامعة بغداد، 338 ص.

* السياب، عبد الله; العمري، فاروق صنع الله; الأنصاري، نضير; الشيخ ، زهير; الراوي، ضياء; الجاسم، جاسم علي ، 1982. .كتاب جيولوجيا العراق، جامعة الموصل، 277 ص.

*الشهوان، موفق فاضل، 2002. أنماط النضوج الحراري للتتابع الطباشيري الأسفل في جنوب العراق، تطبيقات لاحتساب القدرة النفطية، رسالة دكتوراه غيرمنشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 169 ص.

*العبيدي، عماد فاضل، 1996. العلاقة التركيبية و المكمنية بين حقلي الزبير والنهر بن عمر، تقرير داخلي، شركة الاستكشافات النفطية، 14 ص.

* العتابي، عبد الحسين نعمة، 2009. هيدروجيوكيميائية مياه تكوين اليمامة وتحديد مناطق الضغط الفائق في آبار مختارة من حقول جنوب العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة البصرة، 166 ص.

*الكنعاني، عقيل عبود مهلهل، 2003. تقييم جيولوجي مكمني لتكوين الزبير في آبار مختارة من جنوبي العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة البصرة، 101 ص.

*المطوري، واثق غازي، 2002. (تركيبية وتكتونية جبل سنام جنوبي العراق)، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة البصرة، 110 ص.

*المطوري، واثق غازي، 2007. التطور التركيبي و التكتوني لحقل نهر بن عمر- جنوبي العراق، مجلة البصرة للعلوم، المجلد ٢٥، العدد(١)، 95-85 ص.

*حنظل، أمنة مال الله، 2006. دراسة الخواص المكمنية لتكوين المشرف في حقل الناصرية وعلاقته بإنتاج النفط ، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة البصرة، 168 ص .

*حسني، أحسان، 1980. دراسة جيولوجية مكمنيه لحقل نهر بن عمر (تكوين الزبير وتكوين الرطاوي – يمامة واليمامة)، تقرير داخلي، قسم الدراسات الجيولوجية، شركة النفط الوطنية العراقية، 30 ص.

*خيوكة، مؤيد حامد، 1991. تفسيرات الجس البئري، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، مطبعة الموصل، 432 ص .

*سجلات الجس لآبار الدراسة (NR-7, NR-9, NR-10, NR-12)، هيئة الحقول النفطية، قسم الجيولوجيا.

*سوادي، ماضي عبد الرزاق; كريم، كاظم عبد الحسن; مصطفى، سعد عبد الصمد; سوادي، هديل لطيف، 2006. دراسة مكمنية محدثة مكمن الزبير/ حقل نهر بن عمر، تقرير داخلي، هيئة الحقول، شركة نفط الجنوب، 16 ص.

*عباس، محمد عبد; عفج، عدنان حسن ; مراد، نمير نذير، 1989. .دراسة المعادن الطينية في تكوين الزبير الرملي لأبار مختارة في حقل نهر بن عمر وحقل اللحيس جنوب العراق، دراسة غير منشورة، جامعة البصرة، 14 ص.

English References

*Al-Ameri, N.J., 2004. A study of Fracture pressure gradient for deep well in Sothern Iraqi oil fields, College of Engineering, university of Baghdad, M.Sc. Thesis, 131 P.

*Al-Husseini, M., 2000. Preliminary chronostratigraphic chart of the Gulf Region ,Gulf petro Link , Bahrain ,http //www.gulfprtrolink.com.

*Ali, J.A. and Nasser, E.M., 1989. Facies analysis of Lower Cretaceous oil-Bearing Zubair Formation in southern Iraq: Modern Geol,13, 225- 242 PP.

Al-Kadhimi, J.A.M., Sissakian, V.K., Fattah, A.S. and Dikran, D.B., 1996; ➢ Tectonic map of Iraq, GEOSURV, Baghdad, Iraq, (Unpubl.).

*Al-Naqib, K.M., 1967. Geology of Arabian Peninsula , Southwestern Iraq. U.S. Geol .Survey Prof, Paper 560-G 54 PP.

*Al-Naqib, K.M., 1970. Geology of jabal Sanam-South Iraq, Jour Geol,Soc, Iraq3(1), 9-36 PP.

*Al-Siddiki, A.A.M., 1978. Subsurface geology of southern Iraq, Tenth Arab Petroleum congress Tripoli Libya, No141(B-3), 47 P.

*Ashoor, S.M.A., 1985. Clay Mineralogy of Zubair Reservoir south Rumaila Field :I.N.O.C, Basrah, Unpup . Report.

*Ashoor , S.M.A. and Hussein, A.T., 1992. Updating detailed geological picture of upper sandstone member (main pay) , Zubair Formation North Rumaila Field :I.N.O.C. , Basrah, Unpub .

*Barker, C.,1979. Role of temperature and burial depth in development of subnormal and abnormal pressure in gas reservoirs, Am. Assoc , Petrol ,Geol, Bull,63,414 P.

*Basseoni , Z., 1994. Theory, Measurement and Interpretation of Well Logs Society of Petroleum Engineers , vol.4, Richardson, USA, 372 P.

*Bellotti, P. and Giacca, D., 1978. AGIP deep drilling technology-1, Seismic data can detect overpressure in deep drilling, oil and gas journal (Aug) ,V.28,47-52 PP.

*Bigelow, L., 2002. Introduction to wireline, log analysis, Baker, tughes , Inc. 312 P.

*Bolton, A.J. and Malthman, A.J., 1998. The Importance of Over Pressure Timing and Permeability Evolution in Fin - grained Sediments Undergoing Shear, Jur .of Struc.Geol.Vol.20, 1013-1022 PP

*Bowen, D.G., 2003. Formation Evaluation and Petrophysics, Jakarta, Indonesia. 194P.

*Bradely, G.S., 1975. Abnormal Formation pressure, AAPG, Vol.59, No.6, 957-973PP.

*Braspetro, 1980 . Reservoir study of Nuhr Ebn Umr / Zubair formation ,Un pub study , S.o.c.

*Braspetro,1981. Reservoir study of Mishrif formation, geological model, Un pub study , S.o.c.

*Bredehoeft, J.B. and Fouch, T.D., 1992. Simulation of the Origin of Fluid pressure, Fracture Generation and the movement of Fluids in the Unita Basin , Utah , AAPG ,Bull ,Vol.78, 1729 -1747 PP.

*Bruce, J.F., 1969. Diagenesis of Gulf coast clayey sediments and its possible relation to petroleum migration , AAPG,Vol.53, 73-93 PP.

*Buday,T. and Gassim, S.Z., 1987. The Regional Geology of Iraq, Tectonism, Magnetism, and Metamorphism, S.E Geol. Surv, and Min. Invest.(Geosurv.), Bagdad,Iraq, 352 P.

*Carstens , H. and Dyprik, H., 1980. Abnormal formation pressure and shale porosity, AAPG Bull, accepted for publication on September, 2.

*Cesaroni, R.., Giacca, D. Schenato, A. and Thieree, B .,1981. Determining fracture gradient while drilling , pet, Eng, (June), 60-86 PP .

*Eaton, B.A., 1976. Graphical method predicts geo pressure worldwide, world oil, (July),100-104 PP.

*Dresser Atlass, 1975. Log Interpretation Fundamentals, Houston, Texas, Dresser Industries, Inc., PP.13-10.

*EXLOG staff, 1985. Theory and evaluation of formation pressure. A pressure Detection Reference Hand Book, Lancaster, D. Reidel publishing company, 231P.

*Hawker, D., 2001 . Data Log , Abnormal formation pressure analysis ,Version 2.1, Pub book, 113 P.

*Hottman, C.E. and Johnson, R.K., 1965. Estimation of formation pressure from log-derived shale properties, G, Petrol, Techno, June, 717-722 PP.

*Hubbert, M.K. and Rubey, W.W., 1959. Role of Fluid pressure mechanincs of over thrust faulting. Part 1: Mechanics of fluid-filled porous solids and its application to over thrust faulting , 115 P.

*Jordin , H.R. and Shirlay, O.G.,1966. Application of drilling performance data overpressure detection, J.P.T., (nov.), 1387-1394 PP.

*Kenneth, L.H. and Bougher, j.W., 1969. Geological signifigance of abnormal formation pressure, J.P.T., (Aug), 961-966 PP.

*Magara, K., 1978. Compaction and fluid migration (Practical petroleum geology, Elsevier Sci . Publ, Co, Amsterdam-Oxford-New York , 319 P.

*Owen, R.M.S. and Nasr, S.N., 1959. The Stratigraphy of Kuwait-Basrah Area, In :Weeks L.G.(ed.), habitat of oil, Asymposium: AAPG, 1252-1278 PP.

*Plumley,W.J., 1980. Abnormally high fluid pressure, Survey of some basic principles, AAPGBull.,64(3), 414-430 PP.

*Razaee, Mr., Kadkhodaie -ilkhchi, A. and Alizadeh ,p.m., 2007. for the synthesis of Petrophysical for the Intelligent approaches lgs.J.Geophys.eng.no.4, 1-15 pp

*Reulet, J., 1971. Sedimentologic study of the lower Cretaceous (Well Siba No.1, Elf. R.E. Direction exploration , Laboratories Exploration S.O.C. unpub. Study.

*Rohan, A.B.,1975. Subsurface investigation of the upper two member of Zubair formation North and South Rumaila Oil field Unpub .M.Sc. Thesis, University of Baghdad,115 P.

*Russell, w.l., 1972. Pressure - Depth Relations in Applachian Region, APPG, Bull.vol. 56, 528-536 PP.

*Saleh, M.A.M., 1999. Sequence Stratigraphy and Characteristic of source/Reservoir rocks for the Yamama/Sulaiy succession, Southern Iraq, Thesis for Doctor Degree, College of Science, university of Baghdad, 131 P.

*Schlumberger, 1970. Well Evaluation Conference, Libya, Services Techniques Schlumberger, France, 2-5 , 2-6 PP.

*Schlumberger, 1972. Log interpretation charts, Houston, Schlumberger Well services, Inc.,vol.2.

*Schlumberger, 1989. Log Interpretation principles / Application, Schlumberger Werline and Testing , 13-19 PP.

*Selley, R.C.,1985. Element of Petroleum Geology, W.H. Freeman and Company New York, 449 P.

*Serra,1986. Advanced Interpretation of Whirling Logs, Imprimere Lon. s-Jean, publication Scientifque , et litteraire, 295 P.

*Total, F.P.C . Group Laboratory, 1984. Sedimentology study of the Zubair Formation , East Baghdad Filed :Unpub . Rep, INOC. Baghdad/Iraq.