

برآورد فاکتور کیفیت با استفاده از داده‌های نیمرخ لرزه‌ای قائم در یکی از میدان‌های هیدروکربوری جنوب ایران

ملیحه کاظمی^۱، عبدالرحیم جواهریان^۲ و محمد کمال قاسم العسکری^۳

^۱ دانشجوی دکتری رشته ژئوفیزیک، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران (e-mail: mskv16@yahoo.com)

^۲ دانشیار موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران (e-mail: javaheri@ut.ac.ir)

^۳ دانشیار دانشگاه صنعت نفت (e-mail: askari5027@yahoo.com)

(دریافت: ۸۶/۰۶/۱۲، پذیرش نهایی: ۸۷/۰۸/۲۸)

چکیده

فاکتور کیفیت (Q) یک فاکتور با ارزش در بررسی مخزن است که مقادیر کوچک آن نشان‌دهنده تضعیف نسبی انرژی لرزه‌ای در محیط انتشار است و کمکی است مؤید وجود هیدروکربورها در مخزن باشد. با استفاده از مقادیر Q در عمق‌های متفاوت یک چاه می‌توان به وجود هیدروکربورها در مخزن پی برد. در این مقاله، با استفاده از داده‌های نیمرخ لرزه‌ای قائم (VSP) دو چاه اکتشافی در یکی از میدان‌ها جنوب ایران، مقادیر Q با روش نسبت طیفی، به دست آمده‌اند. همچنین به منظور مقایسه با مقادیر Q به دست آمده، نسبت V_p/V_s و نسبت پواسون در محدوده عمق‌های مورد نظر تعیین شد. مقادیر کمتر از ۲۵ برای Q را می‌توان در حکم شاخص حضور هیدروکربورها در مخزن در نظر گرفت که با استفاده از نمودارهای چاه، مورد تأیید قرار گرفته است.

کلیدواژه‌ها: فاکتور کیفیت، روش نسبت طیفی، تضعیف، داده‌های نیمرخ لرزه‌ای قائم

۱ مقدمه

جذب مطرح کردند. برآورد Q با استفاده از داده‌های VSP با چند روش از جمله روش‌های نسبت طیفی و سیگنال تحلیلی را تن (۱۹۹۱) مطرح و مقایسه کرد. در همکاران (۱۹۹۴) برای تعیین Q از روش‌های نسبت طیفی و معادله پاشیدگی استفاده کردند. ماتوا (۲۰۰۳) روشن ساخت که نسبت‌های طیفی در VSP در اثر ناهمگنی‌ها کوچک مقیاس، برای مثال در مورد لایه‌های نازک، وابسته به بسامد است. چاپرا و الکسیو (۲۰۰۴) روش بازسازی بسامد زیاد را مطرح کردند که در این روش تضعیف با بسامد داده‌های لرزه‌ای قائم در عمق‌های متفاوت تعیین می‌شود و سپس فاکتور کیفیت به روش نسبت طیفی محاسبه می‌شود. هاز و استوارت (۲۰۰۴) با استفاده از روش‌های نسبت طیفی و تحلیلی، Q را محاسبه کردند. هاز و استوارت (۲۰۰۵) با استفاده از روش سیگنال تحلیلی که

امواج لرزه‌ای در زمین تضعیف می‌شوند، در واقع امواج با بسامد زیادتر سریع‌تر از امواج دارای بسامد کم‌تر جذب محیط می‌شوند. معمولاً برای محاسبه تضعیف محیطی، از کمیت‌هایی مانند ضریب جذب محیطی (α) و فاکتور کیفیت (Q) استفاده می‌شود. روش‌های متداول برای تعیین Q از داده‌های لرزه‌ای سطحی، محدودیت و عدم قطعیت زیادی به همراه دارد، درحالی‌که امواج ثبت شده با روش VSP این مزیت را دارند که مسیر کوتاه‌تری را در درون زمین طی می‌کنند و نسبت به داده‌های لرزه‌ای سطحی از بسامدهای زیادتری برخوردارند. همچنین داده‌های VSP در مقایسه با داده‌های لرزه‌ای سطحی دارای نوفه و تضعیف کمتری هستند. در نتیجه بهتر است برای برآورد Q از داده‌های VSP استفاده کرد. استوارت و همکاران (۱۹۸۴) روش تصحیح زمان گذر را برای محاسبه ضریب

تلف شده در یک دوره تناوب است (پراساد و همکاران، ۲۰۰۴).

$$Q = \left(\frac{2\pi E}{\Delta E} \right) \quad (7)$$

از نظر فیزیکی Q معادل تعداد نوسان‌های لازم است تا انرژی سامانه به حدود $1/535$ برابر انرژی اولیه اش کاهش یابد.

$$Q = \left(\frac{f_0}{\Delta f} \right) \quad (8)$$

که در آن، $\Delta f = f_2 - f_1$ عرض باند و f_0 بسامد تشدید است. بین فاکتور Q و نوع سنگ ارتباط مستقیمی وجود دارد. Q برای موج P (QP) به طور قابل ملاحظه‌ای به خواص سیال موجود در خلل و فرج سنگ بستگی دارد. مقدار آن برای سنگ‌های اشباع شده از شاره کمتر از سنگ‌های خشک است. نسبت آن با درجه اشباع و نوع شاره تغییر می‌کند. QP به همراه QS (Q) که از موج S به دست آمده است) می‌توانند تغییرات اشباع و نوع سیال‌های درون خلل و فرج سنگ‌ها را تعیین کند. Q_P با افزایش فشار لیتواستاتیک افزایش و با افزایش دما کاهش می‌یابد. برای تعیین فاکتور کیفیت روش‌های متفاوتی وجود دارند که به بعضی از آنها اشاره می‌شود:

الف- روش نسبت طیفی

روش نسبت طیفی در مقایسه با روش‌های متداول برای برآورد Q کاربرد بیشتری دارد (تن، ۱۹۹۱). در این روش، تغییرات طیفی در چند عمق متفاوت در نظر گرفته و محاسبه می‌شود. رابطه Q با باند بسامد، دامنه سیگنال لرزه‌ای و دامنه منبع به صورت زیر است (شاو و همکاران، ۲۰۰۴).

$$A = A_0 \exp(-\pi f Z / QV) \quad (9)$$

که در آن، A دامنه در عمق مورد نظر Z ، A_0 دامنه در محل منبع، f بسامد موج در عمق Z ، Q فاکتور کیفیت و V سرعت انتشار موج لرزه‌ای است. برای بسامد

در آن دامنه و بسامد لحظه‌ای به کار گرفته می‌شوند، Q را از روی داده‌های VSP تعیین کردند. همانگونه که مطرح شد، روش نسبت طیفی در برآورد Q روشی متداول است و در این تحقیق این روش برای تعیین Q مورد استفاده قرار گرفته است.

۲ تضعیف امواج لرزه‌ای

برآورد میزان تضعیف امواج لرزه‌ای در زمین به دلایل زیرحائز اهمیت است:

الف) دامنه و محتوای بسامد امواج با عبور از زمین تغییر می‌کنند.

ب) پارامترهای تضعیف می‌توانند اطلاعات مهمی در مورد نوع سنگ‌ها و میزان اشباع با سیال‌ها فراهم کنند.

ضریب جذب (α) یکی از پارامترهای مهم در تعیین تضعیف است که رابطه آن با دامنه موج به صورت زیر بیان می‌شود.

$$A_1 = A_0 e^{-\alpha r} \quad (1)$$

که در آن، A_1 دامنه در فاصله r از منبع، A_0 مقدار اولیه دامنه و α ضریب تضعیف است. در دو نقطه که به فاصله یک طول موج (λ) از یکدیگر قرار دارند، می‌توان نوشت:

$$A_2 = A_0 e^{-\alpha(r+\lambda)} \quad (2)$$

$$A_1 / A_2 = e^{-\alpha r} / e^{-\alpha(r+\lambda)} \quad (3)$$

$$A_1 = A_2 e^{\alpha \lambda} \quad (4)$$

که α به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\alpha = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{A_1}{A_2} \quad (5)$$

همچنین رابطه بین α و Q به صورت زیر است (شون، ۱۹۹۶).

$$Q = \left(\frac{\pi}{\alpha \lambda} \right) \quad (6)$$

۳ چند روش برای تعیین Q

مطابق رابطه زیر Q نسبت کل انرژی کشسان به انرژی

$$u(t) = a(t) \cos \phi(t) \quad (13)$$

با تبدیل هیلبرت، ردلرزه تحلیلی متناظر با آن را به صورت زیر می‌توان به دست آورد (هاز و استوارت، ۲۰۰۵).

$$z(t) = u(t) + iv(t) = 2 \int_0^{+\infty} U(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (14)$$

که $U(\omega)$ فوریه $u(t)$ است و $v(t)$ هیلبرت $u(t)$ است. با مشتق‌گیری از رابطه ۱۴ می‌توان نوشت:

$$z'(t) = 2i \int_0^{+\infty} \omega U(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (15)$$

بسامد لحظه‌ای $\omega(t)$ مشتق زمانی فاز لحظه‌ای $\phi(t)$ است و از رابطه ۱۶ محاسبه می‌شود.

$$\omega(t) = \frac{d\phi(t)}{dt} = \frac{z^* z' - z' z^*}{2izz^*} \quad (16)$$

و Q با رابطه زیر به دست می‌آید (تن، ۱۹۹۱ و هاز و استوارت، ۲۰۰۵).

$$(17)$$

$$\ln \left[\frac{a(t_2)}{a(t_1)} \right] = \ln \left[\frac{G_2}{G_1} \right] - \frac{\Delta t}{4Q} (\omega(t_1) + \omega(t_2))$$

که $a(t_1)$ و $a(t_2)$ دامنه‌های لحظه‌ای در زمان‌های t_1 و t_2 ، G_2 و G_1 بسامدهای لحظه‌ای $\omega(t_2)$ و $\omega(t_1)$ و اگرایی هندسی در زمان‌های t_1 و t_2 و $\Delta t = t_2 - t_1$ است.

ج- روش معادله پاشیدگی

با در نظر گرفتن سرعت‌های اندازه گرفته شده (V_2 و V_1) به ترتیب در بسامدهای f_1 و f_2 ($f_1 > f_2$) می‌توان نوشت (د و همکاران، ۱۹۹۴):

$$\frac{V_1}{V_2} = 1 + \frac{1n(f_1 / f_2)}{\pi Q} \quad (18)$$

خاص (f) با مقایسه نگاشت‌های لرزه‌ای در دو عمق متفاوت می‌توان نوشت:

$$(10)$$

$$A_2 / A_1 = A_{02} \exp(-\pi f Z_2 / QV) / A_{01} \exp(-\pi f Z_1 / QV)$$

که در آن A_1 و A_2 دامنه‌های طیف در دو عمق Z_1 و Z_2 هستند.

$$\ln(A_2 / A_1) - \ln(A_{02} / A_{01}) = -\pi f \delta t_{2-1} / Q \quad (11)$$

که در آن $\ln(A_{02} / A_{01})$ ضریب تصحیح منبع لرزه‌ای نام دارد که لگاریتم طبیعی نسبت دامنه‌های امواج از دو منبع لرزه‌ای متفاوت در عمق‌های متفاوت است. اگر امواج از یک منبعی همسان رسیده باشند ضریب تصحیح منبع در نظر گرفته نمی‌شود. در این بررسی، ضریب تصحیح منبع لرزه‌ای در نظر گرفته نمی‌شود و بنابراین رابطه ۱۱ را به صورت زیر می‌توان نوشت:

$$Q = \frac{-\pi f \delta t_{2-1}}{\ln(A_2 / A_1)} \quad (12)$$

که در آن فاکتور Q برای موج مشخص با بسامد ثابت محاسبه می‌شود. δt_{2-1} تفاوت زمان گذر در دو عمق متفاوت است. با توجه به رابطه (۱۲) مقدار Q برای نسبت $A_2 / A_1 < 1/15$ از مقادیر بزرگ منفی (که از نظر فیزیکی غیر قابل قبول است) به مقادیر بزرگ مثبت در تغییر است، این روش مقادیر معنی‌دار را برای مقادیر Q نسبتاً کوچک (بیش از ۱۰٪ کاهش دامنه) برآورد می‌کند (د و همکاران ۱۹۹۴). همچنین وقتی لایه‌های نازکی وجود دارند این روش، برآورد دقیقی از Q به دست نمی‌دهد.

ب- روش سیگنال تحلیلی

یک ردلرزه را می‌توان با دامنه لحظه‌ای $a(t)$ و فاز لحظه‌ای $\phi(t)$ توصیف کرد (تن و همکاران، ۱۹۷۹).

$$\frac{1}{Q_p} = \left[\frac{1000}{V_p} \right]^2 \quad (22)$$

که در آن، V_p سرعت موج P بر حسب ft/s است. اودیاس (۱۹۹۹) رابطه بین Q_p و Q_s را به صورت زیر مطرح ساخت.

$$Q_s / Q_p = \frac{4}{3} \left[\frac{V_s}{V_p} \right]^2 \quad (23)$$

با داشتن Q_p از نمودارهای چاه می توان Q_s را به دست آورد.

۵ مقایسه نسبت V_p/V_s با Q

تغییر در ساختار یا ترکیب سنگ ها تغییراتی در مشخصه های انتشار امواج لرزه ای دارد. با افزایش درصد اشباع سنگ با هیدروکربورهای گازی، V_p کاهش و V_s افزایش می یابد. کاهش V_p ناشی از کاهش چگالی به واسطه وجود گاز در خلل و فرج سنگ است. اگر چه V_p و V_s به نوع شاره حساس اند، اما نسبت V_p/V_s در مقایسه با V_p و یا V_s به طور جداگانه، به طبیعت شاره، حساس تر است (هامادا، ۲۰۰۴). این پارامتر می تواند حدس در مورد کانی شناسی، تخلخل و نوع شاره را اصلاح کند. برای تعیین V_s از V_p رابطه هایی وجود دارند که با شرایط مخزن ضرایب آن تغییر می کنند. با توجه به شرایط منطقه در این تحقیق از رابطه ۲۴ برای گلسنگ اشباع شده (کاستاگنا و همکاران، ۱۹۸۵) و روابط ۲۵ و ۲۶ به ترتیب برای سنگ آهک و دولومیت (کاستاگنا و همکاران، ۱۹۹۳ و محمدنیا و رضایی، ۱۳۸۲) استفاده شده است.

$$V_p = 1.16V_s + 1.36 \quad (24)$$

$$V_s = 0.8619 V_p - 1.172 \quad (25)$$

$$Q = \frac{V_2}{V_1 - V_2} \frac{1n(f_1 / f_2)}{\pi} \quad (19)$$

در رابطه ۱۸ فرض شده است که Q در محدوده بسامدهای VSP مستقل از بسامد است. همچنین فرض شده است که تفاوت سرعت به واسطه پاشش بوده و جمله دوم سمت راست در مقایسه با جمله اول (یک)، کوچک فرض شده است. با توجه به رابطه ۱۸ اگر درصد تفاوت بین سرعت های V_1 و V_2 در حدود ۵٪ باشد ($-5\% < \Delta V < +5\%$) باشد مقدار Q از مقادیر بزرگ منفی (غیر قابل قبول) به مقادیر بزرگ مثبت در تغییر است. در نتیجه مقادیر معنی دار فقط برای تفاوت سرعت های بیش از ۵٪ (مقادیر Q کوچک) معتبر است (دو همکاران، ۱۹۹۴).

د- روش تصحیح زمان تاخیر

استوارت و همکاران (۱۹۸۴) رابطه زیر را برای تعیین Q به کار بردند.

$$t_{delay} = \frac{d \ln(\omega_2 / \omega_1)}{V(\omega_2) \pi Q} \quad (20)$$

که با توجه به آن می توان Q را به صورت زیر نوشت:

$$Q = \frac{t_p \ln(\omega_2 / \omega_1)}{\pi t_{delay}} \quad (21)$$

که در آنها، t_{delay} تفاوت بین زمان گذر لرزه ای و زمان به دست آمده از داده های چاه پیمایی، d مسافت، $V(\omega_2)$ سرعت از داده های چاه پیمایی، ω_1 بسامد گوشه باند لرزه ای و ω_2 بسامد غالب به دست آمده از داده های چاه پیمایی است.

۴ روش معادله تجربی

واترز (۱۹۸۱) رابطه ای تجربی بین Q_p اندازه گیری شده و سرعت موج P به دست آورد.

میدان پارس جنوبی در حدود ۱۰۵ کیلومتری بندر عسلویه در خلیج فارس واقع شده است و با کشور قطر مشترک است (این میدان در قطر گنبد شمالی نام دارد). سنگ مخزن این میدان در بردارنده سازندهای کنگان و دالان است. در نواحی زاگرس چین خورده و در بخش وسیعی از خلیج فارس سازند دالان، اصلی‌ترین سازند کربناته این میدان است. سازند کنگان شامل دو بخش کنگان K₁ و کنگان K₂ است. سازند دالان به قسمت‌های دالان بالایی (K₃, K₄)، و دالان پایینی (K₅) تقسیم شده است و در جدول ۱ وضعیت هر یک از این سازندها آورده شده است.

$$V_S = -0.05509 V_P^2 + 1.0168 V_P - 1.0305$$

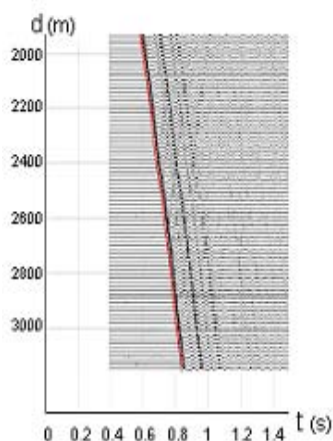
$$V_S = 0.583 V_P - 0.07776 \quad (26)$$

با توجه به اینکه یکی از کاربردهای Vp/Vs، کسب اطلاعات از خواص سنگ است، نسبت Vp/Vs، نشانگری مناسب برای شناخت هر چه بهتر نوع سنگ همچنین Vp/Vs ابزار مناسبی برای تشخیص نوع شماره در سنگ است. در این تحقیق نسبت Vp/Vs برای مقایسه با نمودارهای Qp و Qs محاسبه شده است

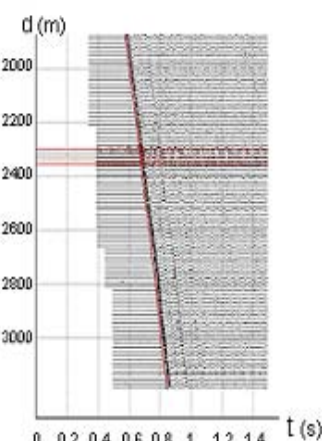
۶ منطقه مورد بررسی

جدول ۱. جنس سنگ‌های سازندهای کنگان و دالان شامل بخش‌های K1, K2, K3, K4 (عالی و همکاران ۲۰۰۶).

Formation		Lithology
Kangan	Kangan Mbr.	Shale Dolomite + Anhydrite Anhydrite + Dolomite
	K1	
	K2	Dolomite Limestone
U-Dalan	K3	Shale Anhydrite + Dolomite Anhydrite
	K4	Dolomite Limestone Anhydrite + Dolomite



(ب)

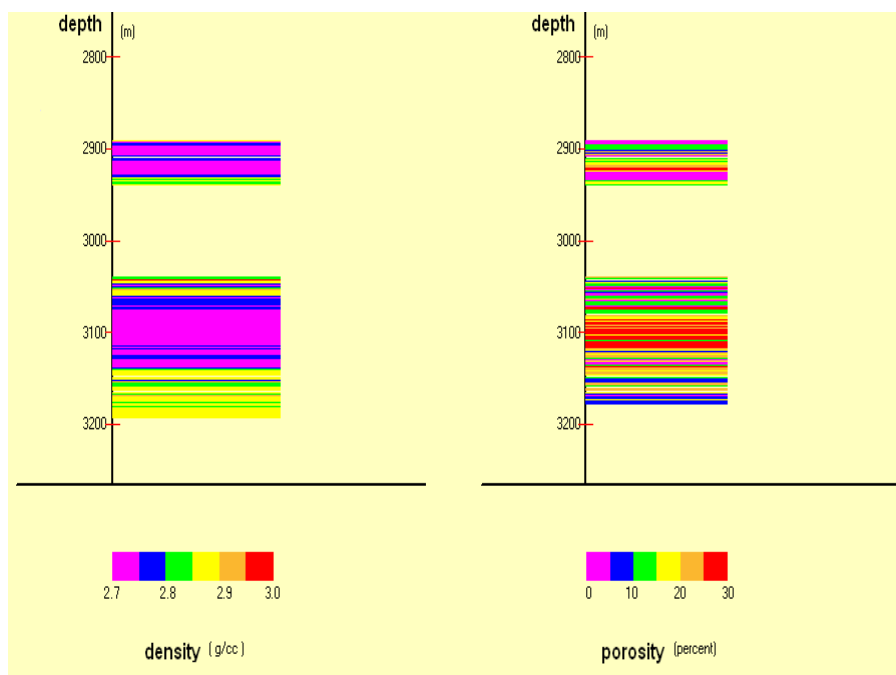


(الف)

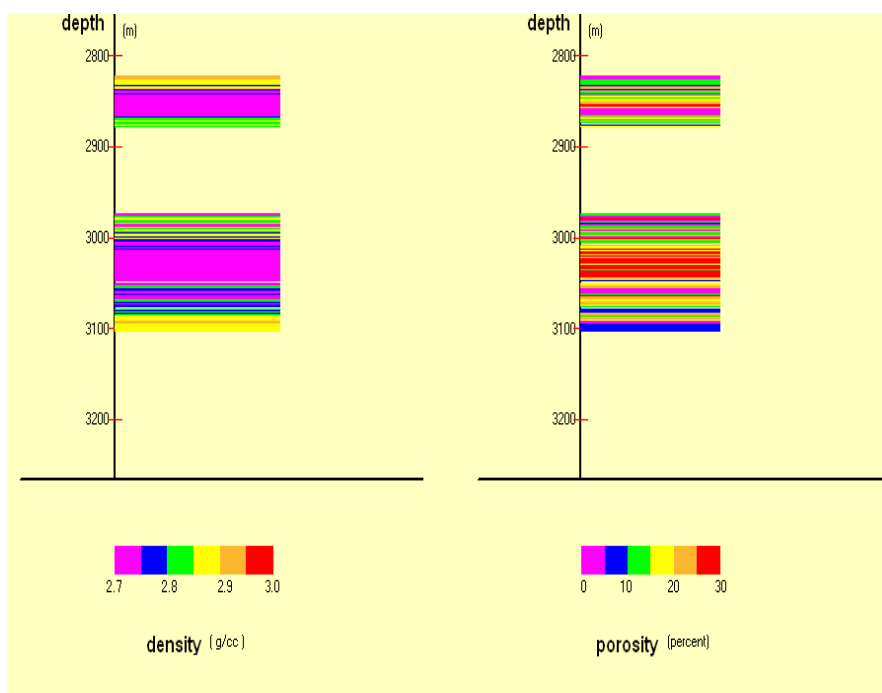
شکل ۱. لرزه‌نگاشت VSP: (الف) چاه ۱ و (ب) چاه ۲.

نمودارهای Qs برحسب عمق آورده شده‌اند. روند تغییرات Qs و Qp در این دو چاه نسبتاً شبیه هم هستند. مقادیر کوچک به دست آمده برای Q نشان‌دهنده کاهیدگی زیاد در دو زون گازی مورد بررسی است. با توجه به مقادیر به دست آمده، می‌توان مشخص کرد که در کدام عمق، کاهیدگی بیشتر است. برای چاه ۱ در سازند کنگان، کمترین و بیشترین مقدار Qp به ترتیب ۲ و ۱۷ و در سازند دالان، کمترین و بیشترین مقدار Qp به ترتیب ۱ و ۲۵ به دست آمد. برای چاه ۲ کمترین مقدار Qp در سازند کنگان ۲ و بیشترین آن ۱۶ به دست آمد. کمترین و بیشترین مقدار Qp در سازند دالان به ترتیب ۱ و ۲۳ هستند. با توجه به اینکه مقادیر Qp در مورد هر دو سازند کنگان و دالان نسبتاً کوچک هستند، شاخص تعیین‌کننده‌ای برای محیطی با جذب بالا که بتواند مؤید وجود هیدروکربورهای گازی در نواحی مورد بررسی باشد، مشخص شده است.

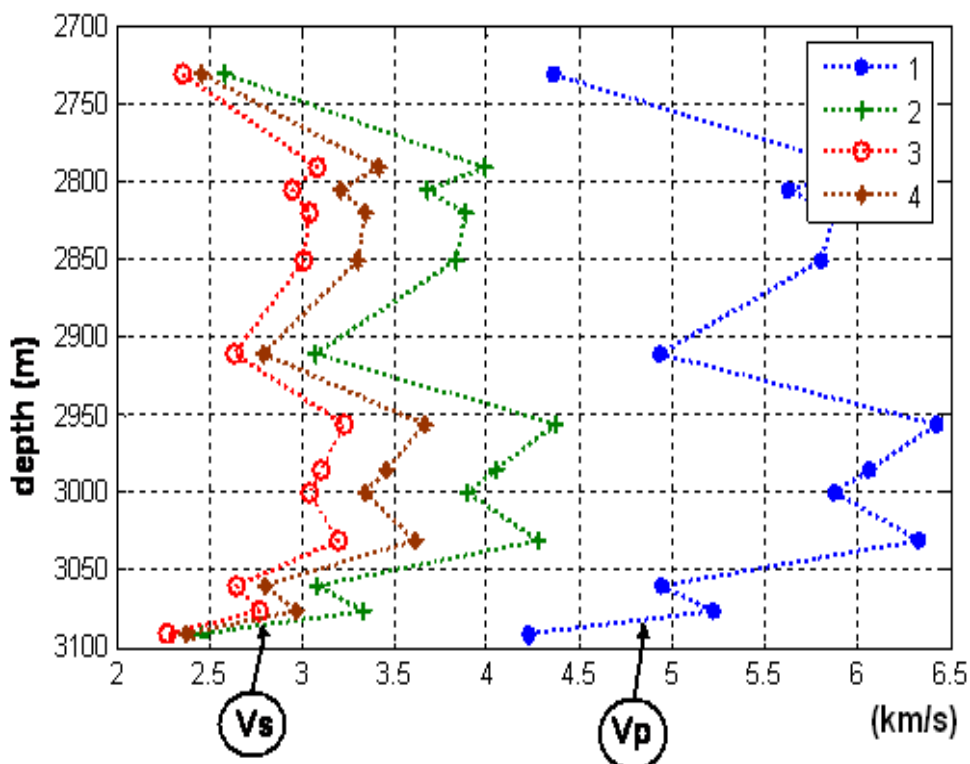
۷ برآورد فاکتور کیفیت و مقایسه آن با نسبت Vp/Vs و ضریب پواسون در منطقه مورد بررسی
برای دو چاه اکتشافی در محدوده عمق‌های ۲۷۰۰ تا ۳۱۰۰ متر با استفاده از داده‌های VSP با دورافت کم، مقادیر دامنه اولین رسیده‌ها برای چند عمق متفاوت، تعیین و زمان‌های انتشار متناظر اندازه‌گیری شد. در نهایت با استفاده از داده‌های VSP و به کمک روش نسبت طیفی، Q برآورد شد. در شکل ۱، لرزه‌نگاشت‌های VSP دو چاه اکتشافی آورده شده است. با استفاده از نسبت دامنه‌های بیشینه تعیین شده در عمق‌های متفاوت و همچنین با تعیین تفاوت زمان‌های رسید، مقادیر Q با رابطه ۱۲ به دست آمده است. همچنین تغییرات چگالی، تخلخل و سرعت نسبت به عمق تعیین شده‌اند. در شکل‌های ۲ و ۳ نمودارهای چگالی و تخلخل محاسبه شده است. شکل‌های ۴ و ۵ نمودارهای سرعت‌های تراکمی و برشی را نسبت به عمق برای چاه‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهند. سرعت‌های برشی با استفاده از روابط ۲۴ تا ۲۶ به دست آمده‌اند. در شکل‌های ۶ و ۷ نمودارهای Qp و



شکل ۲. نمودارهای چگالی و تخلخل برای چاه ۱.



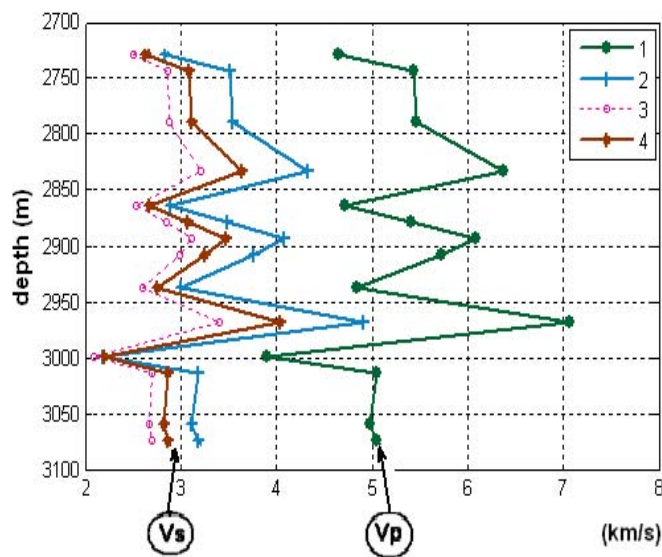
شکل ۳. نمودارهای چگالی و تخلخل برای چاه ۲.



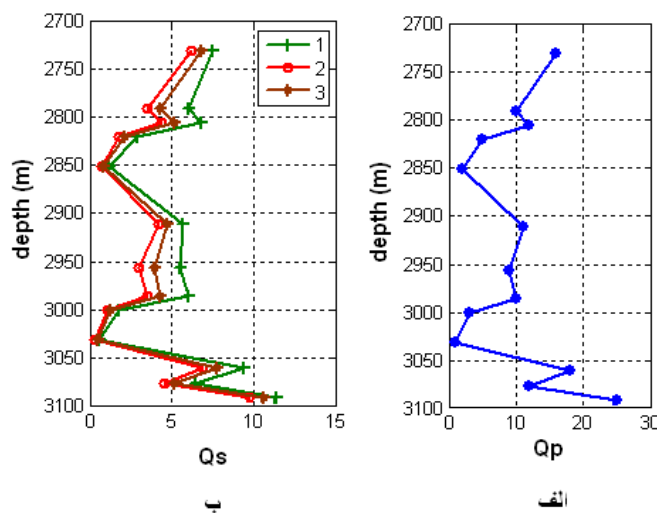
شکل ۴. نمودارهای V_p و V_s برای چاه ۱ نسبت به عمق. V_s : نمودار (۲) برای گِل‌سنگ اشباع شده با استفاده از رابطه (۲۴)، نمودار (۳) برای سنگ آهک با استفاده از رابطه (۲۵) و نمودار (۴) برای دولومیت با استفاده از رابطه (۲۶).

صادق است، روند متفاوتی را نشان می‌دهد (شکل‌های ۸-ب، ۹-ب). با توجه به اینکه در چاه‌های ۱ و ۲ سنگ مخزن دولومیت با گاز اشباع شده، و نسبت V_p/V_s از رابطه (۲۶) به دست می‌آید و در مقایسه با رابطه ۲۴ که برای گِل‌سنگ‌های اشباع شده به کار می‌رود، مطابقت دارد. در این منطقه سنگ مخزن دولومیت غالب است و به همین دلیل رابطه ۲۵ که برای سنگ آهک صادق است رفتاری متفاوت از خود نشان می‌دهد.

در این تحقیق، همچنین نسبت V_p/V_s با استفاده از روابط ۲۴ تا ۲۶ که برای تعیین V_s مطرح شدند به دست آمد. پس از مشخص نمودن سرعت موج تراکمی مقادیر سرعت موج برشی با استفاده از روابط موجود محاسبه شد. شکل‌های ۸ و ۹ روند تغییرات V_p/V_s را بر حسب عمق برای چاه‌های ۱ و ۲ نشان می‌دهند. نتایج به دست آمده روند مشابهی را برای روابط ۲۴ و ۲۶ نشان می‌دهد (شکل‌های ۸-الف، ۹-الف، شکل‌های ۸-ج، ۹-ج). اما نتایج به دست آمده از رابطه ۲۵ که برای سنگ آهک



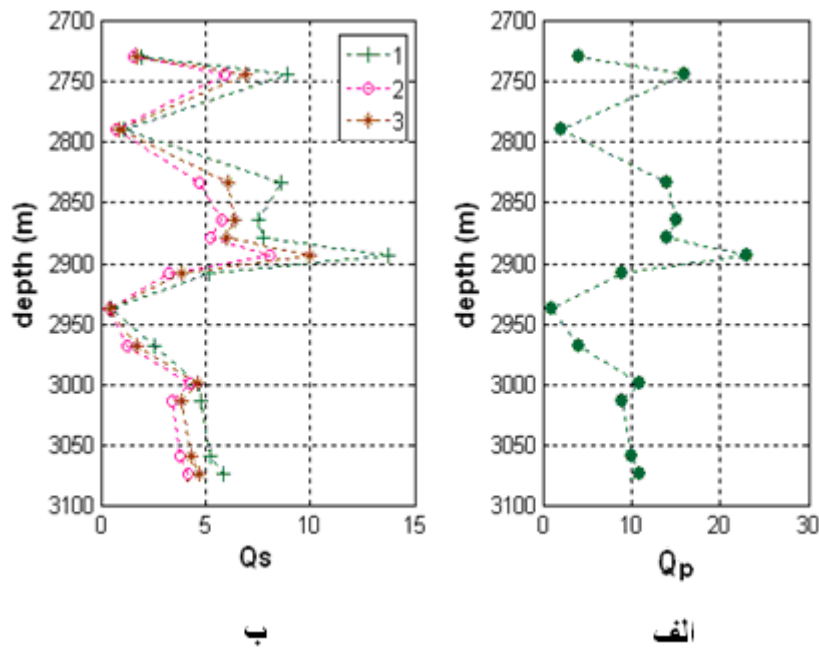
شکل ۵. نمودارهای V_p و V_s برای چاه ۲ نسبت به عمق. V_s : نمودار (۲) برای گِل‌سنگ اشباع شده با استفاده از رابطه (۲۴)، نمودار (۳) برای سنگ آهک با استفاده از رابطه (۲۵) و نمودار (۴) برای دولومیت با استفاده از رابطه (۲۶).



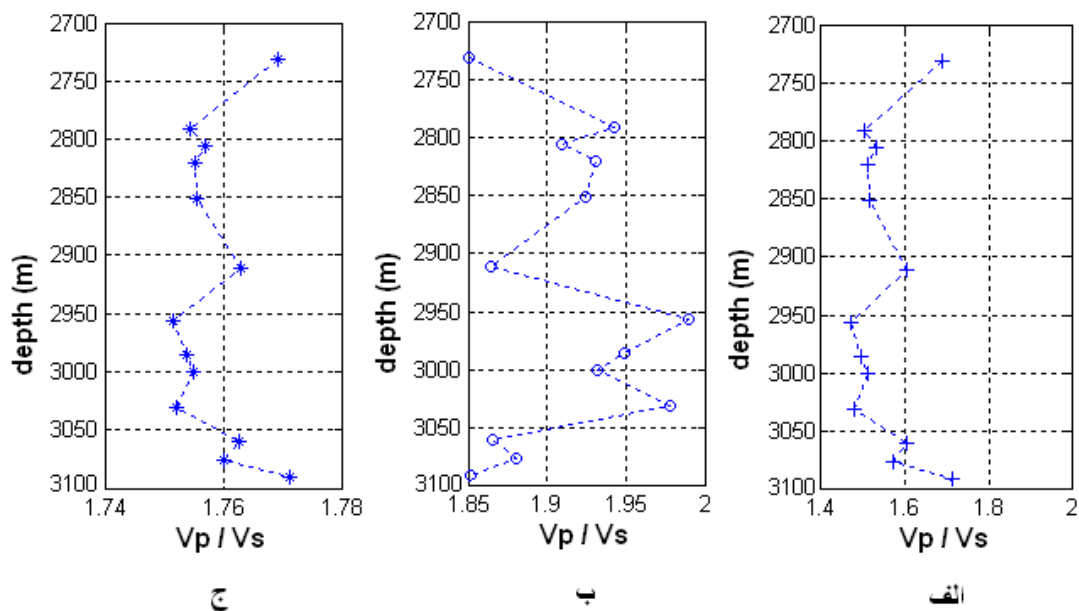
شکل ۶. نمودارهای Q_p و Q_s برای چاه ۱ نسبت به عمق: الف- Q_p و ب- Q_s (۱) برای گِل‌سنگ اشباع شده، (۲) برای سنگ آهک و (۳) برای دولومیت.

واضح‌تر از چاه ۲ مشاهده می‌شود، این مسئله می‌تواند مؤید وجود گاز در نواحی مورد بررسی باشد. به بیان دیگر مقادیر به‌دست آمده برای Q_p و Q_s در ناحیه مورد نظر کوچک‌اند که این نشان دهنده محیطی با کاهیدگی زیاد است.

با مقایسه مقادیر Q_p در شکل‌های ۶-الف و ۷-الف با V_p/V_s در شکل‌های ۸-الف، ۹-الف و ۸-ج، ۹-ج، مشاهده می‌شود در بخش‌هایی که Q_p کوچک است، نسبت V_p/V_s به‌دست آمده نیز کوچک است و روند مشابهی بین تغییرات این دو کمیت که برای چاه ۱



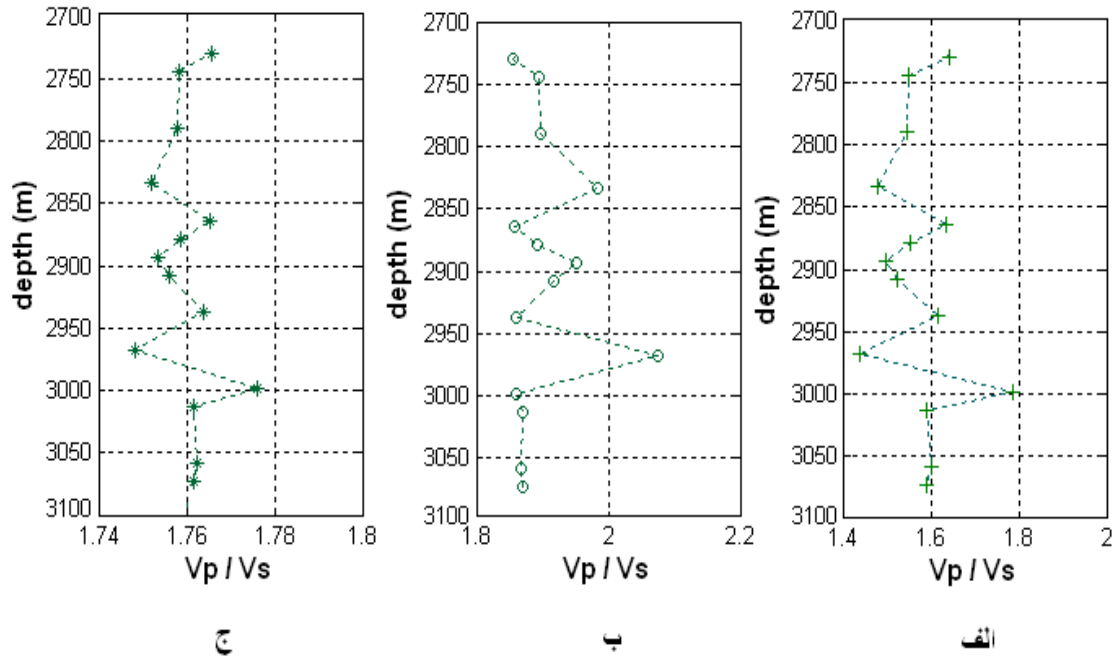
شکل ۷. نمودارهای Q_p و Q_s برای چاه ۲ نسبت به عمق: الف- Q_p و ب- Q_s برای گِل‌سنگ اشباع شده، (۲) برای سنگ آهک و (۳) برای دولومیت.



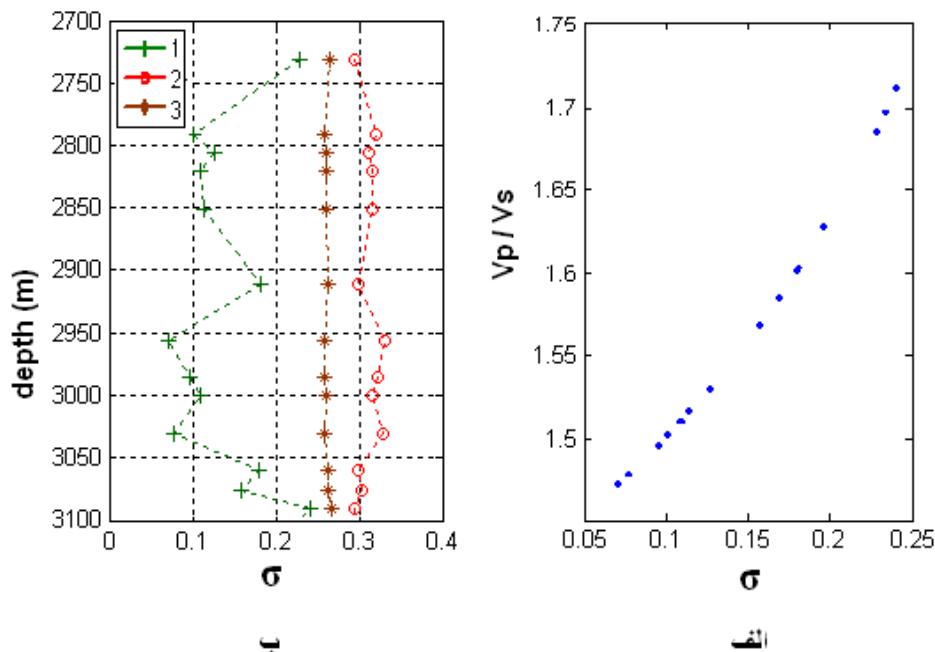
شکل ۸. نمودارهای V_p/V_s نسبت به عمق برای چاه ۱: (الف) برای گِل‌سنگ اشباع شده، (ب) برای سنگ آهک و (ج) برای دولومیت.

الف و ۱۱-الف رسم شده‌اند. در شکل‌های ۱۰-ب و ۱۱-ب تغییرات ضریب پواسون نسبت به عمق رسم شده‌اند. با مقایسه شکل‌های ۸ و ۹ با شکل‌های ۱۰-ب و ۱۱-ب تغییرات مشابهی مشاهده می‌شود.

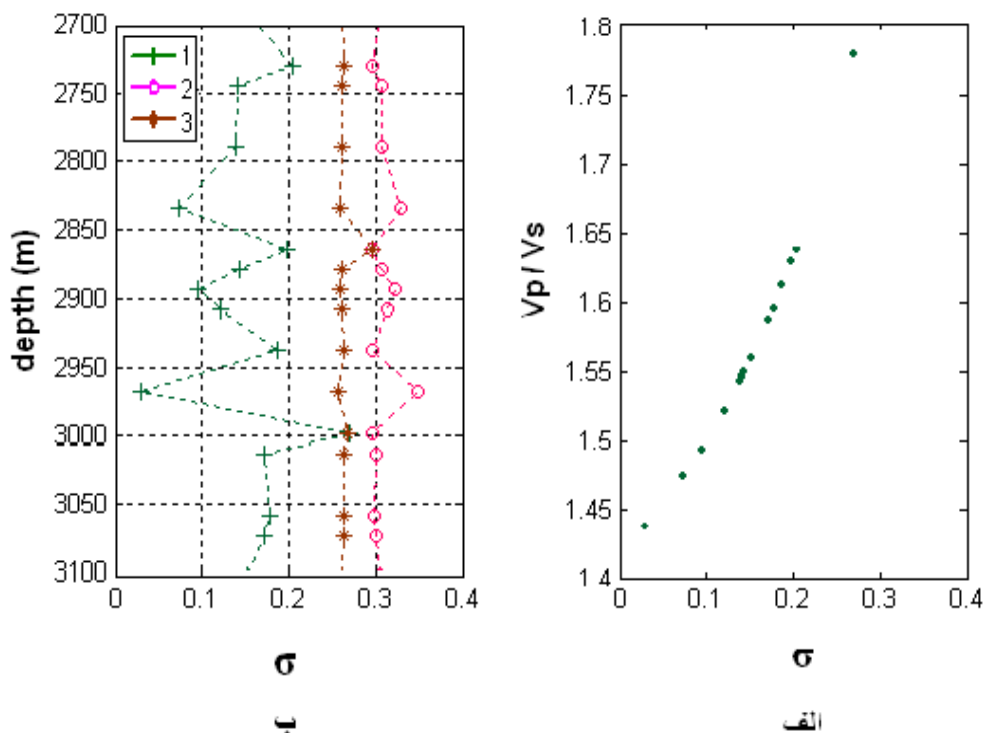
با توجه به اینکه ضریب پواسون را نیز می‌توان در نقش شاخصی برای تشخیص هیدروکربور در نظر گرفت، در این تحقیق با توجه به سرعت‌های به‌دست آمده، تغییرات این ضریب با نسبت V_p/V_s در شکل‌های ۱۰-۱۱



شکل ۹. نمودارهای V_p/V_s نسبت به عمق برای چاه ۲: (الف) برای گِل‌سنگ اشباع شده، (ب) برای سنگ آهک و (ج) برای دولومیت.



شکل ۱۰. نمودارهای: (الف) نسبت σ به V_p/V_s و (ب) نسبت σ به عمق برای چاه ۱: (۱) برای گِل‌سنگ اشباع شده، (۲) برای سنگ آهک و (۳) برای دولومیت



شکل ۱۱. نمودارهای: (الف) نسبت σ به V_p/V_s و (ب) نسبت σ به عمق برای چاه ۲. (۱) برای گِل‌سنگ اشیاع شده، (۲) برای سنگ آهک و (۳) برای دولومیت.

۸ نتیجه گیری

نتایج به دست آمده در این تحقیق به شرح زیر خلاصه می‌شود:

۱- مقادیر به دست آمده Q کوچک‌تر از ۲۵، نشان‌دهنده محیطی با کاهیدگی زیاد است، این مقادیر کوچک می‌توانند مؤید وجود هیدروکربورهای گازی باشند.

۲- از آنجا که V_p/V_s یک شاخص مناسب برای تشخیص شماره است، در این تحقیق، تغییرات Q و V_p/V_s نسبت به عمق بررسی شد. در منطقه مورد بررسی، بین نمودارهای Q و V_p/V_s برحسب عمق تشابه نسبتاً خوبی دیده می‌شود.

۳- در ضمن ضریب پواسون به عنوان شاخص خوبی برای مقایسه با تغییرات فاکتور کیفیت به کار گرفته شده است.

منابع

محمدنیا، م.، و رضایی، م.ر.، ۱۳۸۲، برآورد سرعت امواج برشی با استفاده از نمودارهای پتروفیزیکی و تطابق آن با نتایج آزمایشگاهی، در یکی از مخازن کربناته ایران، مجله علوم دانشگاه تهران، ۲۹، (۱) و ۱۸۶-۱۶۱.

Aali, J., Rahimpour-Bonab, H., and Kamali, M.R., 2006, Geochemistry and origin of the world's largest gas field from Persian Gulf, Iran: Journal of Petroleum Science and Engineering, **50**, 161-175.

Castagna, J.P., Batzle, M.L., and Eastwood, R.L., 1985, Relationships between compressional wave and shear-wave velocities in clastic silicate rocks: Geophysics, **50**, 571-581.

Castagna, J.P., Batzle, M.L., and Kan, T.K., 1993, Rock physics-The link between rock properties and AVO response, SEG, 124-157.

Chopra, S., and Alexeev, V., 2004, A new approach to enhancement of frequency bandwidth of surface seismic data: First Break, **22**, 31-42.

- De, G. S., Winterstein, D.F., and Meadows, M.A., 1994, Comparison of P- and S-wave velocities and Q's from VSP and sonic log data: *Geophysics*, **59**, 1512-1529.
- Haase, A., and Stewart, R., 2004, Attenuation (Q) from VSP and Log Data, Ross Lake, Saskatchewan, CSEG National Convention, 1-4.
- Haase, A., and Stewart, R., 2005, Estimating seismic attenuation (Q) by an analytical signal method, CSEG National Convention, 359-362.
- Hamada, G.M., 2004, Reservoir fluids identification using Vp/Vs ratio: *Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP*, **59**, (6), 649-654.
- Mateeva, A., 2003, Distortions in VSP spectral ratios caused by thin horizontal layering, CWP-441P.
- Prasad, M., Zimmer, M.A., Berge, P.A., and Bonner, B.P., 2004, Laboratory measurements of velocity and attenuation in sediments, SEG, Tulsa.
- Shaw, F., Worthington, M., Handersen, M.S., and Petersen, U.K., 2004, A study of seismic attenuation in basalt using VSP data from a Faroe Islands borehole, EAGE 66th Conference & Exhibition, 1-4.
- Schön, J.H., 1996, *Seismic exploration*, V. 18, Physical properties of rocks, Pergamon Press.
- Stewart, R.R., Huddleston, P.D., and Kong Kan, T., 1984, Seismic versus sonic velocities: A vertical seismic profiling study: *Geophysics*, **49**, 1153-1168.
- Taner, M.T., Koehler, F., and Sheriff, R.E., 1979, Complex seismic trace analysis: *Geophysics*, **44**, 1041-1063.
- Tonn, R., 1991, The determination of seismic quality factor Q from VSP data: A comparison of different computational methods: *Geophysical Prospecting*, **39**, 1-27.
- Udias, A., 1999, *Principles of seismology*, Cambridge University Press.
- Waters, K. H., 1981, *Reflection seismology*, John Wiley and Sons, Inc.