

DIN EN ISO 19901-2



ICS 75.180.10

Entwurf

Einsprüche bis 2020-04-21
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 19901-2:2018-03

**Erdöl- und Erdgasindustrie –
Spezielle Anforderungen für Offshore-Anlagen –
Teil 2: Seismische Auslegungsverfahren und -kriterien
(ISO/DIS 19901-2:2020);
Englische Fassung prEN ISO 19901-2:2020**

Petroleum and natural gas industries –
Specific requirements for offshore structures –
Part 2: Seismic design procedures and criteria (ISO/DIS 19901-2:2020);
English version prEN ISO 19901-2:2020

Industries du pétrole et du gaz naturel –
Exigences spécifiques relatives aux structures en mer –
Partie 2: Procédures de conception et critères sismiques (ISO/DIS 19901-2:2020);
Version anglaise prEN ISO 19901-2:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-02-21 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an noeg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 70 Seiten

DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 19901-2:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 12 „Materialien, Ausrüstungen und Offshore-Bauwerke für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie“ (Sekretariat: NEN, Niederlande) erarbeitet.

Für Deutschland hat hieran der Arbeitskreis NA 109-00-01-07 AK „Offshore Bauwerke“ im DIN-Normenausschuss Erdöl- und Erdgasgewinnung (NÖG) mitgearbeitet.

Diese Europäische Norm enthält unter Berücksichtigung des DIN-Präsidialbeschlusses 1/2004 nur die englische Originalfassung der ISO-Norm.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 19900	siehe	DIN EN ISO 19900
ISO 19901-3	siehe	DIN EN ISO 19901-3
ISO 19901-8	siehe	DIN EN ISO 19901-8
ISO 19902	siehe	DIN EN ISO 19902
ISO 19903	siehe	DIN EN ISO 19903
ISO 19904	siehe	DIN EN ISO 19904
ISO 19905 (all parts)	siehe	DIN EN ISO 19905 (alle Teile)
ISO 19906	siehe	DIN EN ISO 19906

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 19901-2:2018-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überarbeitung des Unterabschnitts A.6.2.3;
- b) umfangreiche Überarbeitung des Anhangs B;
- c) redaktionelle Überarbeitung.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Begriffe, Symbole und Abkürzungen

Die Benummerung der folgenden Begriffe, Symbole und Abkürzungen ist identisch mit der Benummerung in der englischen Fassung.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 19900 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Erdbeben mit anormaler Stärke

ALE

(en: abnormal level earthquake)

intensives Erdbeben mit anormaler Stärke mit einer geringen Auftretenswahrscheinlichkeit während der Lebensdauer des Bauwerks

Anmerkung 1 zum Begriff: Das ALE-Ereignis ist vergleichbar mit dem anormalen Ereignis in der Auslegung feststehender Bauwerke nach ISO 19902 und ISO 19903.

3.2

Abschwächung

Abklingen seismischer Wellen auf ihrem Laufweg vom Ursprung bis zum betrachteten Standort

3.3

gerichtete Kombination

Kombination von Ansprechwerten aufgrund jeder der drei orthogonalen Komponenten erdbebeninduzierter Bodenbewegungen

3.4

Flucht- und Evakuierungssystem

auf einem Offshore-Bauwerk bereitgestelltes System, das im Notfall die Flucht und Evakuierung ermöglicht

BEISPIEL Gänge, Rutschen, Leitern, Rettungsflöße und Hubschrauberdecks.

3.5

Erdbeben mit extremer Stärke

ELE

(en: extreme level earthquake)

starkes Erdbeben mit einer akzeptablen Auftretenswahrscheinlichkeit während der Lebensdauer des Bauwerks

Anmerkung 1 zum Begriff: Das ELE-Ereignis ist vergleichbar mit dem extremen Umweltereignis in der Auslegung feststehender Bauwerke nach ISO 19902 und ISO 19903.

3.6

Verwerfungsbewegung

Bewegung, die während eines Erdbebens an einer Verwerfung auftritt

3.7

Bodenbewegung

Beschleunigungen, Geschwindigkeiten oder Verschiebungen des Bodens, verursacht durch seismische Wellen, die von Erdbebenquellen ausgehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein feststehendes Offshore-Bauwerk ist in oder auf dem *Meeresgrund* (3.17) gegründet, wodurch nur Bewegungen des Meeresgrundes von Bedeutung sind. Der Begriff Bodenbewegung wird gegenüber Meeresgrundbewegungen für eine einheitliche Terminologie in Zusammenhang mit der seismischen Auslegung von Bauwerken an Land bevorzugt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bodenbewegungen können in einer bestimmten Tiefe oder über ein bestimmtes Gebiet hinaus im Meeresgrund auftreten.

3.8

Verflüssigung

Fließvermögen des Bodens aufgrund des durch Erdbebeneinwirkung unter undrainierten Bedingungen verursachten Anstiegs des Porendrucks

3.9

modale Kombination

Kombination von Ansprechwerten in Zusammenhang mit jedem dynamischen Modus eines Bauwerks

3.10

Schlammvulkan

diapirische Intrusion von plastischem Ton, die das Durchsickern von Gas/Wasser unter hohem Druck verursachen, wodurch Schlamm, Felsfragmente (und gelegentlich Öl) an die Oberfläche getragen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Schlammvulkan erscheint an der Oberfläche als Schlammkegel mit durchgehendem oder unterbrochenem Gasaustritt durch den Schlamm.

3.11

probabilistische seismische Gefährdungsanalyse

PSHA

(en: probabilistic seismic hazard analysis)

Rahmenwerk, das die Identifizierung, Quantifizierung und rationale Kombination von Unsicherheiten bezüglich Stärke, Ort, Wiederholungsrate und Schwankungen der Eigenschaften der *Bodenbewegung* (3.7) eines Erdbebens ermöglicht

3.12

Wahrscheinlichkeit der Überschreitung

Wahrscheinlichkeit, dass eine Variable (oder ein Ereignis) einen festgelegten Bezugswert während einer gegebenen Einwirkzeit überschreitet

BEISPIEL Ein Beispiel für Wahrscheinlichkeiten der Überschreitung während einer gegebenen Einwirkzeit ist die jährliche Wahrscheinlichkeit der Überschreitung eines festgelegten Wertes der Bodenbeschleunigung, -geschwindigkeit oder -verschiebung.

3.13

Antwortspektrum

Funktion, die die maximale elastische Reaktion für Einmassenschwinger mit einem spezifischen Dämpfungsverhältnis bezüglich der absoluten Beschleunigung, Pseudo-Geschwindigkeit oder relativen Verschiebung gegenüber der natürlichen Frequenz oder Periode darstellt

3.14

Sicherheitssystem

auf einem Offshore-Bauwerk bereitgestellte Systeme für das Erkennen, Kontrollieren und Mindern von Gefährdungssituationen

BEISPIEL Gaserkennung, Notabschaltung, Brandschutz sowie zugehörige Regel- und Steuersysteme.

3.15

Meeresboden

Grenzfläche zwischen Meer und *Meeresgrund* (3.17)

3.16

Meeresgrundrutschung

Versagen von Hängen am *Meeresgrund* (3.17)

3.17

Meeresgrund

Materialien unter dem *Meeresboden* (3.15), in denen ein Bauwerk gegründet ist

3.18

seismische Risikokategorie

SRC

(en: seismic risk category)

anhand der Beanspruchungsklasse und der erwarteten Stärke seismischer Bewegungen festgelegte Kategorie

3.19

seismische Gefährdungskurve

Kurve, welche die jährliche *Wahrscheinlichkeit der Überschreitung* (3.12) gegenüber einem Maß der seismischen Stärke darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Maße der seismischen Stärke können Parameter einschließen, wie z. B. Spitzen-Bodenbeschleunigung, *Spektralbeschleunigung* (3.22) oder *Spektralgeschwindigkeit* (3.23).

3.20

seismischer Reservekapazitätsbeiwert

Beiwert, der die Fähigkeit des Bauwerks anzeigt, erdbebenbedingte Bodenbewegungen über die Höhe des *ELE* (3.5) hinaus zu widerstehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der seismische Reservekapazitätsbeiwert ist eine bauwerkspezifische Größe, welche zur Bestimmung der ELE-Beschleunigung aus der *ALE*-Beschleunigung (3.1) verwendet wird.

3.21

standortbezogene Reaktionsanalyse

Wellenausbreitungsanalyse, welche die Beurteilung der Auswirkung von lokalen geologischen und Bodenbedingungen auf die *Bodenbewegungen* (3.7), die sich aus der Tiefe zur Oberfläche bewegen, für einen bestimmten Standort ermöglicht

3.22

Spektralbeschleunigung

maximale absolute Beschleunigungsantwort eines Einmassenschwingers bei Einwirkung von *Bodenbewegungen* (3.7) aufgrund eines Erdbebens

3.23

Spektralgeschwindigkeit

maximale Pseudo-Geschwindigkeitsantwort eines Einmassenschwingers bei Einwirkung von *Bodenbewegungen* (3.7) aufgrund eines Erdbebens

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Pseudo-Geschwindigkeitsspektrum wird durch Einbeziehung des Verschiebungs- oder Beschleunigungsspektrums mit der Kreisfrequenz oder der umgekehrten Frequenz des Oszillators berechnet. Das Pseudospektrum ist entweder relativ oder absolut, abhängig von der Art des berücksichtigten Antwortspektrums.

3.24

Spektralverschiebung

maximale relative Verschiebungsantwort eines Einmassenschwingers bei Einwirkung von *Bodenbewegungen* (3.7) aufgrund eines Erdbebens

3.25

statisches Pushover-Verfahren

statische Pushover-Analyse

Aufbringung und stufenweise Steigerung eines globalen statischen Musters von Einwirkungen auf ein Bauwerk, einschließlich dynamischer Trägheitswirkungen, bis zum Eintreten eines globalen Versagensmechanismus

3.26

Tsunami

lang anhaltende Meereswellen, die durch plötzliche senkrechte Bewegungen des *Meeresbodens* (3.15) verursacht werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die senkrechte Bewegung des Meeresbodens steht oft in Zusammenhang mit einem Verwerfungsbruch während Erdbeben oder mit *Meeresgrundrutschungen* (3.16).

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

a_R	Steigung der seismischen Gefährdungskurve
C_a	Standortkoeffizient, auf den Beschleunigungsanteil eines Antwortspektrums (kurze Zeitdauern) angewendeter Korrekturfaktor
C_c	auf die Spektralbeschleunigung angewendeter Korrekturfaktor zum Ausgleich von Unsicherheiten, die nicht in einer seismischen Gefährdungskurve erfasst werden
C_r	seismischer Reservekapazitätsbeiwert, siehe Gleichung (7) und Gleichung (10)
C_v	Standortkoeffizient, auf den Geschwindigkeitsanteil eines Antwortspektrums (lange Zeitdauern) angewendeter Korrekturfaktor
s_u	undrainierte Scherfestigkeit des Bodens
$\bar{s}_u$	mittlere undrainierte Scherfestigkeit des Bodens im wirksamen Meeresgrund
D	Maßstabsfaktor für Dämpfung
$G_{\max}$	Schermodul des Bodens bei niedriger Amplitude
g	Schwerkraftbeschleunigung
M	Ausmaß eines Erdbebens gemessen an der freigesetzten Energie an dessen Ursprung
N_{ALE}	Maßstabsfaktor für die Umrechnung vom 1 000-Jahre-Beschleunigungsspektrum des Standorts in das ALE-Beschleunigungsspektrum des Standorts
p_a	Atmosphärendruck
P_{ALE}	jährliche Wahrscheinlichkeit der Überschreitung des ALE-Ereignisses
P_e	Wahrscheinlichkeit der Überschreitung
P_{ELE}	jährliche Wahrscheinlichkeit der Überschreitung des ELE-Ereignisses
P_f	Zielwert der jährlichen Versagenswahrscheinlichkeit
q_c	Drucksondierungswiderstand von Sand
q_{cl}	normalisierter Drucksondierungswiderstand von Sand
$\bar{q}_{cl}$	mittlerer normalisierter Drucksondierungswiderstand von Sand im wirksamen Meeresgrund
$S_a(T)$	Spektralbeschleunigung in Zusammenhang mit einer Periode des Einmassenschwingers T
$\bar{S}_a(T)$	mittlere Spektralbeschleunigung in Zusammenhang mit einer Periode des Einmassenschwingers T ; erzielt mit einer PSHA
$S_{a,ALE}(T)$	ALE-Spektralbeschleunigung in Zusammenhang mit einer Periode des Einmassenschwingers T

$\bar{s}_{a,ALE}(T)$	mittlere Spektralbeschleunigung in Zusammenhang mit einer Periode des Einmassenschwingers T ; erzielt mit einer PSHA
$S_{a,ELE}(T)$	ELE-Spektralbeschleunigung in Zusammenhang mit einer Periode des Einmassenschwingers T
$\bar{s}_{a,ELE}(T)$	mittlere ELE-Spektralbeschleunigung in Zusammenhang mit einer Periode des Einmassenschwingers T ; erzielt mit einer PSHA
$S_{a,map}(T)$	Karten entnommene 1 000-Jahre-Spektralbeschleunigung von Oberflächenfels in Zusammenhang mit einer Periode des Einmassenschwingers T
ANMERKUNG Die in Anhang B angegebenen Karten gelten für Schwingerperioden von 0,2 s und 1,0 s.	
$\bar{s}_{a,Pe}(T)$	mittlere Spektralbeschleunigung in Zusammenhang mit einer Wahrscheinlichkeit der Überschreitung P_e und einer Periode des Einmassenschwingers T ; erzielt mit einer PSHA
$\bar{s}_{a,Pe}(T)$	N1 mittlere Spektralbeschleunigung in Zusammenhang mit einem Zielwert der jährlichen Versagenswahrscheinlichkeit P_f und einer Periode des Einmassenschwingers T ; erzielt mit einer PSHA
$S_{a,site}(T)$	standortbezogene Spektralbeschleunigung in Zusammenhang mit einer Wiederkehrperiode von 1 000 Jahren und einer Periode des Einmassenschwingers T
T	natürliche Periode eines einfachen Einmassenschwingers
T_{dom}	dominante Modalperiode des Bauwerks
T_{return}	Wiederkehrperiode
u_i	Code-Nutzung in zeitlicher Verlaufsanalyse i
$\hat{u}$	Median-Code-Nutzung
V_s	Scherwellengeschwindigkeit
$\bar{V}_s$	mittlere Scherwellengeschwindigkeit im wirksamen Meeresgrund
ρ	Bodendichte
η	Prozentsatz kritischer Abschwächung
σ_{LR}	logarithmische Standardabweichung von Unsicherheiten, die nicht in einer seismischen Gefährdungskurve erfasst sind
σ'_{v0}	vertikale wirksame Bodenspannung <i>in situ</i>

N1 Nationale Fußnote: Hier wurde in der Referenzfassung irrtümlicherweise das Symbol aus der vorherigen Zeile übernommen. Das korrekte Symbol ist $\bar{s}_{a,Pf}(T)$.

4.2 Abkürzungen

ALE	Erdbeben mit anormaler Stärke (en: abnormal level earthquake)
ALS	Grenzzustand der Unfallschäden (en: abnormal limit state)
ELE	Erdbeben mit extremer Stärke (en: extreme level earthquake)
L1, L2, L3	Beanspruchungsklasse, abgeleitet entsprechend der für den Typ Offshore-Bauwerk geltenden Internationalen Norm ¹
MOU	bewegliche Offshore-Einheit (en: mobile offshore unit)
PGA	Spitzen-Bodenbeschleunigung (en: peak ground acceleration)
PSHA	probabilistische seismische Gefährdungsanalyse (en: probabilistic seismic hazard analysis)
SRC	seismische Risikokategorie (en: seismic risk category)
TLP	Tension-Leg-Plattform (en: tension leg platform)
ULS	Grenzzustand der Tragfähigkeit (en: ultimate limit state)

¹ Zu den für Typen von Offshore-Bauwerken geltenden Internationalen Normen gehören ISO 19902, ISO 19903, ISO 19904 (alle Teile), ISO 19905 (alle Teile) und ISO 19906.

Nationaler Anhang NB
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 19900, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Allgemeine Anforderungen an Offshore-Bauwerke*

DIN EN ISO 19901-3, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Spezielle Anforderungen an Offshore-Anlagen — Teil 3: Topsides structure*

DIN EN ISO 19901-8, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Spezielle Anforderungen für Offshore-Anlagen — Teil 8: Meeresbodenuntersuchungen*

DIN EN ISO 19902, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Gegründete Stahlplattformen*

DIN EN ISO 19903, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Offshore-Betonkonstruktionen*

DIN EN ISO 19904, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Schwimmende Offshore-Anlagen*

DIN EN ISO 19905 (alle Teile), *Erdöl- und Erdgasindustrie — Beurteilung von mobilen Offshore Einheiten bezüglich ihres Einsatzgebietes*

DIN EN ISO 19906, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Offshore-Bauwerke für den Arktis-Bereich*

Contents

Page

Foreword.....	v
Introduction.....	v
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions.....	2
4 Symbols and abbreviated terms.....	5
4.1 Symbols	5
4.2 Abbreviated terms	6
5 Earthquake hazards.....	7
6 Seismic design principles and methodology.....	7
6.1 Design principles	7
6.2 Seismic design procedures.....	8
6.2.1 General	8
6.2.2 Extreme level earthquake design	9
6.2.3 Abnormal level earthquake design	10
6.3 Spectral acceleration data	11
6.4 Seismic risk category.....	11
6.5 Seismic design requirements	12
6.6 Site investigation	13
7 Simplified seismic action procedure	13
7.1 Soil classification and spectral shape.....	13
7.2 Seismic action procedure	17
8 Detailed seismic action procedure.....	18
8.1 Site-specific seismic hazard assessment.....	18
8.2 Probabilistic seismic hazard analysis	18
8.3 Deterministic seismic hazard analysis	19
8.4 Seismic action procedure	20
8.5 Local site response analyses.....	23
9 Performance requirements	23
9.1 ELE performance.....	23
9.2 ALE performance	24
Annex A (informative) Additional information and guidance.....	26
A.1 Scope	26
A.2 Normative references	26
A.3 Terms and definitions.....	26
A.4 Symbols and abbreviated terms.....	26
A.5 Earthquake hazards.....	26
A.6 Seismic design principles and methodology.....	27
A.6.1 Design principles	27
A.6.2 Seismic design procedures.....	27
A.6.3 Spectral acceleration data.....	28
A.6.4 Seismic risk category.....	29

A.6.5	Seismic design requirements.....	29
A.6.6	Site investigation.....	29
A.7	Simplified seismic action procedure.....	29
A.7.1	Soil classification and spectral shape	29
A.7.2	Seismic action procedure	30
A.8	Detailed seismic action procedure	31
A.8.1	Site-specific seismic hazard assessment	31
A.8.2	Probabilistic seismic hazard analysis.....	31
A.8.3	Deterministic seismic hazard analysis.....	32
A.8.4	Seismic action procedure	32
A.8.5	Local site response analyses	33
A.9	Performance requirements.....	34
Annex B (informative) Simplified action procedure spectral accelerations		35
Annex C (informative) Regional information.....		50
C.1	General.....	50
C.2	Norway	50
C.2.1	Description of region	50
C.2.2	Technical requirements.....	50
C.3	Canada.....	50
C.3.1	Description of region	50
C.3.2	Regulatory framework.....	50
C.3.3	Technical requirements.....	51
Bibliography.....		53

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

The procedures used to develop this document and those intended for its further maintenance are described in the ISO/IEC Directives, Part 1. In particular, the different approval criteria needed for the different types of ISO documents should be noted. This document was drafted in accordance with the editorial rules of the ISO/IEC Directives, Part 2 (see www.iso.org/directives).

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights. Details of any patent rights identified during the development of the document will be in the Introduction and/or on the ISO list of patent declarations received (see www.iso.org/patents).

Any trade name used in this document is information given for the convenience of users and does not constitute an endorsement.

For an explanation of the voluntary nature of standards, the meaning of ISO specific terms and expressions related to conformity assessment, as well as information about ISO's adherence to the World Trade Organization (WTO) principles in the Technical Barriers to Trade (TBT), see www.iso.org/iso/foreword.html.

This document was prepared by Technical Committee [or Project Committee] ISO/TC [or ISO/PC] ###, [name of committee], Subcommittee SC ##, [name of subcommittee].

This second/third/... edition cancels and replaces the first/second/... edition (ISO #####:####), which has been technically revised.

The main changes compared to the previous edition are as follows:

— xxx xxxxxxxx xxx xxxx

A list of all parts in the ISO ##### series can be found on the ISO website.

Any feedback or questions on this document should be directed to the user's national standards body. A complete listing of these bodies can be found at www.iso.org/members.html.

Introduction

The series of International Standards applicable to types of offshore structure, ISO 19900 to ISO 19906, addresses design requirements and assessments of all offshore structures used by the petroleum and natural gas industries worldwide. Through their application, the intention is to achieve reliability levels appropriate for manned and unmanned offshore structures, whatever the type of structure and the nature or combination of the materials used.

It is important to recognize that structural integrity is an overall concept comprising models for describing actions, structural analyses, design or assessment rules, safety elements, workmanship, quality control procedures and national requirements, all of which are mutually dependent. The modification of one aspect of design or assessment in isolation can disturb the balance of reliability inherent in the overall concept or structural system. The implications involved in modifications, therefore, need to be considered in relation to the overall reliability of all offshore structural systems.

The series of International Standards applicable to the various types of offshore structure is intended to provide a wide latitude in the choice of structural configurations, materials and techniques without hindering innovation. Sound engineering judgement is, therefore, necessary in the use of these International Standards.

The overall concept of structural integrity is described above. Some additional considerations apply for seismic design. These include the magnitude and probability of seismic events, the use and importance of the offshore structure, the robustness of the structure under consideration and the allowable damage due to seismic actions with different probabilities. All of these, and any other relevant information, need to be considered in relation to the overall reliability of the structure.

Seismic conditions vary widely around the world, and the design criteria depend primarily on observations of historical seismic events together with consideration of seismotectonics. In many cases, site-specific seismic hazard assessments will be required to complete the design or assessment of a structure.

This document is intended to provide general seismic design procedures for different types of offshore structures, and a framework for the derivation of seismic design criteria. Further requirements are contained within the general requirements standard, ISO 19900, and within the structure-specific standards, ISO 19902, ISO 19903, ISO 19904 and ISO 19906. The consideration of seismic events in connection with mobile offshore units is addressed in ISO 19905.

Some background to and guidance on the use of this document is provided in Annex A. The clause numbering in Annex A is the same as in the normative text to facilitate cross-referencing.

Regional information on expected seismic accelerations for offshore areas is provided in Annex B.

Petroleum and natural gas industries — Specific requirements for offshore structures — Part 2: Seismic design procedures and criteria

1 Scope

This document contains requirements for defining the seismic design procedures and criteria for offshore structures; guidance on the requirements is included in Annex A. The requirements focus on fixed steel offshore structures and fixed concrete offshore structures. The effects of seismic events on floating structures and partially buoyant structures are briefly discussed. The site-specific assessment of jack-ups in elevated condition is only covered in this document to the extent that the requirements are applicable.

Only earthquake-induced ground motions are addressed in detail. Other geologically induced hazards such as liquefaction, slope instability, faults, tsunamis, mud volcanoes and shock waves are mentioned and briefly discussed.

The requirements are intended to reduce risks to persons, the environment, and assets to the lowest levels that are reasonably practicable. This intent is achieved by using:

- a) seismic design procedures which are dependent on the exposure level of the offshore structure and the expected intensity of seismic events;
- b) a two-level seismic design check in which the structure is designed to the ultimate limit state (ULS) for strength and stiffness and then checked to abnormal environmental events or the abnormal limit state (ALS) to ensure that it meets reserve strength and energy dissipation requirements.

Procedures and requirements for a site-specific probabilistic seismic hazard analysis (PSHA) are addressed for offshore structures in high seismic areas and/or with high exposure levels. However, a thorough explanation of PSHA procedures is not included.

Where a simplified design approach is allowed, worldwide offshore maps, which are included in Annex B, show the intensity of ground shaking corresponding to a return period of 1 000 years. In such cases, these maps may be used with corresponding scale factors to determine appropriate seismic actions for the design of a structure.

For design of fixed steel offshore structures, further specific requirements and recommended values of design parameters (e.g. partial action and resistance factors) are included in ISO 19902, while those for fixed concrete offshore structures are contained in ISO 19903. Seismic requirements for floating structures are contained in ISO 19904, for site-specific assessment of jack-ups and other MOUs in ISO 19905 (all parts), for arctic structures in ISO 19906 and for topsides structures in ISO 19901-3.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 19900, *Petroleum and natural gas industries — General requirements for offshore structures*

ISO 19901-8, *Petroleum and natural gas industries — Specific requirements for offshore structures — Part 8: Marine soils Investigation*

ISO 19902, *Petroleum and natural gas industries — Fixed steel offshore structures*

ISO 19903, *Petroleum and natural gas industries — Fixed concrete offshore structures*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 19900 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>

3.1 abnormal level earthquake

ALE

intense earthquake of abnormal severity with a very low probability of occurring during the life of the structure

Note 1 to entry: The ALE event is comparable to the abnormal event in the design of fixed structures which are described in ISO 19902 and ISO 19903.

3.2 attenuation

decay of seismic waves as they travel from the earthquake source to the site under consideration

3.3 directional combination

combination of response values due to each of the three orthogonal components of earthquake-induced ground motions

3.4 escape and evacuation system

system provided on the offshore structure to facilitate escape and evacuation in an emergency

EXAMPLE Passageways, chutes, ladders, life rafts and helidecks.

3.5 extreme level earthquake

ELE

strong earthquake with a reasonable probability of occurring during the life of the structure

Note 1 to entry: The ELE event is comparable to the extreme environmental event in the design of fixed structures which are described in ISO 19902 and ISO 19903.

3.6 fault movement

movement occurring on a fault during an earthquake

3.7 ground motion

accelerations, velocities or displacements of the ground produced by seismic waves radiating away from earthquake sources

Note 1 to entry: A fixed offshore structure is founded in or on the *seabed* (3.17) and consequently only seabed motions are of significance. The term ground motions is used rather than seabed motions for consistency of terminology with seismic design for onshore structures.

Note 2 to entry Ground motions can be at a specific depth or over a specific region within the seabed.

3.8

liquefaction

fluidity of soil due to the increase in pore pressures caused by earthquake action under undrained conditions

3.9

modal combination

combination of response values associated with each dynamic mode of a structure

3.10

mud volcano

diapiric intrusion of plastic clay causing high pressure gas-water seepages which carry mud, fragments of rock (and occasionally oil) to the surface

Note 1 to entry: The surface expression of a mud volcano is a cone of mud with continuous or intermittent gas escaping through the mud.

3.11

probabilistic seismic hazard analysis

PSHA

framework permitting the identification, quantification and rational combination of uncertainties in earthquakes' intensity, location, rate of recurrence and variations in *ground motion* (3.7) characteristics

3.12

probability of exceedance

probability that a variable (or that an event) exceeds a specified reference level given exposure time

EXAMPLE Example of probability of exceedance during a given exposure time is the annual probability of exceedance of a specified magnitude of ground acceleration, ground velocity or ground displacement.

3.13

response spectrum

function representing the peak elastic response for single degree of freedom oscillators with a specific damping ratios in terms of absolute acceleration, pseudo velocity, or relative displacement values against natural frequency or period of the oscillators

3.14

safety system

systems provided on the offshore structure to detect, control and mitigate hazardous situations

EXAMPLE Gas detection, emergency shutdown, fire protection, and their control systems.

3.15

sea floor

interface between the sea and the *seabed* (3.17)

3.16

seabed slide

failure of *seabed* (3.17) slopes

3.17

seabed

material below the *sea floor* (3.15) in which a structure is founded

3.18

seismic risk category

SRC

category defined from the exposure level and the expected intensity of seismic motions

3.19

seismic hazard curve

curve showing the annual *probability of exceedance* (3.12) against a measure of seismic intensity

Note 1 to entry: The seismic intensity measures can include parameters such as peak ground acceleration, *spectral acceleration* (3.22), or *spectral velocity* (3.23).

3.20

seismic reserve capacity factor

factor indicating the structure's ability to sustain ground motions due to earthquakes beyond the level of the *ELE* (3.5)

Note 1 to entry: The seismic reserve capacity factor is a structure specific property that is used to determine the *ELE* acceleration from the *ALE* (3.1) acceleration.

3.21

site response analysis

wave propagation analysis permitting the evaluation of the effect of local geological and soil conditions on the *ground motions* (3.7) as they propagate up from depth to the surface at the site

3.22

spectral acceleration

maximum absolute acceleration response of a single degree of freedom oscillator subjected to *ground motions* (3.7) due to an earthquake

3.23

spectral velocity

maximum pseudo velocity response of a single degree of freedom oscillator subjected to *ground motions* (3.7) due to an earthquake

Note 1 to entry: The pseudo velocity spectrum is computed by factoring the displacement or acceleration spectra by the oscillator's circular frequency or the inverse of its frequency, respectively. The pseudo spectrum is either relative or absolute, depending on the type of response spectra that is factored.

3.24

spectral displacement

maximum relative displacement response of a single degree of freedom oscillator subjected to *ground motions* (3.7) due to an earthquake

3.25

static pushover method

static pushover analysis

application and incremental increase of a global static pattern of actions on a structure, including equivalent dynamic inertial actions, until a global failure mechanism occurs

3.26

tsunami

long period sea waves caused by rapid vertical movements of the *sea floor* (3.15)

Note 1 to entry: The vertical movement of the sea floor is often associated with fault rupture during earthquakes or with *seabed slides* (3.16).

4 Symbols and abbreviated terms

4.1 Symbols

a_R	slope of the seismic hazard curve
C_a	site coefficient, a correction factor applied to the acceleration part (shorter periods) of a response spectrum
C_c	correction factor applied to the spectral acceleration to account for uncertainties not captured in a seismic hazard curve
C_r	seismic reserve capacity factor; see Formulae (7) and (10)
C_v	site coefficient, a correction factor applied to the velocity part (longer periods) of a response spectrum
s_u	undrained shear strength of the soil
$\bar{s}_u$	average undrained shear strength of the soil in the effective seabed
D	scaling factor for damping
$G_{\max}$	low amplitude shear modulus of the soil
g	acceleration due to gravity
M	magnitude of an earthquake measured by the energy released at its source
N_{ALE}	scale factor for conversion of the site 1 000-year acceleration spectrum to the site ALE acceleration spectrum
p_a	atmospheric pressure
P_{ALE}	annual probability of exceedance for the ALE event
P_e	probability of exceedance
P_{ELE}	annual probability of exceedance for the ELE event
P_f	target annual probability of failure
q_c	cone penetration resistance of sand
q_{cl}	normalized cone penetration resistance of sand
$\bar{q}_{cl}$	average normalized cone penetration resistance of sand in the effective seabed
$S_a(T)$	spectral acceleration associated with a single degree of freedom oscillator period, T
$\bar{S}_a(T)$	mean spectral acceleration associated with a single degree of freedom oscillator period, T ; obtained from a PSHA
$S_{a,ALE}(T)$	ALE spectral acceleration associated with a single degree of freedom oscillator period, T
$\bar{S}_{a,ALE}(T)$	mean spectral acceleration associated with a single degree of freedom oscillator period, T ; obtained from a PSHA

$S_{a,ELE}(T)$	ELE spectral acceleration associated with a single degree of freedom oscillator period, T
$\bar{S}_{a,ELE}(T)$	mean ELE spectral acceleration associated with a single degree of freedom oscillator period, T ; obtained from a PSHA
$S_{a,map}(T)$	1 000-year rock outcrop spectral acceleration obtained from maps associated with a single degree of freedom oscillator period, T
	NOTE The maps included in Annex B are for oscillator periods of 0,2 s and 1,0 s.
$\bar{S}_{a,Pe}(T)$	mean spectral acceleration associated with a probability of exceedance, P_e , and a single degree of freedom oscillator period, T , obtained from a PSHA
$\bar{S}_{a,Pf}(T)$	mean spectral acceleration associated with a target annual probability of failure, P_f , and a single degree of freedom oscillator period, T , obtained from a PSHA
$S_{a,site}(T)$	site spectral acceleration corresponding to a return period of 1 000 years and a single degree of freedom oscillator period, T
T	natural period of a simple, single degree of freedom oscillator
T_{dom}	dominant modal period of the structure
T_{return}	return period
u_i	code utilization in time history analysis, i
$\hat{u}$	median code utilization
V_s	representative shear wave velocity
$\bar{V}_s$	average of representative shear wave velocity in the effective seabed
ρ	mass density of soil
η	per cent of critical damping
σ_{LR}	logarithmic standard deviation of uncertainties not captured in a seismic hazard curve
σ'_{v0}	<i>in situ</i> vertical effective stress of soil

4.2 Abbreviated terms

ALE	abnormal level earthquake
ALS	abnormal limit state
ELE	extreme level earthquake
L1, L2, L3	exposure level derived in accordance with the International Standard applicable to the type of offshore structure ¹
MOU	mobile offshore unit
PGA	peak ground acceleration
PSHA	probabilistic seismic hazard analysis
SRC	seismic risk category

¹ International Standards applicable to types of offshore structure include ISO 19902, ISO 19903, ISO 19904 (all parts), ISO 19905 (all parts) and ISO 19906.

TLP	tension leg platform
ULS	ultimate limit state

5 Earthquake hazards

Actions and action effects due to seismic events shall be evaluated in the structural design of offshore structures in seismically active areas. Areas are considered seismically active on the basis of previous records of earthquake activity, both in frequency of occurrence and in magnitude. Annex B provides maps of indicative seismic accelerations; however, for many areas, depending on indicative accelerations and exposure levels, seismicity shall be determined on the basis of detailed seismic hazard investigations (see Clause 8).

Evaluation of seismic events for seismically active regions shall include investigation of the characteristics of ground motions and of the acceptable seismic risk for structures. Structures in seismically active regions shall be designed for ground motions due to earthquakes. However, other seismic hazards shall also be considered in the design and, when warranted, should be addressed by special studies (e.g. mudflow loading, seabed deformation). The following hazards can be caused by a seismic event:

- soil liquefaction;
- seabed slide;
- fault movement;
- tsunamis;
- mud volcanoes;
- shock waves.

Effects of seismic events on subsea equipment, pipelines and in-field flowlines shall be addressed by special studies (e.g. simultaneous seabed and structure excitation, spatially varying motions).

6 Seismic design principles and methodology

6.1 Design principles

This clause addresses the design of structures against base excitations, i.e. accelerations, velocities and displacements caused by ground motions.

Structures located in seismically active areas shall be designed to the ultimate limit state (ULS) for low-intensity frequent earthquakes and to the abnormal limit state (ALS) for high-intensity rare earthquakes.

The ULS requirements are intended to provide a structure which is adequately sized for strength and stiffness to ensure that no significant structural damage occurs for a level of earthquake ground motion with an adequately low likelihood of being exceeded during the design service life of the structure. The seismic ULS design event is the extreme level earthquake (ELE). The structure shall be designed such that an ELE event will cause little or no damage. It is recommended that the structure be inspected subsequent to an ELE occurrence.

The ALS requirements are intended to ensure that the structure and foundation have sufficient reserve strength, displacement and/or energy dissipation capacity to sustain large inelastic displacement reversals without complete loss of integrity, although structural damage can occur. The seismic ALS design event is the abnormal level earthquake (ALE). The ALE is an intense earthquake of abnormal severity with a very low probability of occurring during the structure's design service life. The ALE can cause considerable damage to the structure; however, the structure shall be designed such that overall structural integrity is maintained to avoid structural collapse causing loss of life and/or major environmental damage.

Both ELE and ALE return periods depend on the exposure level and the expected intensity of seismic events. The target annual failure probabilities given in 6.4 may be modified to meet targets set by owners in consultation with regulators, or to meet regional requirements where they exist.