



ترازبندی بارگذاری موج برای طراحی و ارزیابی سکوهای منطقه پارس جنوبی

امیرحسین ایزدپرست، کارشناس ارشد سازه‌های دریایی، دانشگاه تهران*

محمد صادق معرفت، دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران**

* تلفن: ۲۲۳۷۳۷۶۹، پست الکترونیکی: amirizadparast@yahoo.com

** تلفن: ۶۱۱۱۲۲۷۳، پست الکترونیکی: mmarefat@ut.ac.ir

چکیده:

برای طراحی و ارزیابی سکوهای ثابت فلزی، عموماً، دو تراز بارگذاری برای شرایط دریا تعریف می‌شود: تراز طراحی و تراز حد نهایی. در این مطالعه، این دو تراز برای طراحی سکوها در منطقه پارس جنوبی تعیین شده است. ارتفاع موج متناظر با ظرفیت میانه در تراز بارگذاری حد نهایی با استفاده از آنالیز ریسک بدست آمده است. برای این منظور احتمال خرابی به برش پایه مربوط شده و رابطه بین برش پایه و ارتفاع موج بدست آمده است. با تخمین مقاومت ذخیره موجود در سکوهاى مختلف، بارگذاری تراز طراحی نسبت به بارگذاری تراز حد نهایی مقایسه شده است.

کلید واژه‌ها: سکوی ثابت فلزی، بارگذاری‌های دریا، تراز حد نهایی، تراز طراحی، منطقه پارس جنوبی.

(۱) مقدمه

یکی از عوامل تعیین کننده در طراحی سکوهای دریایی، بارگذاری موج دریاست. در سالیان اخیر، در مورد ترازبندی بارهای دریا پیشرفت‌هایی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به ترازبندی بارهای دریا برای خلیج مکزیک در آیین‌نامه *API - RP2A* [۱،۲] و همچنین ترازبندی بارهای دریا برای طراحی و ارزیابی سکوها توسط شرکت نفت مکزیک اشاره کرد [۳].

بطور معمول، برای طراحی و ارزیابی سکوهای ثابت فلزی دو تراز بارگذاری دریا تعریف می‌شود که عبارتند از: تراز طراحی و تراز حد نهایی [۳،۴]. تراز بارگذاری طراحی به منظور کنترل مقاومت جزئی اعضا تعریف شده است. در حقیقت در این تراز تنش‌های بوجود آمده در اعضاء با مقادیر مجاز آیین‌نامه ای کنترل می‌شود. تراز حد نهایی به منظور کنترل رفتار کلی و فرو ریزش سازه مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای تعیین ترازهای بارگذاری ابتدا باید توزیع احتمالاتی ارتفاع موج حداکثر سالانه به عنوان پدیده غالب تعیین شود.

برای این منظور از نتایج تحقیقات ارائه شده در [۵] در مورد شرایط دریا در منطقه پارس جنوبی استفاده شده است.

هدف این تحقیق تعیین ترازهای بارگذاری طراحی و حد نهایی برای منطقه پارس جنوبی می باشد. برای این منظور ابتدا سطح خطر سکوها بر اساس ایده آیین نامه $API-RP2A$ [۱،۲] به سه دسته تقسیم شده و سپس برای هر دسته ریسک قابل قبول با استفاده از مقادیر مجاز آیین نامه های دریایی پیشنهاد شده است. تراز بارگذاری حد نهایی با استفاده از آنالیز قابلیت اطمینان در طراحی سازه ها تعیین شده است. تراز طراحی با تخمین مقاومت ذخیره موجود در سکوها نسبت به تراز حد نهایی تعریف شده است.

۲) ریسک قابل قبول و قابلیت اطمینان هدف برای سطوح خطر مختلف

آیین نامه های متعددی در کارهای دریایی وجود دارد که ریسک قابل قبول برای سازه های فراساحل را مشخص می کنند. از جمله این آیین نامه ها می توان به آیین نامه $CSA(1989)$ کانادا، آیین نامه $Eurocode1(1993)$ ، آیین نامه و تحقیقات DNV ، آیین نامه NKB و آیین نامه $API-RP2A$ اشاره کرد.

بطور معمول در این آیین نامه ها ریسک قابل قبول برای سه سطح خطر بیان می شود: سازه با خطر بالا، سازه با خطر متوسط و سازه با خطر کم. علاوه بر دسته بندی خطر، رفتار سازه نیز در تعیین ریسک قابل قبول مؤثر است. آیین نامه های $API-RP2A$ و CSA و همچنین Bea در مرجع [۳] سکوهای ثابت فلزی را سازه های شکل پذیر و دارای مقاومت ذخیره می دانند و ضوابط آنها بر این اساس پایه گذاری شده است. با توجه به ایده این مراجع و نتایج تحقیقات انجام شده در مرجع [۶]، در این تحقیق نیز سکوهای ثابت فلزی، سازه هایی شکل پذیر و دارای مقاومت ذخیره در نظر گرفته شده اند.

برای سازه با رفتار مشخص، به عنوان مثال سازه شکل پذیر و دارای مقاومت ذخیره، مقادیر ریسک قابل قبول آیین نامه ها به هم نزدیک می باشد. با توجه به مقادیر توصیه شده در آیین نامه های ذکر شده خصوصاً آیین نامه $API-RP2A$ ، مقادیر ریسک قابل قبول پیشنهادی در این تحقیق در جدول ۱ آورده شده است. جدول ۱ بر اساس دسته بندی آیین نامه $API-RP2A$ تهیه شده و ریسک قابل قبول و قابلیت اطمینان هدف به ترتیب با $P_{ftarget}$ و β_{target} در آن نشان داده شده است. [۲،۱]. در جدول ۱، L_1 با سکو با سطح خطر پایین، L_2 با سکو با سطح خطر متوسط و L_3 با سکو با سطح خطر بالا متناظرند. در این جدول منظور از New سکوهای جدید و Existing سکوهای موجود می باشد. تنها تفاوت مقادیر جدول ۱ با مقادیر $API-RP2A$ در سکوهای سطح L_3 می باشد. آیین نامه $API-RP2A$ اجرای سکوهای سطح L_3 را تنها تا عمق ۳۰ متر مجاز می داند حال آنکه عمق آب در منطقه پارس جنوبی بیش از ۶۰ متر می باشد. با توجه به این موضوع،

ریسک قابل قبول برای عمق بیش از ۶۰ متر از آیین‌نامه‌های *DNV*، *NKB* و مرجع [۳] اقتباس شده است. باید اضافه نمود که در هر حال قابلیت اطمینان هدف یا ریسک قابل قبول باید توسط کارفرما تأیید شود.

جدول ۱: مقادیر پیشنهادی ریسک قابل قبول بر اساس دسته بندی سکوها .

Level	New		Existing	
	$P_{f\text{target}}$	b_{target}	$P_{f\text{target}}$	b_{target}
L1	5.0E-05	3.89	1.0E-04	3.70
L2	2.0E-04	3.54	4.0E-04	3.35
L3	1.0E-03	3.09	2.0E-03	2.88

۳) تعیین بارگذاری تراز حد نهایی منطقه پارس جنوبی

برای تعیین بارگذاری تراز حد نهایی در این تحقیق از آنالیز قابلیت اطمینان استفاده شده است. نتایج مطالعات انجام شده توسط *Sigurdsson (1994)* و *Dalane (1993)* بر سکوهایی با شرایط سازه ای متنوع و با عمق نزدیک ۷۰ متر، حاکی از آن است که ظرفیت نهایی سکوها را می توان بصورت مستقیم به برش پایه کل سازه وابسته دانست [۷]. با توجه به نتایج این تحقیقات و توجه به عمق آب منطقه پارس جنوبی که در حدود ۷۰ متر می باشد، می توان ظرفیت نهایی سکوهایی این منطقه را به برش پایه کل وابسته دانست.

۱-۳) تعریف احتمال خرابی بر اساس برش پایه

با مربوط دانستن ظرفیت نهایی سازه به برش پایه و با استفاده از آنالیز قابلیت اطمینان بر پایه نیرو، می توان احتمال خرابی برای تراز نهایی را بر اساس رابطه بین برش پایه نیاز و برش پایه ظرفیت به صورت رابطه (۱) بیان کرد [۴].

$$P_f = P(BS_{demand} > BS_{capacity}) \quad (1)$$

در رابطه (۱)، برش پایه ظرفیت، $BS_{capacity}$ ، و برش پایه نیاز، BS_{demand} ، متغیر تصادفی می باشند. $BS_{capacity}$ به صورت متغیر تصادفی با توزیع لگاریتمی نرمال و با میانه مساوی $BS_{cap,med}$ و ضریب تغییرات، COV ، مساوی V_{BScap} در نظر گرفته شده است. برای طراحی سکوهایی جدید مساوی ۰/۱۵ و برای سازه‌های موجود به علت عدم قطعیت بیشتر در تعیین ظرفیت آنها مساوی ۰/۲۰ در نظر گرفته شده است [۳].

از سوی دیگر، رابطه بین برش پایه حداکثر سالانه نیاز با ارتفاع موج حداکثر سالانه، بصورت رابطه توانی (۲) تعریف شده است [۴].

$$BS = CH^\alpha \Gamma \quad (2)$$

در رابطه (۲)، C و α ضرایب ثابت معین می‌باشند. این دو ضریب روند تغییرات برش پایه برحسب ارتفاع موج را تعیین می‌کنند. پارامتر Γ ضریبی برای وارد کردن عدم قطعیت موجود در تخمین برش پایه از ارتفاع موج با استفاده از ضرایب C و α است. Γ به صورت متغیر تصادفی با توزیع لگاریتمی نرمال با میانه مساوی $1/0$ و ضریب تغییرات مساوی $0/1$ در نظر گرفته شده است [۴]. پارامتر α می‌تواند عددی بین یک تا دو را اختیار کند. $\alpha = 1$ نشان دهنده حاکم بودن نیروی اینرسی و $\alpha = 2$ نشان دهنده حاکم بودن نیروی رانش است [۴]. با توجه به لاغر بودن اعضا و مشبک بودن سکوها، ثابت فلزی مقدار α برای این سازه‌ها بسیار نزدیک به دو خواهد بود. در این تحقیق با توجه به مطالعات انجام شده در [۵] مقدار α مساوی $1/95$ در نظر گرفته شده است.

۲-۳) تعریف احتمال خرابی برحسب ارتفاع موج

با استفاده از روابط (۱) و (۲) احتمال خرابی را می‌توان بصورت تابعی از ارتفاع موج حداکثر سالانه که در این قسمت با H نمایش داده می‌شود، به صورت رابطه (۳) تعریف کرد [۴].

$$P_f = P\left(H > \left(\frac{BS_{cap}}{C\Gamma}\right)^{1/\alpha}\right) \quad (3)$$

در رابطه (۳)، H ، BS_{cap} و Γ هر سه متغیر تصادفی هستند. با توجه به رابطه (۳) ارتفاع موج ظرفیت، H_{cap} ، به صورت رابطه (۴) تعریف شده است.

$$H_{cap} = \left(\frac{BS_{cap}}{C\Gamma}\right)^{1/\alpha} \quad (4)$$

با تعریف ارائه شده برای H_{cap} ، این متغیر تصادفی وابسته به دو متغیر تصادفی غیر وابسته BS_{cap} و Γ است، که هر دو متغیر تصادفی با توزیع لگاریتمی نرمال می‌باشند که در نتیجه H_{cap} نیز متغیری با توزیع احتمالاتی لگاریتمی نرمال می‌باشد [۴]. با استفاده از تعیین احتمال خرابی به کمک انتگرال گیری داریم [۸]:

$$P_f = \int_0^{+\infty} [1 - F_{H_{max}}(h)] f_{H_{cap}}(h) dh \quad (5)$$

در رابطه (۵)، $F_{H_{max}}(h)$ ، تابع توزیع تجمعی ارتفاع موج حداکثر سالانه و $f_{H_{cap}}(h)$ ، تابع توزیع چگالی احتمال ارتفاع موج ظرفیت می‌باشد.

با مساوی دانستن P_f در رابطه (۵) با ریسک قابل قبول، $P_{f_{target}}$ ، و معلوم بودن توزیع تجمعی ارتفاع موج حداکثر سالانه، و توزیع چگالی احتمالاتی ارتفاع موج ظرفیت، که بصورت تابع لگاریتمی نرمال در نظر گرفته شد، تنها مجهول رابطه (۵) ارتفاع موج ظرفیت میانه، $H_{cap,med}$ ، خواهد بود. برای محاسبه $\lambda_{H_{cap}}$ توسط رابطه (۵) از انتگرال گیری عددی و روش تکرار استفاده شده است. بدین صورت که مقداری برای $\lambda_{H_{cap}}$

فرض شده و مقدار انتگرال محاسبه شده با $P_{ftarget}$ مقایسه شده است. این عمل آنقدر تکرار شده تا دقت مورد نظر تأمین گردیده است.

از توزیع احتمالاتی ارتفاع موج حداکثر سالانه محاسبه شده در مرجع [۵] برای تعیین ارتفاع موج ظرفیت میانه استفاده شده است. در این مرجع به منظور بالا بردن دقت تخمین توزیع، خصوصاً در دنباله توزیع تجمعی، توزیع خطر ارتفاع موج $Haz(hmax)$ ، یک منهای توزیع تجمعی، به صورت زیر بیان شده است:

$$Haz(hmax) = 13795e^{-1.13hmax} \quad \text{For wave height with return period less than 100 years} \quad (6)$$

$$Haz(hmax) = 173044e^{-1.31hmax} \quad \text{For wave height with return period less than 100 years}$$

با توجه به تابع خطر ارتفاع موج حداکثر سالانه و رابطه (۵) ارتفاع موج ظرفیت میانه برای سه سطح خطر در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: ارتفاع موج ظرفیت میانه و اسمی بر حسب دسته بندی سکوها برای سکوهای جدید و سکوهای موجود.

Platforms	Level	P_f	$H_{Cap,med}$ (m)	$H_{Cap,nom}$ (m)
New	L ₁	5.0E-05	17.8	16.2
	L ₂	2.0E-04	16.6	15.1
	L ₃	1.0E-03	15.2	13.9
Existing	L1	1.0E-04	17.9	16.3
	L2	4.0E-04	16.7	15.2
	L3	2.0E-03	15.2	13.8

۳-۳) ارتفاع موج ظرفیت اسمی، $H_{cap,nom}$

بطور معمول در آیین نامه‌ها از ظرفیت اسمی به جای ظرفیت میانه استفاده می شود. به همین علت ارتفاع موج ظرفیت میانه $H_{cap,med}$ به ارتفاع موج ظرفیت اسمی $H_{cap,nom}$ تبدیل شده است. با توجه به تعریف، ضریب انحراف ظرفیت، B_{CU} ، مساوی نسبت برش پایه ظرفیت میانه به برش پایه ظرفیت اسمی است. با توجه به این موضوع و رابطه (۴) $H_{cap,nom}$ به صورت رابطه (۷) تعریف می شود.

$$H_{cap,nom} = \left(\frac{I}{B_{CU}} \times \frac{BS_{cap,med}}{C} \right)^{1/\alpha} \quad (7)$$

با استفاده از تعریف $H_{cap,med}$ که در رابطه (۵) آورده شده است، و همچنین با در نظر گرفتن رابطه (۷) رابطه بین $H_{cap,med}$ و $H_{cap,nom}$ به صورت رابطه (۸) بدست می آید.

$$H_{cap,nom} = \left(\frac{I}{B_{CU}} \right)^{1/\alpha} \times H_{cap,med} \quad (8)$$

علاوه بر ضریب انحراف ظرفیت، در بارگذاری نیز ضریب انحراف وجود دارد که به علت استفاده از بارگذاری بدون ضریب انحراف در بارگذاری هیدرواستاتیک دریا در آیین‌نامه *API-RP2A*، ضریب انحراف بارگذاری، B_L ، مساوی ۱/۰ در نظر گرفته شده است [۳].

B_{CU} نشأت گرفته از دو انحراف در تعیین ظرفیت اعضا و اثر استفاده از تنش تسلیم اسمی به جای تنش تسلیم میانه است [۳]. بنا به توصیه *Bea* در مرجع [۳]، $B_{CU} = 1.2$ در نظر گرفته شده است. با توجه به استفاده از تنش تسلیم میانه در آنالیز حد نهایی سکوه‌های موجود در آیین‌نامه *API-RP2A*، اثر این انحراف در B_{CU} مساوی ۱/۰ در نظر گرفته شده است. در این تحقیق از تنش تسلیم میانه در آنالیز حد نهایی سکوه‌های جدید نیز استفاده شده است. با توجه به آنچه که گفته شد ارتفاع موج ظرفیت اسمی برای سطوح خطر تعریف شده در آیین‌نامه *API-RP2A* در جدول ۲ ستون آخر آورده شده است.

۴) تعیین بار دریا برای تراز طراحی در منطقه پارس جنوبی

با تعیین تراز نهایی، قابلیت اطمینان لازم در طراحی سکو برآورده خواهد شد. نکته حائز اهمیت این است که سکو با مشخصات اعضاء، اتصالات و پی متفاوت قادر به برآورده کردن این قابلیت اطمینان می‌باشد. بدین منظور می‌بایست گزینه‌های متفاوتی از مشخصات سازه ای مورد بررسی قرار گیرد که در نتیجه بررسی رفتار جزئی اعضاء سازه ای در تراز طراحی امری اجتناب ناپذیر می‌باشد.

در این تحقیق تراز طراحی برای سکوه‌های جدید بر اساس مراجع [۴،۳] با استفاده از تخمین نسبت مقاومت نهایی به بار حالت طراحی، ULR ، که نشان دهنده مقاومت ذخیره موجود در سکو است، تعریف شده است. با افزایش بار از سطح طراحی، سازه مدتی به رفتار الاستیک خود ادامه می‌دهد و سپس ضعیف‌ترین حلقه سازه ای که می‌تواند یکی از اعضا یا اتصالات باشد خواهد شکست. شکست اولین عضو باعث فروریزش کامل سازه نخواهد شد و سازه پس از شکست اولین عضو با بازپخش سهم بار آن عضو، به باربری ادامه خواهد داد. با توجه به آنچه گفته شد ULR را می‌توان به صورت رابطه (۹) تعریف کرد [۳].

$$ULR = \frac{BS_{ult}}{BS_{des}} = FMF \times SRF \quad (9)$$

در رابطه (۹) BS_{ult} برش پایه سازه در تراز حد نهایی، BS_{des} برش پایه سازه در تراز طراحی، FMF نسبت برش پایه سازه در تراز شکست اولین عضو به برش پایه طراحی SRF نسبت برش پایه سازه در تراز نهایی به برش پایه تراز شکست اولین عضو می‌باشد.

نسبت FMF ، وابسته به ضریب اطمینان موجود در طراحی اعضا برای بارگذاری دریا و میزان ضریب انحراف در مقاومت اعضا است. بر اساس آیین نامه $API - RP2A$ ضریب ایمنی مربوط به طراحی اعضا تحت بارهای هیدرواستاتیک دریا مساوی $1/25$ و ضریب انحراف موجود در تعیین ظرفیت اعضا مساوی $1/2$ است [۳]. با توجه به این دو عدد نسبت FMF مساوی $1/50$ در نظر گرفته شده است.

برای تعیین SRF سکوها، براساس تعداد پایه به دو دسته سکوهایی دارای چهار پایه و کمتر و سکوهایی دارای شش پایه و بیشتر، و براساس نوع بادبند به سکوهایی با بادبند نوع X و سکوهایی با سایر انواع بادبند تقسیم بندی شده اند. بر اساس مطالعات انجام شده در [۳،۵،۶] مقادیر SRF برای دسته بندی های ذکر شده در جدول ۳ تخمین زده شده است. مقادیر FMF و ULR نیز در جدول ۳ ذکر شده است.

جدول ۳: مقادیر FMF ، SRF و ULR برای سکوهایی با مشخصات مختلف.

Factors	4 legs and less		6 legs and more	
	X Brace	Other Braces	X Brace	Other Braces
FMF	1.50	1.50	1.50	1.50
SRF	1.20	1.10	1.25	1.15
ULR	1.80	1.65	1.88	1.73

با استفاده از روابط (۴) و (۹)، رابطه ULR و ارتفاع موج به صورت رابطه (۹) نوشته شده است.

$$H_{des} = \frac{H_{cap,nom}}{ULR^{1/\alpha}} \quad (10)$$

با توجه به ارتفاع موج ظرفیت اسمی محاسبه شده در قسمت ۳-۳، ارتفاع موج تراز طراحی با استفاده از رابطه (۱۰) محاسبه شده و نتایج در جدول ۴ آورده شده است. بار تراز طراحی سکوهایی موجود با استفاده از مراجع [۳،۹] معادل ۸۵ درصد بار تراز طراحی سازه های جدید در نظر گرفته شده است.

جدول ۴: مقادیر ارتفاع موج تراز طراحی برای طراحی سکوهایی جدید و ارزیابی سکوهایی موجود.

Platform	Level	$H_{Cap,nom}$ (m)	H_{des} (m)			
			4 legs and less		6 legs and more	
			X Brace	Other Braces	X Brace	Other Braces
New	L_1	16.3	12.1	12.6	11.8	12.3
	L_2	15.2	11.2	11.8	11.0	11.5
	L_3	13.9	10.3	10.7	-----	-----
Existing	L_1	16.3	11.1	11.6	10.9	11.3
	L_2	15.2	10.3	10.8	10.1	10.6
	L_3	13.9	9.4	9.9	-----	-----

همانطور که در جدول ۴ قابل مشاهده است، اختلاف ارتفاع موج تراز طراحی سکوه‌های شش پایه و بیشتر و سکوه‌های با چهار پایه و کمتر سبب ایجاد اختلاف قابل توجهی در روند طراحی نخواهد شد. به همین علت می‌توان از بارگذاری تراز طراحی یکسانی برای این دو دسته استفاده کرد و دسته بندی را تنها بر اساس نوع بادبند انجام داد.

۵) جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق ریسک قابل قبول با استفاده از توصیه‌های آیین‌نامه‌های دریایی خصوصاً آیین‌نامه *API-RP2A* پیشنهاد شده است. با استفاده از قابلیت اطمینان در طراحی سازه‌ها و مرتبط دانستن احتمال خرابی به برش پایه و ایجاد رابطه بین برش پایه و ارتفاع موج، ارتفاع موج ظرفیت میانه مربوط به تراز بارگذاری حد نهایی برای منطقه پارس جنوبی بدست آمده است. با وارد کردن ضرایب انحراف ظرفیت به مسئله ارتفاع موج، ظرفیت اسمی مربوط به تراز بارگذاری حد نهایی محاسبه شده است. با تخمین نسبت بارگذاری تراز حد نهایی به بارگذاری تراز طراحی، که نشان دهنده مقاومت ذخیره موجود در سازه است، برای سکو با بادبند و تعداد پایه‌های مختلف بارگذاری تراز طراحی برای منطقه پارس جنوبی بدست آمده است.

۶) مراجع

- [1] American Petroleum Institute 2000. "Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms-Working Stress Design", API-RP2A, Washington DC, 21st Edition.
- [2] American Petroleum Institute, "Section 17: Assessment of Existing Platforms, RP2A-WSD", 20th Edition, Supplement 1, February 1997.
- [3] Bea, R.G., "Criteria for Design and Requalification of Platforms in the Bay of Campeche, Mexico", Journal of Water, Port, Coastal, and Ocean Engineering, Vol. 126, No. 5, 2000.
- [4] Manuel, L., Schmucker, D.G, Cornell, C.A., Carballo, J.E., "A Reliability-Based Design Format for Jacket Platforms under Wave Loads", Journal of Marine Structures, Vol. 11, 1998.
- [5] ایزدپرست، امیر حسین، "طراحی سکوه‌های شابلونی تحت اثر بارگذاری‌های دریا به روش قابلیت اعتماد و سطوح عملکردی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.
- [6] Stewart, G., Moan, T., Amdahl, J., Eide, O.I., "Nonlinear Re-Assessment of Jacket Structures under Extreme Storm Cyclic Loading: Part I- Philosophy and Acceptance Criteria", Proceeding of International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, OMAE 1993.
- [7] DNV, "Guidelines for Offshore Structural Reliability Analysis- Application for Jacket Platforms", DNV Technical Report 95-3203, Det Norske Veritas, 1995.
- [8] Nowak, A.S., and Collins, K.R., "Reliability of Structures", McGraw-Hill, USA, 2000.
- [9] Ward, E.G., Lee, C.G., Botelho, D.L., Ward Turner, J., Dyhrkopp, F., Hall, R.A., "Consequence-Based Criteria for the Gulf of Mexico: Philosophy and Results", Proceeding of 32nd Offshore Technology Conference, OTC 11885, Houston, Texas, 2000.