



European Council
of
Civil Engineers



REPUBLIC OF BULGARIA
Minister of Regional Development and Public Works



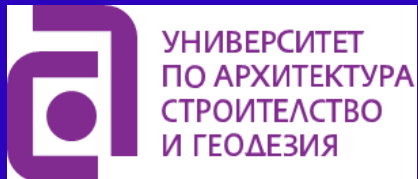
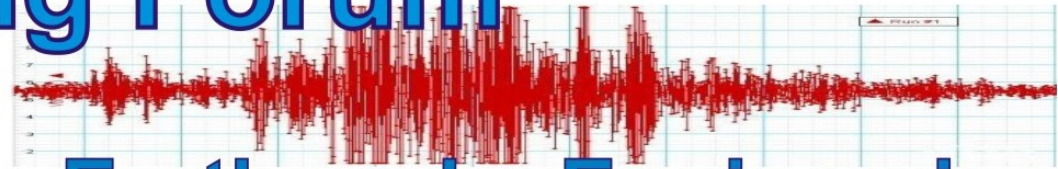
European Council
of Engineers Chambers



Building Engineering Forum

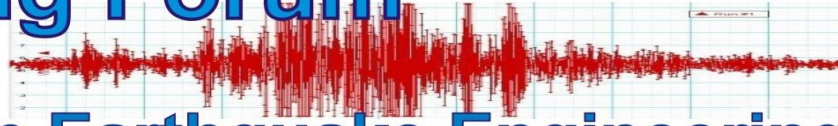
20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



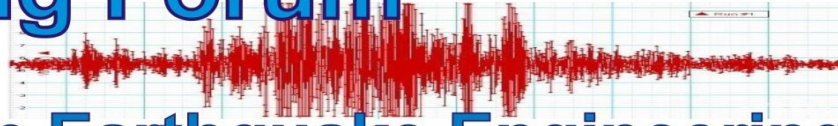
ЕВОЛЮЦИЯ НА ЕВРОКОД 8 – СЕИЗМИЧНО ВЪЗДЕЙСТВИЕ

доц. д-р инж. Михаела Кутева-Генчева, доц. д-р инж. Цветан Георгиев



Авторите на настоящата презентация декларират:

- ⇒ Настоящата презентация има за цел да коментира някои аспекти на еволюцията моделирането на сеизмичното въздействие съгласно Еврокод 8.
- ⇒ Коментарите и разясненията на авторите се отнасят до текстове от работно копие на prEN 1998-1-2:2020 – версия от месец април, 2020 година. Това работно копие е интелектуална собственост на CEN/TC 250.
- ⇒ Авторите на презентацията декларират, че цитираните текстове не са авторски –това са текстове от работното копие на prEN 1998-1-2:2020. Авторски принос са изложените коментари и разяснения върху текстовете от prEN 1998-1-2:2020.
- ⇒ Авторите на презентацията обръщат внимание на читателите и слушателите, че текстовете, цитирани от prEN 1998-1-2:2020, както и тяхната номерация, са предмет на бъдещи редакции, както технически, така и смислови. Предвид това, цитираните текстове нямат силата на стандарт и следва да се приемат само като информативни.



EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие

⇒ Ключови промени в EN 1998-1-1

⇒ Ново съдържание включено в рамките на EN 1998-1-1

Основни новости:

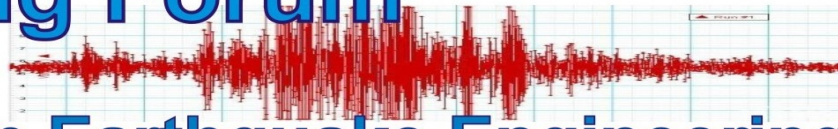
- Концепция Еврокод - преструктуриране на частите на системата Еврокодове 1998
- Основни правила
- Сеизмично въздействие



Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

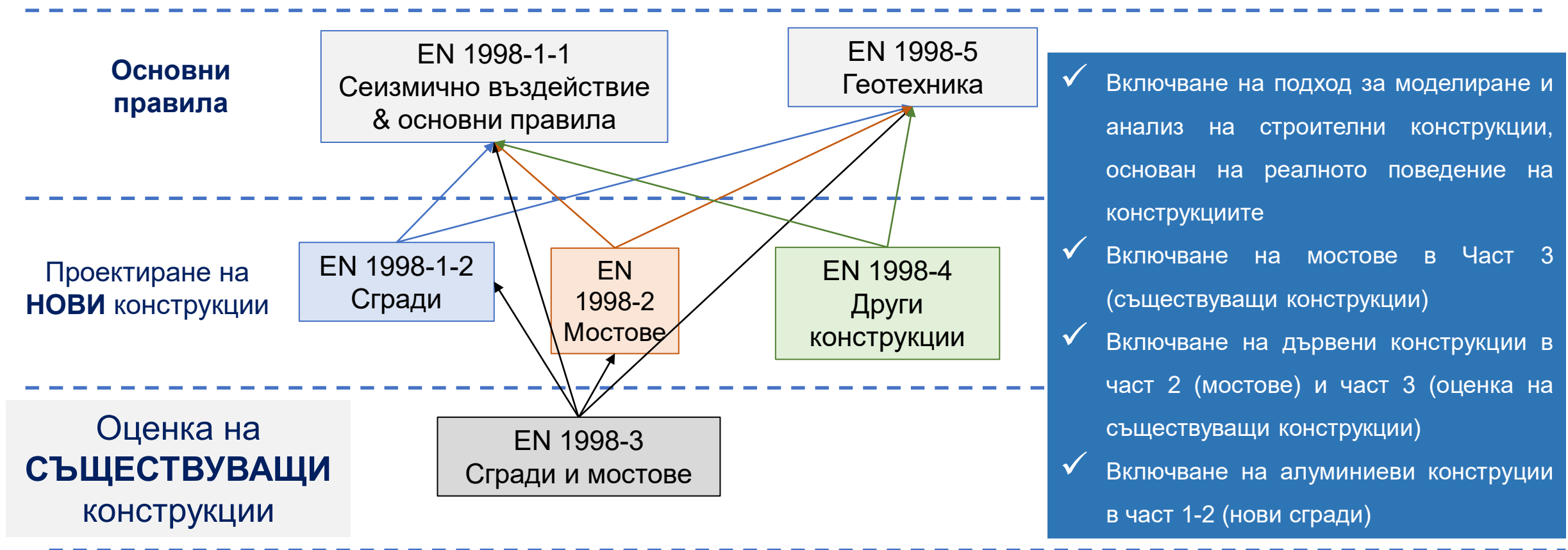
International Conference on Earthquake Engineering



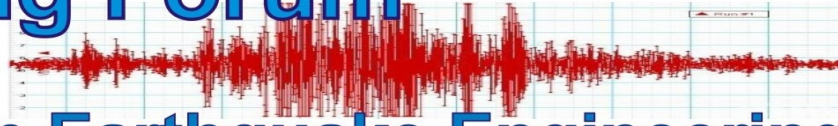
Концепция → преструктуриране на системата Еврокодове 1998

EN1998-1:2004	НОВА СТРУКТУРА
БДС EN 1990 Еврокод Основни положения за проектиране на строителните конструкции .	EN 1998-1-1. Сеизмично въздействие & основни правила
БДС EN 1991-1-1 Еврокод 1 Въздействия върху конструкциите .	
БДС EN 1992-1-1 Еврокод 2 Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции .	EN 1998-1-2. Нови конструкции - сгради
БДС EN 1993-1-1 Еврокод 3 Проектиране на стоманени конструкции .	EN 1998-2. Нови конструкции - мостове
БДС EN 1994-1-1 Еврокод 4 Проектиране на комбинирани стомано-стоманобетонни конструкции .	EN 1998-3. Съществуващи сгради и мостове
БДС EN 1995-1-1 Еврокод 5 Проектиране на дървени конструкции .	EN 1998-4. Други конструкции
БДС EN 1996-1-1 Еврокод 6 Проектиране на зидани конструкции .	EN 1998-5. Геотехника
БДС EN 1997-1 Еврокод 7 Геотехническо проектиране .	
БДС EN 1998-1 Еврокод 8 Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия .	
БДС EN 1999-1 Еврокод 9 Проектиране на конструкции от алуминиеви сплави .	

Концепция Еврокод преструктуриране на системата Еврокодове 1998 в три нива



- ✓ Включване на подход за моделиране и анализ на строителни конструкции, основан на реалното поведение на конструкциите
- ✓ Включване на мостове в Част 3 (съществуващи конструкции)
- ✓ Включване на дървени конструкции в част 2 (мостове) и част 3 (оценка на съществуващи конструкции)
- ✓ Включване на алуминиеви конструкции в част 1-2 (нови сгради)

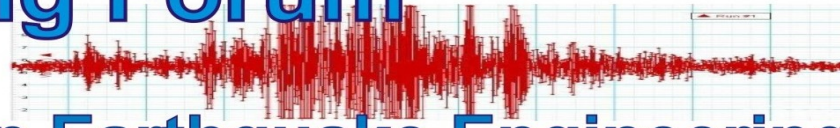


EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие

⇒ Ключови промени в EN 1998-1-1

- ✓ Новости в описанието на сеизмичната опасност - **сеизмични класове, индекс на сеизмичното въздействие**
- ✓ Въвеждане на **период на възвръщаемост** като алтернатива на избора на ниво на опасност
- ✓ Съгласувана **дефиницията за гранични състояния** във всички части на EN1990
- ✓ Класове на **дуктилност**
- ✓ Нова **класификация на земната основа** въвеждайки дълбочината на основната скала
- ✓ Предефиниран **еластичен спектър** на реагиране, описан с два параметъра вместо с a_g
- ✓ Предефинирано **затихване и включване на топографските ефекти**
- ✓ Новости в **алтернативното представяне** на сеизмичното въздействие



EN 1998-1-1. Основни правила и сеизмично въздействие

→ индекс на сеизмичното въздействие

→ класове сеизмични въздействия

индекс на сеизмичното въздействие

$$S_{\delta} = \delta * F_{\alpha} * F_T * S_{\alpha,475}$$

δ коефициент, който зависи от класа на последиците на разглежданата конструкция

ЗАБЕЛЕЖКА Стойностите на d са дадени в съответните части на EN1998 според вида на разглежданата конструкция.

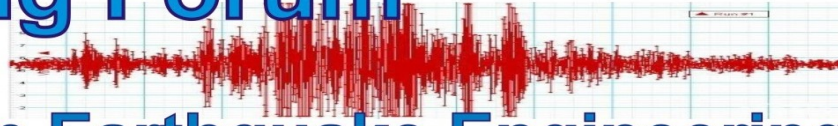
F_{α} коефициентът на усилване на площадката, даден в частта, посветена на еластичния спектър

F_T коефициентът на усилване на топографията, даден в частта, посветена на еластичния спектър

$S_{\alpha,475}$ спектралното ускорение за период на повторемост 475 години (вж. карти на спектрални ускорения).

Обхват на стойностите на индекса на сеизмично въздействие S_{δ} за дефиниране на сеизмични класове

Клас на сеизмичното въздействие	Обхват на индекса на сеизмичното въздействие S_{δ} (m/s ²)
Много ниско	< 1.25
Ниско	1.25 - 3.00
Средно	3.0 – 6.25
Високо	> 6.25



EN 1998-1-1.

- Основни правила и сеизмично въздействие
- Гранични състояния

Сеизмичното поведение на конструкцията се измерва чрез състоянието на повреди при дадено сеизмично действие. Състоянието на повреди се отнася до четирите гранични състояния (LS), определени за всички части на EN 1998:

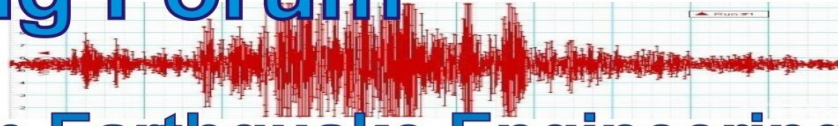
ЗАБЕЛЕЖКА 1 Количественото определение на граничните състояния е въведено в (някои) съответни части на EN 1998.

Четири гранични състояния →

преразглеждане на съществуващите определения:

- Близко до разрушение (NC),
- Значителни повреди (SD),
- Ограничаване на повредите (DL)
- Пълна оперативност (OP).

задължителна проверка за надвишение на SD



EN 1998-1-1. Основни правила и сеизмично въздействие

→ Гранични състояния и асоциирани сеизмични въздействия

(а) Гранично състояние близо до разрушение (NC)

- Конструкцията е силно повредена с големи остатъчни хоризонтални премествания,
- Запазена вертикална носимоспособност;
- Разрушени неконструктивни / сградни/ елементи

(б) Гранично състояние със значителни щети (SD)

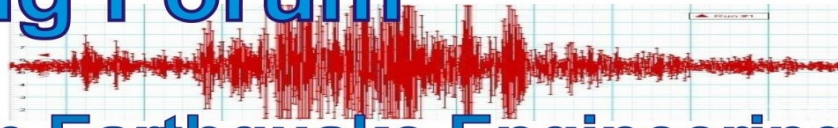
- конструкцията е **значително повредена**, вероятно с остатъчни хоризонтални премествания,
- Запазена вертикална носимоспособност;
- **повредени** преградни стени и пълнежна зидария
- Очаква се **конструкцията да може да бъде възстановена**, но в някои случаи може да не е икономически оправдано
- .

(в) Гранично състояние със ограничени щети (DL)

- конструкцията е само **леко повредена** и икономично възстановяване, с незначителни остатъчни хоризонтални премествания,
- конструкцията има **намалена способност да издържи на бъдещи земетресения** и конструктивни елементи, запазващи пълната си носимоспособност с ограничено намаляване на коравината;
- **спомагателните компоненти**, когато има такива, показват само **незначителни повреди**, **възможно икономично възстановяване** (напр. преградите и пълнежите могат да показват разпределени напуквания).

(г) Гранично състояние запазени функции – пълна оперативност (OP)

- конструкцията е само **леко повредена** и икономично ремонтируема, което **позволява пълна оперативност и непрекъсната работа на системите**, намиращи се в конструкцията.



EN 1998-1-1. Основни правила и сеизмично въздействие

→ Гранични състояния и асоциирани сеизмични въздействия

Определяне на сеизмичните въздействия:

⇒ по отношение на техните периоди на повтаряемост:

- постигане на изискванията за поведение на конструкцията → чрез избор на подходящи периоди на повтаряемост, $T_{LS,CC}$, в зависимост от специфицираните гранични състояния, LS, и клас по степен на отговорност, CC, на конструкциите;
- стойността на периода на повтаряемост, специфицирана за гранично състояние SD и клас на последици CC2, $T_{SD,2}$ → референтен период на повтаряемост T_{ref}

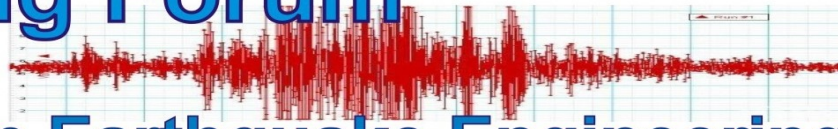
ЗАБЕЛЕЖКА 1: Сеизмичното действие, свързано с $T_{SD,2}$ е определено като „референтно сеизмично действие“.

ЗАБЕЛЕЖКА 2: Даден период на повтаряемост T_R съответства на дадена вероятност за превишаване на p в експлоатационния живот t_L на конструкцията → $T_R = t_L / \ln(1 - p)$.

Определяне на сеизмичните въздействия:

⇒ Коефициентите на поведение, $\gamma_{LS,CC}$ могат да се използват алтернативно за периоди на повтаряемост; , $\gamma_{SD,2} = 1.0$

ЗАБЕЛЕЖКА: За даден тип конструкция, стойностите на $\gamma_{LS,CC}$ са дадени в съответната част на EN 1998.



EN 1998-1-1. Основни правила и сеизмично въздействие

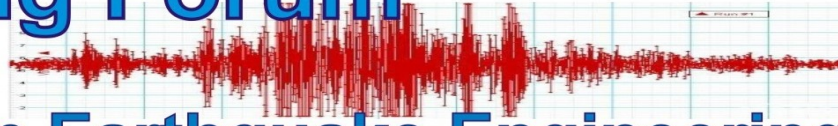
→ Класове на последствия

Стр. 50
EN 1990:2002 Таблица В.1 Дефиниране на класове по степен на отговорност

Клас по степен на отговорност	Описание	Примери за сгради и строителни съоръжения
СС3	Възможни многобройни човешки или икономически загуби и много големи икономически и социални загуби или поражения на околната среда	Трибуни, обществени сгради, при които последствията ще бъдат много тежки (напр. концертна зала)
СС2	Възможни немногбройни човешки или икономически загуби и значителни икономически и социални загуби или поражения на околната среда	Жилищни и офис-сгради, обществени сгради, при които последствията са по-малки (напр. административна сграда)
СС1	Възможни малобройни човешки или икономически загуби и малки или пренебрежими икономически и социални загуби или поражения на околната среда	Селскостопански сгради, в които рядко влизат хора (напр. Сгради за складове, оранжерии)

- Класове по степен на отговорност, определени в EN 1990: 2018 се използват за прилагането на EN 1998
- Конструкциите следва да се считат за принадлежащи към клас по степен на отговорност СС2, ако не е посочено друго.**
- Класът на степен на отговорност СС3 може да бъде разделен на два подкласа, СС3-а и СС3-б в зависимост от значението на конструкциите за обществената безопасност и гражданската защита в непосредствения след земетресение период.

ЗАБЕЛЕЖКА: За даден тип конструкция, насоките за класификация в СС3-а или СС3-б са дадени в съответната част на EN 1998.



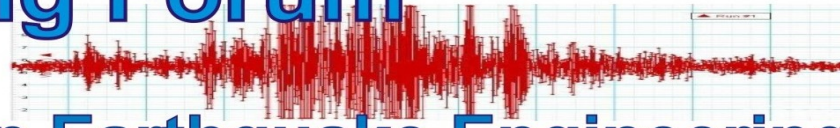
EN 1998-1-1. Основни правила и сеизмично въздействие

⇒ Критерии за съответствие на нови конструкции- принципи за проверка на проекта

- I. За да се осигури капацитет за деформация и капацитет за дисипиране на кумулативната енергия, трябва да се избягва крехко разрушение или преждевременно образуване на нестабилни механизми.
... EN 1998 г. ...
...В допълнение на EN 1998 (силов, премествания) → за конструкции със системи за разсейване на енергия се разглежда метод, основан на енергиен баланс .
- II. (I) може да се счита удовлетворено, когато се използва процедурата за **капацитивно проектиране в съответствие с EN 1998**. Тази процедура трябва да се използва за получаване на йерархията на съпротивлението на различните конструктивни компоненти и формите на разрушение, необходими за осигуряване на капацитет на деформация и капацитет на разсейване на кумулативната енергия. Правилното прилагане на тази процедура, изисква специално внимание при проектирането на детайлите на връзките между конструктивните елементи и в частите на конструкцията, където се предвижда нелинейно поведение.

По отношение на капацитетите на конструкциите за деформиране и дисипация на енергия, те се категоризират в три класа на **обща дуктилност**:

- i. **DC1** (обща дуктилност клас 1),
- ii. **DC2** (обща дуктилност клас 2)
- iii. **DC3** (обща дуктилност клас 3).

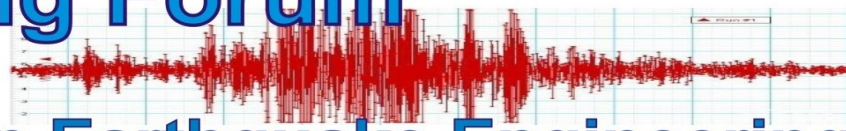


EN 1998-1-1. Основни правила и сеизмично въздействие

⇒ Класове на обща дуктилност

DC1 (дуктилност клас 1)	DC2 (дуктилност клас 2)	DC3 (дуктилност клас 3)
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Отчитане на: <ul style="list-style-type: none"> ✓ запас на носимоспособност ❖ Пренебрегване на: <ul style="list-style-type: none"> – деформационен капацитет – капацитета за дисипиране на енергия 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Отчитане на: <ul style="list-style-type: none"> ✓ местните запаси на носимоспособност, ✓ капацитет за локална деформация ✓ капацитет за локално разсейване на енергия ❖ контрол на глобалните пластични механизми 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Отчитане на <ul style="list-style-type: none"> ✓ способността на конструкцията да образува глобален пластичен механизъм при гранично състояние на SD ✓ локален капацитет на конструкцията за запас на носимоспособност ✓ капацитет за локална деформация ✓ капацитет за локално дисипиране на енергия.

Категоризирането на конструкциите като клас на обща дуктилност (DC1, DC2 или DC3) трябва да се основава на съответствието с разпоредбите, посочени в съответната част на EN 1998.



EN 1998-1-1. Основни правила и сеизмично въздействие

→ Ключови промени в EN 1998-1-1 → класификация на земната основа

prEN 1998-1:2003 (E) EN 1998-1:2004

Table 3.1: Ground types

Ground type	Description of stratigraphic profile	Parameters		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SP7} (удари/30 cm)	c_u (kPa)
A	Rock or other rock-like geological formation, including at most 5 m of weaker material at the surface.	> 800	-	-
B	Deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay, at least several tens of metres in thickness, characterised by a gradual increase of mechanical properties with depth.	360 - 800	> 50	> 250
C	Deep deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay with thickness from several tens to many hundreds of metres.	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Deposits of loose-to-medium cohesionless soil (with or without some soft cohesive layers), or of predominantly soft-to-firm cohesive soil.	< 180	< 15	< 70
E	A soil profile consisting of a surface alluvium layer with v_s values of type C or D and thickness varying between about 5 m and 20 m, underlain by stiffer material with $v_s > 800$ m/s.	-	-	-
S ₁	Deposits consisting, or containing a layer at least 10 m thick, of soft clays/silts with a high plasticity index (PI > 40) and high water content	< 100 (indicative)	-	10 - 20
S ₂	Deposits of liquefiable soils, of sensitive clays, or any other soil profile not included in types A - E or S ₁ .	-	-	-



- ❖ Дълбочина на основна скала H_{800} дефинирана за $v_s > 800$ m/s
- ❖ Средна скорост чрез $v_{s,H}$ - еквивалентна скорост на срязащите вълни е повърхностния слой на земната основа

$$v_{s,H} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{v_i}} \quad H = 30\text{m}, H_{800} \geq 30\text{m} \quad v_{s,H} \rightarrow v_{s,30} = H_{800}; H_{800} < 30\text{m}$$

При липса на информация за H_{800} и/или $v_{s,H}$ → опростени правила в отделно приложение

БДС EN 1998-1:2004

Таблица NA.3.1 - Типове земна основа

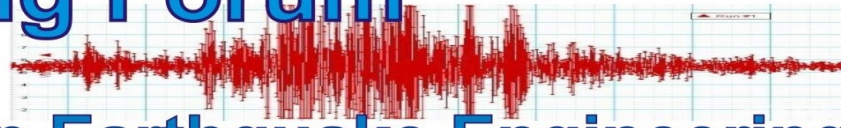
Тип земна основа	Описание на почвения профил	Показатели		
		$v_{s,30}$ [m/s]	N_{SP7} [удари/30 cm]	c_u [kPa]
A	Скала или други подобни на скали образувания, включващи не повече от 5 m покритие от по-слаби материали	> 800	-	-
B	Много сбити пясъци, чакъли или много твърда глина с дебелина няколко десетки метри, характеризиращи се с постепенно нарастващи почвени показатели в дълбочина	360 - 800	> 50	> 250
C	Мощни отложения от сбити до средносбити пясъци, чакъли или твърда глина с дебелина от няколко десетки до стотици метри	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Отложения от рохки до средносбити несвързани почви (със или без прослойки от меки свързани почви) или отложения от предимно меки до твърди свързани почви	< 180	< 15	< 70
E	Почвени профили изградени от пластове тип C или D и с мощност от 5 до 20 m, лежащи върху корава основа с $v_s > 800$ m/s	-	-	-

При $v_{s,H} < 800$ m/s, категориите земна основа A-F → (H_{800} & $v_{s,H}$)

	Клас земна основа	Корава	Средна	Мека
Класове дълбочина	$v_{s,H}$ range H_{800} range	$800 \text{ m/s} > v_{s,H} \geq 400 \text{ m/s}$	$400 \text{ m/s} > v_{s,H} \geq 250 \text{ m/s}$	$250 \text{ m/s} > v_{s,H} \geq 150 \text{ m/s}$
Много плитки	$H_{800} \leq 5 \text{ m}$	A	A	E
Плитки	$5 \text{ m} < H_{800} \leq 30 \text{ m}$	B	E	E
Междинни	$30 \text{ m} < H_{800} \leq 100 \text{ m}$	B	C	D
Дълбоки	$H_{800} > 100 \text{ m}$	B	F	F

$$v_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{v_i}}$$

- ❖ Стандартна скална земна основа → $H_{800} = 0$ се категоризира като тип A



EN 1998-1-1. Основни правила и сеизмично въздействие

При липса на информация за N_{800} и/или $v_{s,H} \rightarrow$ опростени правила в отделно приложение

Съответствие между геотехническата характеристика на почвените материали, обхвата на скоростите на срязваща вълна и класа на земната основа

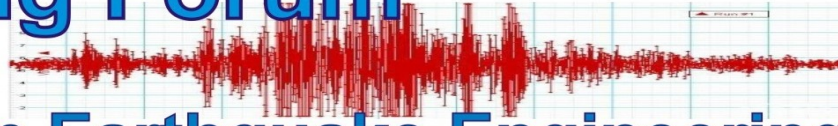
Geotechnical material	Geotechnical parameters					Range of v_s (m/s)	Ground class
	SPT	Laboratory or FVT	Pressuremeter		CPT		
	N_{60} (SPT, ER=60%)	c_u (kPa)	E_m (MPa)	p_{lim} (MPa)	q_c (MPa)		
Rock or other rock-like geotechnical material, including very shallow layers of very dense, dense or medium-dense sand, gravels, hard or stiff clay	-	-	> 100	> 5,0	-	> 800	rock
Very dense sand, gravel	> 60	> 300	25 - 100	2,0 - 5,0	> 30	400 - 800	stiff soil
Hard clay				> 1,2	> 6		
Dense or medium-dense sand, gravel	30 - 60	150 - 300	8 - 25	1,2 - 2,0	15 - 30	250 - 400	medium soil
Stiff clay				0,7 - 1,2	3 - 6		
Loose-to-medium cohesionless soil	15 - 30	50 - 150	4 - 8	0,4 - 1,2	5 - 15	150 - 250	soft soil
Soft-to-firm cohesive soil				0,3 - 0,7	1,5 - 3		
Very loose cohesionless soil	< 15	< 50	< 4	< 0,4	< 5	< 150	very soft soil
Soft clays/silts with a high plasticity index (PI > 40) and high water content				< 0,3	< 1,5		

Категоризиране на площадките въз основа на $v_{s,H}$ и f_0

Combination of f_0 (Hz) and $v_{s,H}$ (m/s)	Site category
$f_0 > 12$ and $v_{s,H} \geq 250$	A
$f_0 < 12$ and $800 > v_{s,H} \geq 400$	B
$v_{s,H} / 250 < f_0 < v_{s,H} / 120$ and $400 > v_{s,H} \geq 250$	C
$v_{s,H} / 250 < f_0 < v_{s,H} / 120$ and $250 > v_{s,H} > 150$	D
$v_{s,H} / 120 < f_0 < 12$ and $400 > v_{s,H} > 150$ or $f_0 > 12$ and $250 > v_{s,H} \geq 150$	E
$f_0 < v_{s,H} / 250$ and $400 > v_{s,H} > 150$	F

Съответствие между опростеното геоложко описание на земната основа и категорията на площадката

Description of the prevailing geological material in the shallow stratigraphic profile	Site category
Rock or other rock-like geological material, including very shallow layers of very dense, dense or medium-dense sand, gravels, very stiff or stiff clay	A
Deposits of very dense sand, gravel, or very stiff clay	B
Intermediate depth deposits of dense or medium-dense sand, gravel or stiff clay	C
Intermediate depth deposits of loose-to-medium cohesionless soil, or of predominantly soft-to-firm cohesive soil.	D
Shallow soil deposits consisting of a surface alluvium layer of type C or D, underlain by stiffer material of type A.	E
Deep soil deposits consisting of prevailing alluvium layers of type C or D.	F
Definitions of very shallow, shallow, intermediate and deep are given in Table 5.1	



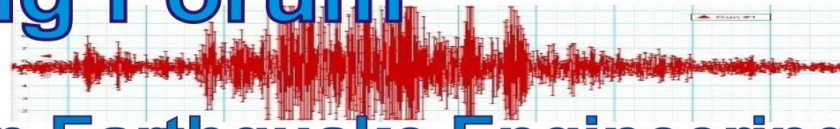
EN 1998-1-1.

Сеизмично въздействие

Основни правила и сеизмично въздействие

- Сеизмични зони
- Базово представяне на сеизмичното въздействие
 - Общи положения
 - Хоризонтален еластичен спектър на реагиране
 - Проектни премствания
 - Проектен спектър за еластичен анализ
- Алтернативно представяне на сеизмичното въздействие
 - Дискретни сеизмични сигнали
 - Пространствен модел
- Комбинации на сеизмичното въздействие с други въздействия

- Карти на спектрални ускорения
- Базово представяне на сеизмичното въздействие
- Хоризонтален еластичен спектър на реагиране
- Вертикален еластичен спектър на реагиране
- Проектни максимални (пикови) стойности на земното движение
- Приет магнитуд на земетресение
- Алтернативно представяне на сеизмичното въздействие
 - Входни движения за анализ на историята на реагирането
 - Пространствен модел



EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие

За използване на EN 1998 териториите се картографират в зависимост от локалната сеизмична опасност.

ЗАБЕЛЕЖКА Картографираното представяне на сеизмичната опасност предполага, че националното приложение или съответните органи предоставят референтните параметри на спектралното ускорение по отношение на стойности, определени на достатъчно плътна мрежа в цялата засегната територия. Тези параметри също могат да бъдат групирани в сеизмични зони, където са същите се прилагат референтни спектрални ускорения.



Когато не разполагаме с информация за $S_{a,475}$



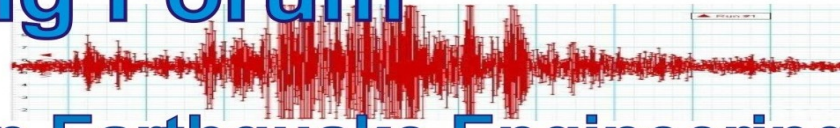
$S_{a,475}$ → референтно спектрално ускорение на реагиране (затихване 5%), изчислено за период на повтаряемост 475 години (макс спектр.ускорение, съответстващо на обхвата на константни стойности (плато) на спектъра на реагиране, 5% затихване)

Сеизмична опасност Карти на спектрални ускорения

Ниво на сеизмичност	$S_{a,475} (m/s^2)$
Много ниско	< 1.0
Ниско	1.0 - 2.5
Средно	2.5 – 5.0
Високо	> 5.0

$$S_{a,475} = S_{a,ref} (475/T_{ref})^{1/k}; \text{ обикновено } k=3$$

$S_{a,ref}$ → референтно максимално спектрално ускорение, съответстващо на обхвата на постоянното ускорение от хоризонталния еластичен спектър на реагиране (плато), 5% затихване, категория А, период на повтаряемост T_{ref}



EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие

Като референтно представяне, **сеизмичната опасност** трябва да бъде описана по отношение на следните **два параметъра**:

а) $S_{\alpha,ref}$ → референтно максимално спектрално ускорение, съответстващо на обхвата на постоянното ускорение от хоризонталния еластичен спектър на реагиране (плато), 5% затихване, категория А, период на повтаряемост T_{ref}

а) $S_{\beta,ref}$ → референтно спектрално ускорение за период на трептене $T_b = 1s$ от хоризонталния еластичен спектър на реагиране, 5% затихване, категория А, период на повтаряемост T_{ref}

Сеизмична опасност

Кarti на спектрални ускорения

$S_{\alpha,ref}$ → от съответна карта на сеизмичната опасност

$$S_{\beta,ref} \rightarrow S_{\beta,ref} = f_h * S_{\alpha,ref}$$

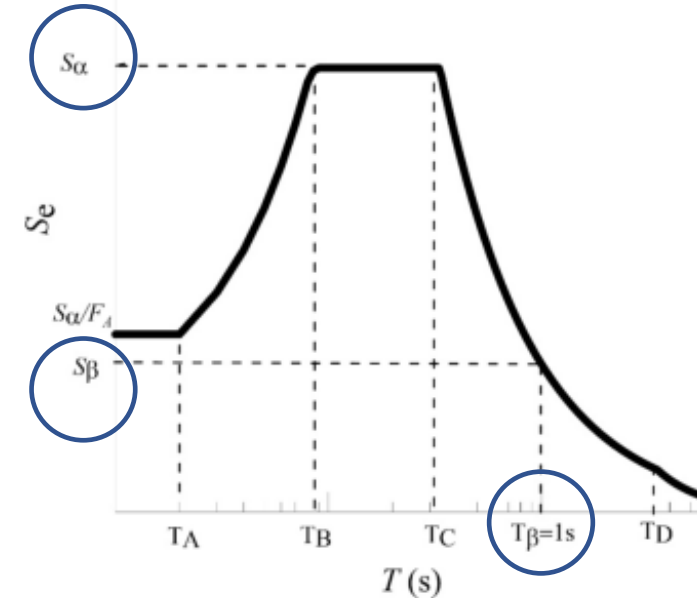
$f_h = 0.2$ много ниско и ниско ниво сеизмичност

$f_h = 0.3$ средно ниво сеизмичност

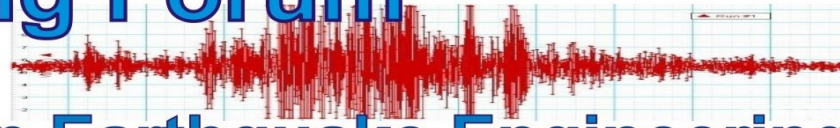
$f_h = 0.4$ високо ниво сеизмичност

$S_{\beta,ref}$ → от проучване за сеизмична опасност на разглежданата територия и картографирано едновременно със $S_{\alpha,ref}$

Нова дефиниция на еластичния спектър на реагиране



ДВЕ карти на сеизмична опасност за съответен период на повтаряемост



EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие →

Сеизмично въздействие Хоризонтален еластичен спектър на реагиране

Type 1 elastic response spectra

Type 2 elastic response spectra

Ground type	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1.0	0.15	0.4	2.0
B	1.2	0.15	0.5	2.0
C	1.15	0.20	0.6	2.0
D	1.35	0.20	0.8	2.0
E	1.4	0.15	0.5	2.0

Ground type	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1.0	0.05	0.25	1.2
B	1.35	0.05	0.25	1.2
C	1.5	0.10	0.25	1.2
D	1.8	0.10	0.30	1.2
E	1.6	0.05	0.25	1.2

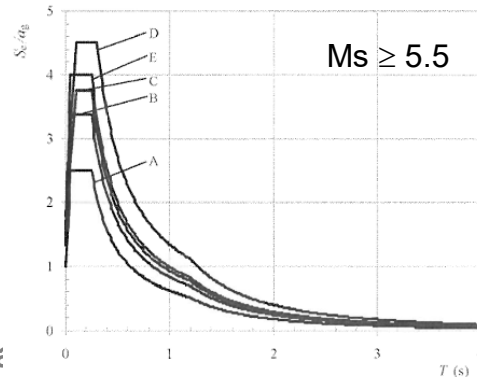
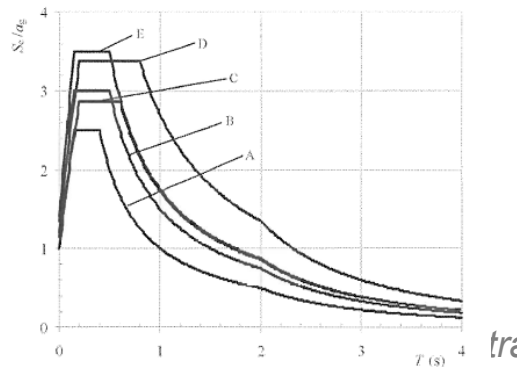
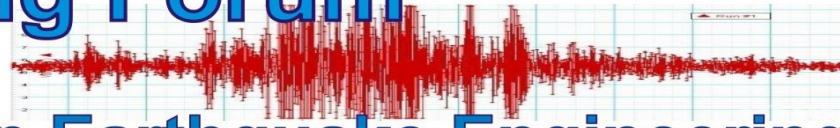


Таблица NA.3.2-1 - Стойности на параметрите, описващи приетите Еластични спектри на реагиране, вид 3 (сеизмично огнище Вранча)

Тип земна основа	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Всички	1.00	0.20	1.0	2

ЕВОЛЮЦИЯТА НА ЕВРОКОД 8
СЕИЗМИЧНО ВЪЗДЕЙСТВИЕ





EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие →

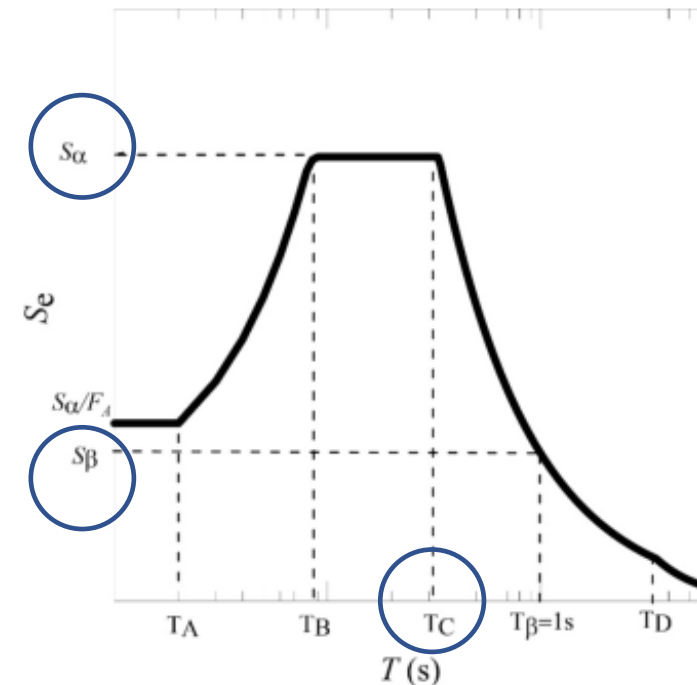
Сеизмично въздействие Хоризонтален еластичен спектър на реагиране

В случай, че референтната сеизмична опасност е установена на площадка с категория, различна от А, спектралните параметри за определяне на хоризонталния еластичен спектър на реагиране за категорията на площадката трябва да бъдат предоставени по отношение на:

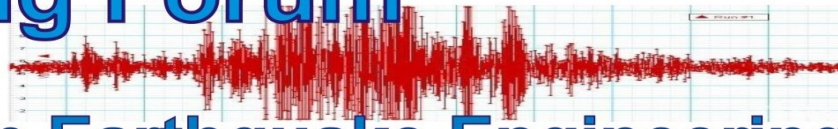
а) S_α , S_β

б) S_α , T_C → В този случай, произведението $S_\alpha * S_\beta$ трябва да бъде заменено с $S_\alpha * T_C$ в съответните формули за описание на формата на еластичния спектър

Решение на национално ниво



Когато земетресения, засягащи дадено място, се генерират от много различни сеизмични източници, трябва да се обмисли и възможността за приемане на няколко референтни двойки спектрални стойности ($S_{\alpha,ref}$, $S_{\beta,ref}$)



EN 1998-1-1.

Сеизмично въздействие

Основни правила и сеизмично въздействие →

Хоризонтален еластичен спектър на реагиране

За периоди на повтаряемост, различни от T_{ref} , свързани или с конкретно гранично състояние, или с определен клас последствия на сгради, или с конкретна продължителност на строителството, спектралните параметри $S_{\alpha,RP}$ и $S_{\beta,RP}$ за категория А на площадката могат да бъдат получени по един от следните начини:

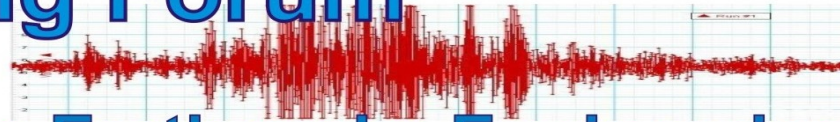
а) от карти за спектрално ускорение за набор от избрани периоди на повтаряемост;

б) от коефициенти на поведение $\gamma_{LS,CC}$ като алтернатива на периодите на повтаряемост:

$$S_{\alpha,RP} = \gamma_{LS,CC} * S_{\alpha,ref} \quad ; \quad S_{\beta,RP} = \gamma_{LS,CC} * S_{\beta,ref}$$

в) за продължителността на строителството, периодът на повтаряемост или коефициентът на поведение може да съответства на **А клас последствия СС1 за гранично състояние DL**.

Различни стойности → национално решение

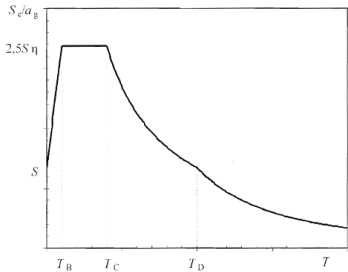


EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие →

Хоризонтален еластичен спектър на реагиране

Сеизмично въздействие



$$0 \leq T \leq T_A: S_e(T) = \frac{S_\alpha}{F_A}$$

$$T_A \leq T \leq T_B: S_e(T) = \frac{S_\alpha}{T_B - T_A} \left[\eta(T - T_A) + \frac{T_B - T}{F_A} \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_e(T) = \eta S_\alpha$$

$$T_C \leq T \leq T_D: S_e(T) = \eta \frac{S_\beta T_\beta}{T}$$

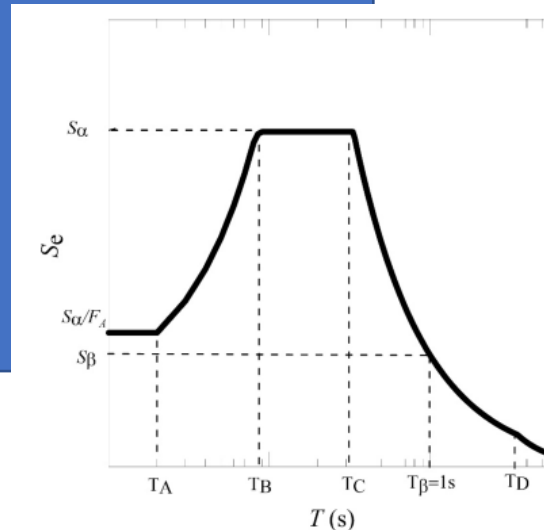
$$T \geq T_D: S_e(T) = \eta T_D \frac{S_\beta T_\beta}{T^2}$$

$$0 \leq T \leq T_B: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2.5 - 1) \right]$$

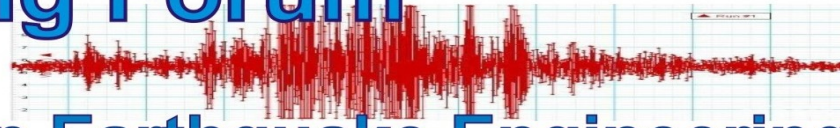
$$T_B \leq T \leq T_C: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5$$

$$T_C \leq T \leq T_D: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s: S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$



- $S_e(T)$ еластичен спектър на реагиране
- T период на трептене на линейна система 1 ст св
- S_α максимално спектрално ускорение на реагиране (5% затихване) съответстващо на постоянния обхват (платото) на еластичния спектър на реагиране
- S_β спектрално ускорение на реагиране (5% затихване) за период на трептене T_β
- T_β $T_\beta = 1$ s
- T_A долна граница на периодите, асоциирана със спектрално ускорение за нулев период на трептене съгл. дефиницията по-горе
- F_A съотношението на S_α и спектралното ускорение за нулев период на трептене
- $T_C = \frac{S_\beta T_\beta}{S_\alpha}$ горен ъглов период на постоянния обхват (платото) на спектралните ускорения
- T_B долен ъглов период на постоянния обхват (платото) на спектралните ускорения
 - $T_B = \frac{T_C}{\chi}, 0.05s \leq \frac{T_C}{\chi} \leq 0.10s$
 - $T_B = 0.05s, \frac{T_C}{\chi} < 0.05s$
 - $T_B = 0.10s, \frac{T_C}{\chi} > 0.05s$
- T_D ъглов период в началото на константния обхват на спектралното преместване на реагиране



EN 1998-1-1.

Сеизмично въздействие

Основни правила и сеизмично въздействие →

Хоризонтален еластичен спектър на реагиране

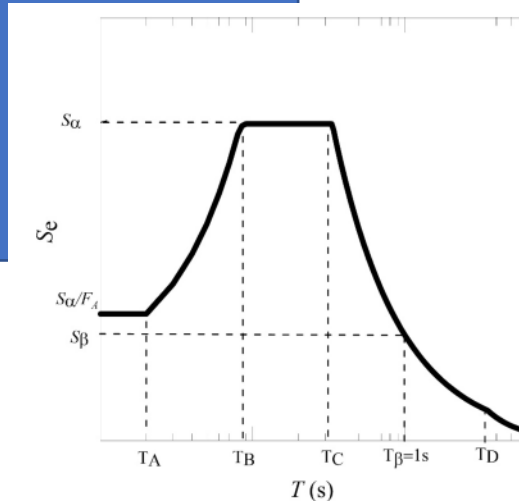
$$0 \leq T \leq T_A: S_e(T) = \frac{S_\alpha}{F_A}$$

$$T_A \leq T \leq T_B: S_e(T) = \frac{S_\alpha}{T_B - T_A} \left[\eta(T - T_A) + \frac{T_B - T}{F_A} \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_e(T) = \eta S_\alpha$$

$$T_C \leq T \leq T_D: S_e(T) = \eta \frac{S_\beta T^\beta}{T}$$

$$T \geq T_D: S_e(T) = \eta T_D \frac{S_\beta T^\beta}{T^2}$$



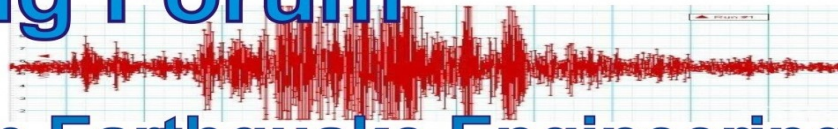
Стойностите на параметрите могат да бъдат получени от специфични проучвания за сеизмична опасност и могат да бъдат предоставени под формата на картографирани стойности в регионален или национален мащаб.

При липса на конкретни проучвания стойностите могат да бъдат взети от следната таблица

$T_A(s)$	χ	F_A	$T_D(s)$	
0.02	4	2.5	2	$S_{\beta,RP} \leq 1m/s^2$
			$1 + S_{\beta,RP}$	$S_{\beta,RP} > 1m/s^2$

ЗАБЕЛЕЖКА В случай, че горепосочените допълнителни параметри се прилагат в регионален мащаб, техните стойности могат да бъдат намерени в националното приложение или зададени от националните органи.

За случаите, когато $T_C > 1 s$, трябва да се извърши **специално проучване** за определяне на хоризонталния еластичен спектър и да се оценят спектралните параметри.



EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие →

Сеизмично въздействие

Хоризонтален еластичен спектър на реагиране

Усилване на площадката

$$S_{\alpha} = F_T F_{\alpha} S_{\alpha,RP}$$

F_{α} коефициент на усилване за ниските периоди

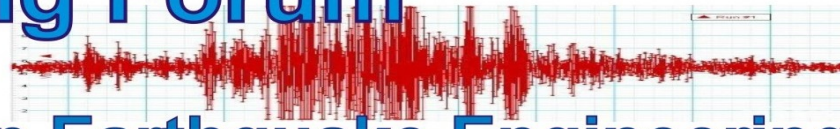
$$S_{\beta} = F_T F_{\beta} S_{\beta,RP}$$

F_{β} коефициент на усилване за средните ($T=T_{\beta}$) периоди

F_T топографски коефициент на усилване

ЗАБЕЛЕЖКА Стойностите се основават на средните коефициенти на усилване на почвата от емпирични модели за прогнозиране на земното движение, калибрирани по европейските записи. Стандартните скални условия, на които се основават тези фактори, са тези от категория почва А (> 800 m/s). Следователно, те не представляват усилване на почвата по отношение на идеалните условия за твърда скала, откриваща се на плоска повърхност.

Категория площадка	F_{α}		F_{β}	
	Известни H_{800} и $V_{s,H}$	Стойност подразбиране	Известни H_{800} и $V_{s,H}$	Стойност подразбиране
A	1,0	1,0	1,0	1,0
B	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0,25r_{\alpha}}$	1,20	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0,70r_{\beta}}$	1,60
C		1,35		2,25
D		1,50		3,20
E	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0,25r_{\alpha} \frac{H}{30} \left(4 - \frac{H}{10}\right)}$	1,70	$\left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0,70r_{\beta} \frac{H}{30}}$	3,0
F	$0,90 \left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0,25r_{\alpha}}$	1,35	$1,25 \left(\frac{v_{s,H}}{800}\right)^{-0,70r_{\beta}}$	4,0
	$r_{\alpha} = 1 - 2 \times 10^3 \frac{S_{\alpha,RP}}{v_{s,H}^2} \quad (S_{\alpha,RP} \text{ in } m/s^2, v_{s,H} \text{ in } m/s)$ $r_{\beta} = 1 - 2 \times 10^3 \frac{S_{\beta,RP}}{v_{s,H}^2} \quad (S_{\beta,RP} \text{ in } m/s^2, v_{s,H} \text{ in } m/s)$			



EN 1998-1-1.

Сеизмично въздействие

Основни правила и сеизмично въздействие →

Хоризонтален еластичен спектър на реагиране
Усилване на площадката – влияние на топографията

$$S_{\alpha} = F_T F_{\alpha} S_{\alpha,RP}$$

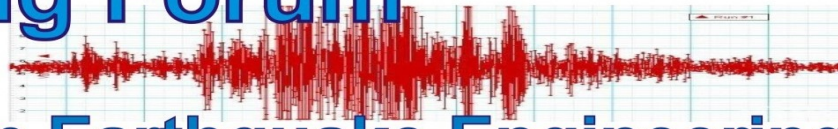
F_{α} коефициент на усилване за ниските периоди
 F_{β} коефициент на усилване за средните ($T=T_{\beta}$) периоди
 F_T топографски коефициент на усилване

$$S_{\beta} = F_T F_{\beta} S_{\beta,RP}$$

- В случай на топографски неравности с височина по-голяма от 30 m, със средни ъгли на наклона, по-големи от 15 ° и само за типове земя А и В, трябва да се приложи коефициент за усилване на топографията, независим от периода F_T , оценен съгласно таблицата. В останалите случаи $F_T = 1$.
- Специфични за площадката проучвания могат да се извършват съгласно общите критерии, посочени в отделно приложение, за количествено определяне на усилването на топографията с подобро ниво на точност, отчитайки неговата честотна зависимост.

Описание на топографията	F_T	Опростена схема
Равна повърхност, склонове и изолирани хребети със среден ъгъл на наклон $i < 15^\circ$ или височина < 30 m	1,0	
Наклони със среден ъгъл на наклона $i > 15^\circ$	1,2	
Гребени с ширина в горната част много по-малки от ширината при основата и среден ъгъл на наклона $15^\circ < i < 30^\circ$	1,2	
Гребени с ширина в горната част много по-малки от ширината при основата и среден ъгъл на наклона $i > 30^\circ$	1,4	

NOTE Values of F_T in the second column refer to the top locations (point T in the simplified sketches). A linear decrease of F_T is considered between point T and point B (base) and point A (located at 100 m distance from T), where $F_T = 1$ applies.



EN 1998-1-1.

Сеизмично въздействие

Основни правила и сеизмично въздействие →

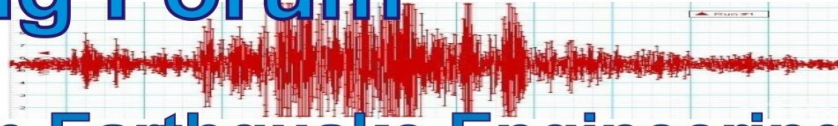
коэффициент на затихване

$$\eta = \sqrt{\left(10 + \frac{T_C(\xi - 5)}{T_C + 30T}\right) / (\xi + 5)}$$

 ξ – отношение на затихване на конструкцията в %от критичното T_C – разглеждан период на трептене T – период на трептене на линейна система 1 ст св

ЗАБЕЛЕЖКА 1 Приближението, дадено с формулата е валидно за периоди $T \leq 4$ s.

ЗАБЕЛЕЖКА 2 Когато е подходящо за тип конструкция, стойностите на коефициента на затихване, различни от 5%, се задават в съответната част на EN 1998.



EN 1998-1-1.

Сейзмично въздействие

Основни правила и сейзмично въздействие →

Спектър на реагиране - премествания

Спектър на реагиране на еластично преместване, $S_{De}(T)$

$$T \leq T_E: S_{De}(T) = S_e(T) \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2$$

$$T_E \leq T \leq T_F: S_{De}(T) = S_{De}(T_E) \left[1 + \left(\frac{F_L}{F_\beta} - 1\right) \frac{T - T_E}{T_F - T_E}\right]$$

$$T > T_F: S_{De}(T) = S_{De}(T_E) \frac{F_L}{F_\beta}$$



$S_e(T)$ еластичен спектър на реагиране (ускорения)

T_E max [T_D , 6 s]

T_F = 10 s

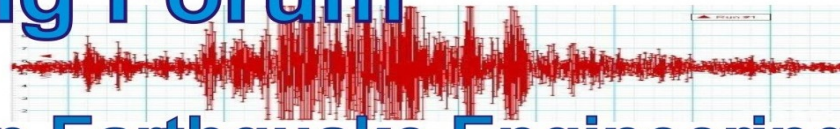
F_L коефициент на усилване за дългите периоди

$$F_L = \frac{V_{s,H}}{800}$$



В случай, че стойностите на $V_{s,H}$ не са налични, се използват следните стойности за определяне на коефициента на усилване на площадката за дългите периоди, в зависимост от категорията на площадката :

- F_L = F_L категория А
- = 0.90 F_β категория В или Е
- = 0.75 F_β категория С или Е
- = 0.60 F_β категория D



EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие

Сеизмично въздействие

Вертикален еластичен спектър на реагиране

За вертикалния компонент на сеизмичното действие трябва да се изчисли вертикален еластичен спектър на реагиране $S_{ve}(T)$, като се използват формули за хоризонталния еластичен спектър, където параметрите S_α , S_β , T_B и T_C се заменят с техните аналози $S_{\alpha,v}$, $S_{\beta,v}$, $T_{B,v}$ и $T_{C,v}$, както следва:

$$S_{\alpha,v} = f_{vh\alpha} S_\alpha$$

$$S_{\beta,v} = f_{vh\beta} S_\beta$$

$$T_{Cv} = \frac{S_{\beta,v} T_\beta}{S_{\alpha,v}}$$

$$T_{Bv} = 0.05 \text{ s}$$



$$f_{vh\alpha} = 0.6 \quad S_\alpha < 2.5 \text{ m/s}^2$$

$$= 0.04 S_\alpha + 0.5 \quad 2.5 \text{ m/s}^2 \leq S_\alpha \leq 7.5 \text{ m/s}^2$$

$$= 0.8 \quad S_\alpha > 7.5 \text{ m/s}^2$$

$$f_{vh\beta} = 0.6$$

Проектни пикови (максимални) стойности на земното движение

Проектните пикови стойности на хоризонталното земно ускорение (PGA_e , m/s^2), скоростта (PGV_e , m/s) и преместването (PGD_e , m) трябва да се изчислят както следва:

$$PGA_e = \frac{S_\beta}{F_A}$$

$$PGV_e = 0.06 (S_\alpha S_\beta)^{0.55}$$

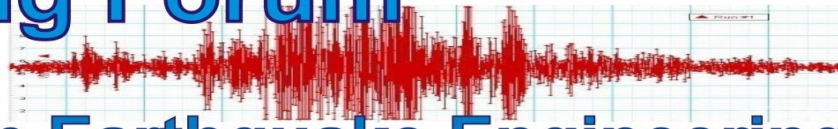
$$PGD_e = S_{De} (T_F) = 0.025 T_\beta T_D F_L S_{\beta, RP}$$

Максималното относително преместване на две точки (площадки) i и j , на разстояние x_{ij} , може да бъде оценено съгласно следните формули:

$$d_{ij} = d_{ij,max} \left[1 - e^{-1.25(x_{ij}/x_L)^{0.7}} \right], x_L = 500 \text{ m}$$

$$d_{ij,max} = 1.25 \sqrt{PGD_{ei}^2 + PGD_{ej}^2}$$

PGD_{ei} , PGD_{ej} са
съответно изчислените
макс. премествания за
площадки i , j



EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие →

Сеизмично въздействие

Конвенционално (прието) земетресение

Тази информация може да бъде полезна, например за:

- ✓ проверка на втечняване на земната основа
- ✓ избора на входни акселерограми за анализи на историята на реагирането

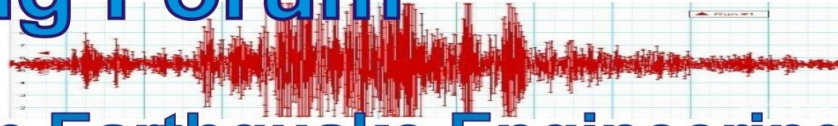
Конвенционална стойност на магнитуда на земетресението (магнитуд M_w) и със съответната продължителност D_R на силната част от земното движение, може да бъде свързана с еластичния спектър на реагиране.

При липса на конкретни оценки могат да се използват таблични стойности

Обхват на $S_{\beta,RP}$ (m/s^2)	M_w	D_R (s) за площадки категория А	D_R (s) за площадки категория В, С	D_R (s) за площадки други категории
< 0.08	4.5	0.5	0.6	0.75
$0.08 < S_{\beta,RP} < 0.2$	5.0	1.0	1.2	1.50
$0.2 < S_{\beta,RP} < 0.5$	5.5	2.0	2.4	3.0
$0.5 < S_{\beta,RP} < 1.2$	6.0	4.0	4.8	6.0
$1.2 < S_{\beta,RP} < 2.5$	6.5	8.0	9.6	12.0
$2.5 < S_{\beta,RP} < 4.0$	7.0	16.0	19.2	24.0
$S_{\beta,RP} > 4.0$	7.5	32.0	38.4	48.0

Специфични проучвания могат да бъдат проведени за ситуации, в които сеизмичността се управлява от **силни и далечни земетресения**.

... Национални приложение ...



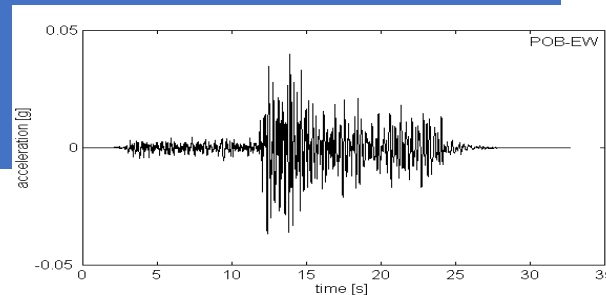
EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие →

Сеизмично въздействие Алтернативно представяне 1/2

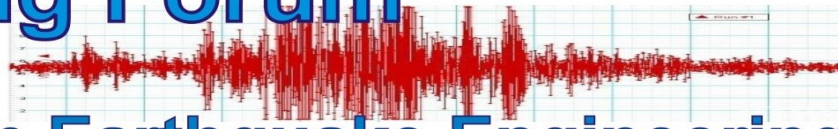
Входни движения за анализ на историята на реагирането

- Сеизмичното входно движение може да бъде представено с времеви редове, изразени чрез **АКСЕЛЕРОГРАМИ** и свързаните с времето величини (**СКОРОСТ** и **ПРЕМЕСТВАНЕ**).
- В зависимост от естеството на приложението и от действително наличната информация, входното движение може да се състои от
 - ✓ записани акселерограми,
 - ✓ симулирани акселерограми
 - ✓ изкуствени акселерограми.



ЗАБЕЛЕЖКА 1 Критерии за избор и мащабиране на **входните движения** са дадени в специално приложение.

ЗАБЕЛЕЖКА 2 - Минималният брой акселерограми, които трябва да се вземат предвид за различните класове на сеизмично действие, е посочен в част „Моделиране“ → „...
Трябва да се използват минимум седем набора (комплекта) входни движения. За оценка на ефектите на сеизмичното действие трябва да се вземе предвид осреднено максимално реагиране ...»



EN 1998-1-1.

Основни правила и сеизмично въздействие →

Сеизмично въздействие Алтернативно представяне 2/2

Пространствен модел на сеизмичното въздействие

За конструкции, за които не може да се направи разумно предположението за едно и също въздействие върху всички опори, трябва да се използват пространствени модели на сеизмичното действие.

ЗАБЕЛЕЖКА Допуска се промяна на движението на земната основа в пространството, както и на времето за специфични типове конструкции (вж. EN 1998-2, EN 1998-4 и EN 1998-6).

При всяка опора на такава конструкция сеизмичното действие трябва да бъде представено под формата на:

- ✓ спектри на реагиране,
- ✓ или във времеви редове,

като надлежно се отчита възможната променливост на състоянието на площадката при различни опори.

Ако сеизмичното действие е представено от набор от спектри на реагиране, за всяка двойка опори с индекси k и l може да се изчисли коефициент на корелация, ρ_{kl} , между ефектите на действие.

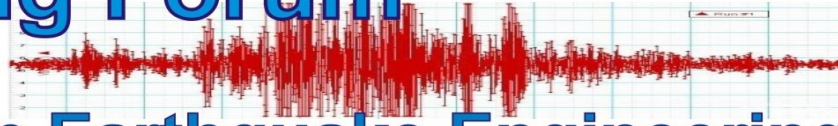
$$\rho_{kl} = \exp\left(-\frac{2L_{kl}}{a_{kl}(L_{gk} + L_{gl})}\right) \quad a_{kl} = \exp\left(-\frac{L_{gk} - L_{gl}}{500}\right)$$

L_{kl} - разстояние между опори k, l

L_{gk}, L_{gl} - характеристични дължини в зависимост от категорията на площадката – таблични стойности

Категория площадка	A	B	C	D	E	F	Z
L_g (m)	400	300	250	200	400		

В случай, че сеизмичното действие е представено под формата на времеви редове за анализ на историята на реагиране, нормализираният коефициент на кръстосана корелация между две входни движения, приложени в една и съща посока при опори k и l не трябва да надвишава най-голямото от изчислените r_{kl} , и 0,2.



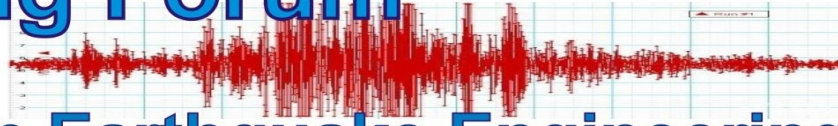
EN 1998-1-1. ЕВОЛЮЦИЯТА НА ЕВРОКОД 8 СЕИЗМИЧНО ВЪЗДЕЙСТВИЕ

Ключови промени в EN 1998-1-1

- ✓ Описание и картиране на сеизмичната опасност ; използване на период на повтаряемост като алтернатива на избора на ниво на опасност
- ✓ Съгласувана дефиницията за гранични състояния във всички части на EN1990
- ✓ Дефиниране на класове на дуктилност

- ✓ Подобрена класификация на земната основа
- ✓ Дефиниция на еластичен спектър на реагиране
- ✓ Предефинирано затихване на площадката
- ✓ Отчитане на топографските ефекти
- ✓ Алтернативното представяне на сеизмичното въздействие,

УАСГ - НАЦИОНАЛЕН ЦЕНТЪР ПО СЕИЗМИЧНО ИНЖЕНЕРСТВО



Благодарности

Авторите изказват специалната си благодарност на организаторите на този форум Съюз на строителните инженери в България (ССИБ) и Камара на инженерите в инвестиционното проектиране, регионална колегия София-град (КИИП РК София-град), както и на основните „виновници“ за това събитие в лицето на инж. Димитър Начев, инж. Мария Стефанова и инж. Стефан Кинарев.

Благодарим Ви сърдечно за:

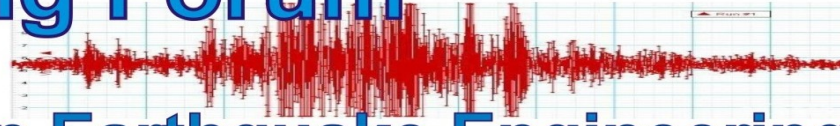
- ✓ Добре подбраните тематични направления;
- ✓ За усилията, усърдието и търпението при организацията на събитието;
- ✓ За това, че разпознават потенциала на експертите от УАСГ-НЦСИ и отправиха тази любезна покана за участие.



Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



УАСГ - НАЦИОНАЛЕН ЦЕНТЪР ПО СЕИЗМИЧНО ИНЖЕНЕРСТВО

Националният център по сеизмично инженерство (НЦСИ) е структурно звено със статут на университетска научно-изследователска лаборатория към Университета по архитектура, строителство и геодезия.

Националният център по сеизмично инженерство (НЦСИ) се създава с мисията да се превърне в национално значим институт, който ще работи за прогресивно намаляване на сеизмичния риск чрез увеличаване на националното знание и опит в областта на сеизмичното инженерство.

БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО

Национален център по сеизмично инженерство
1046, София, бул. „Хр. Смирненски“ 1
УАСГ, централно фоайе, ляво, каб. 121 А

phone: +359-88-796-1768

e-mail: m.kuteva@neec.bg

kouteva_fce@uacg.bg

tzv.georgiev@neec.bg

cvgeorgiev_fce@uacg.bg

web: www.neec.bg