



European Council  
of  
Civil Engineers



REPUBLIC OF BULGARIA  
Minister of Regional Development and Public Works



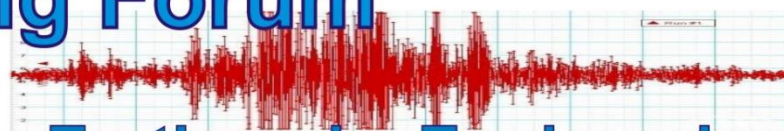
European Council  
of Engineers Chambers

**BEF**  
**2021**

# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



## Конструктивни намеси в исторически сгради – защо, как и кога

Проф. д-р инж. Марина Трайкова

Университет по архитектура, строителство и геодезия

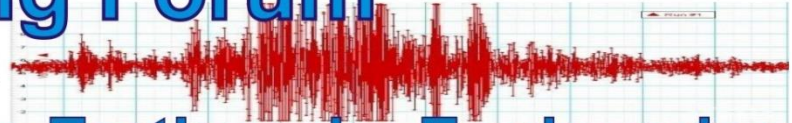
marina5261@abv.bg



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



## Съдържание на презентацията

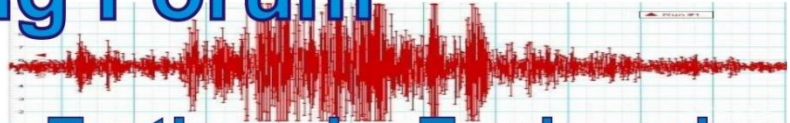
1. Общи положения
2. Причини за конструктивни намеси в историческите сгради – **Защо?**



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



## Съдържание на презентацията

3. Проблеми при проектирането на интервенции в конструкциите на историческите сгради – **Как?**

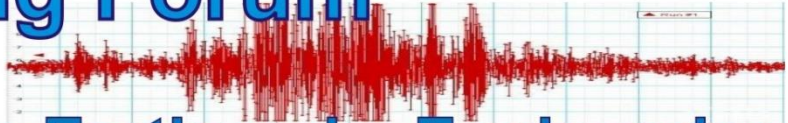
4. Намеси или без намеси върху съществуващите конструкции като въпрос на риск – **Кога?**



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



## 1. Общи положения

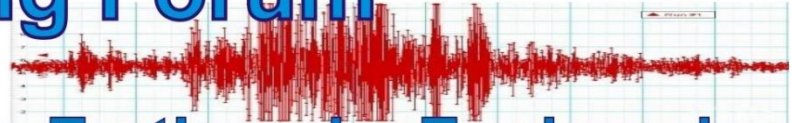
**Запазването и интегрирането на историческите сгради в съвременния живот са решения, които са едновременно устойчиви и отговорни за околната среда, но също толкова важни като културен акт, който помага за опазването, признаването и продължаването на културно -историческите традиции.**



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



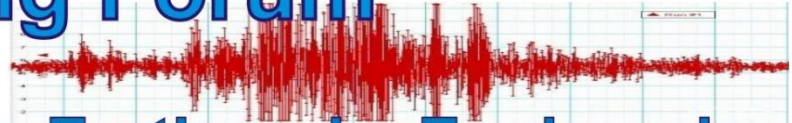
Проектирането на намеси в исторически сгради трябва да се ориентира към идентифициране на най-добрите решения, които обхващат поведението на конструкцията и културно-историческата стойност на сградата.



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



## Критерии за оценяване на сградата като паметник на културата:

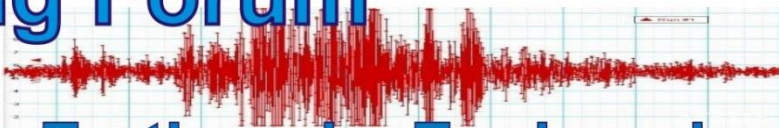
- Исторически
- Културни
- Социални
- Символични
- Уникална архитектура и конструкция



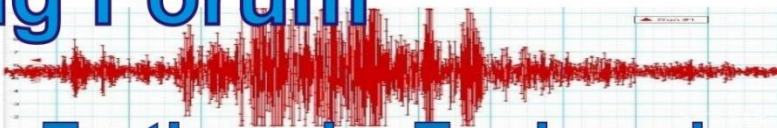
# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering

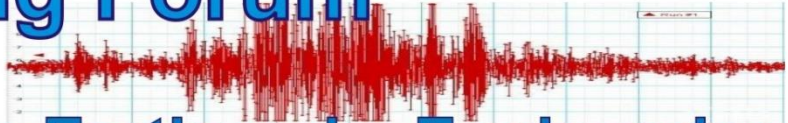


- **Конвенционалните изчислителни техники и съвременните норми за ново строителство са трудноприложими, а понякога напълно неприложими към историческите сгради.**
- **Съвременната практика при работа с исторически конструкции може да се дефинира в 5 основни стъпки: проучване на историята, инспектиране на актуалното състояние, мониторинг, конструктивен анализ и проектиране на намесите.**



**Основни характеристики, които са определящи при планиране на намесите:**

- **Група 1:** геометрия, материали, конструкция (детайли и връзки), местоположение, исторически модификации (биография на конструкцията), несъвършенства и повреди
- **Група 2:** строителната традиция и техника на строителство, оригинална функция, знание, история, чувства, спомени



### **Съвременни тенденции в анализа и опазването/възстановяването на исторически сгради:**

- **Използване на диференциран подход при формиране на числените модели и коефициентите за сигурност**

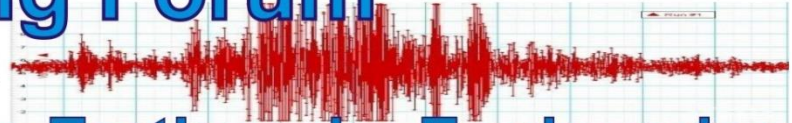
**Целта на анализа:** сигурност за хората, запазване на интегритета на конструкцията като културно-историческа стойност, запазване на художествените артефакти



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



Основни се оказват експлоатационните гранични състояния, ориентирани към деформации и пукнатини.

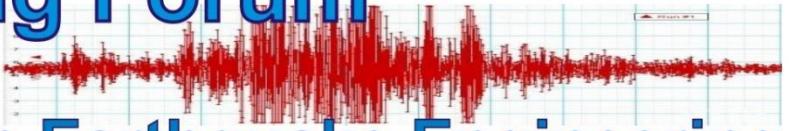
**Важно!** Преразглеждане на нивото на достоверността на коефициентите на сигурност и проверките за носимоспособността – до каква степен може да се „отклоним“ от действащите стандарти.



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



При установени повреди и дефицит в носимоспособността на конструкцията може да се наложи да се потърсят спешни временни мерки.

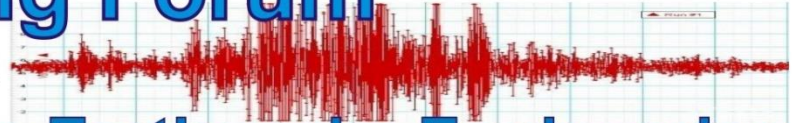
**Конструктивният анализ** трябва да се развие в следните стъпки: 1) исторически анализ (оригинално решение), 2) сравнителен анализ (сравнение с вече изследвани подобни конструкции), 3) експериментален анализ, 4) аналитичен подход (изследване за прогнозиране на поведението).



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



➤ Специфичен (индивидуален) подход за определя на **характеристиките на материалите**

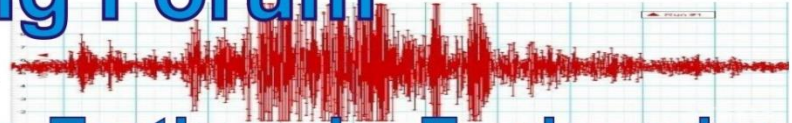
На място или в лаборатория – специфични проверки за материалите и техните характеристики



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



➤ **Минимални намеси (ограничаване на значителните намеси)** за сметка на възстановяването на конструкцията и нейните елементи

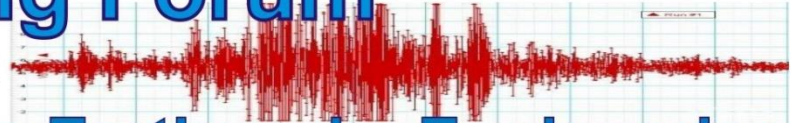
Минималните намеси дефинират обхват, който гарантира сигурността, но максимално запазва оригиналния вид на конструкцията.

**BEF**  
**2021**

# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

## International Conference on Earthquake Engineering



Минималните намеси са ориентирани към опазване на историческата стойност при оптимални консервационни високотехнологични дейности.

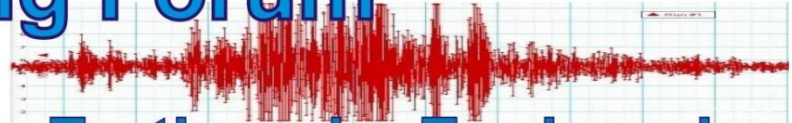
**Практиката показва, че концепцията за минимални намеси в голяма част от случаите е и най-ефективна за поведението на конструкцията, като например радикална промяна на конструкцията.**



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



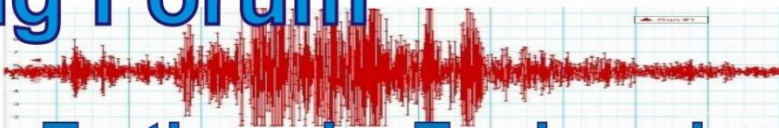
- **Глобални и локални числени модели на конструкцията и нейните елементи**
- ✓ **Глобални модели (за оценяване на цялостното поведение на конструкцията и нейните елементи)**

**BEF**  
**2021**

# Building Engineering Forum

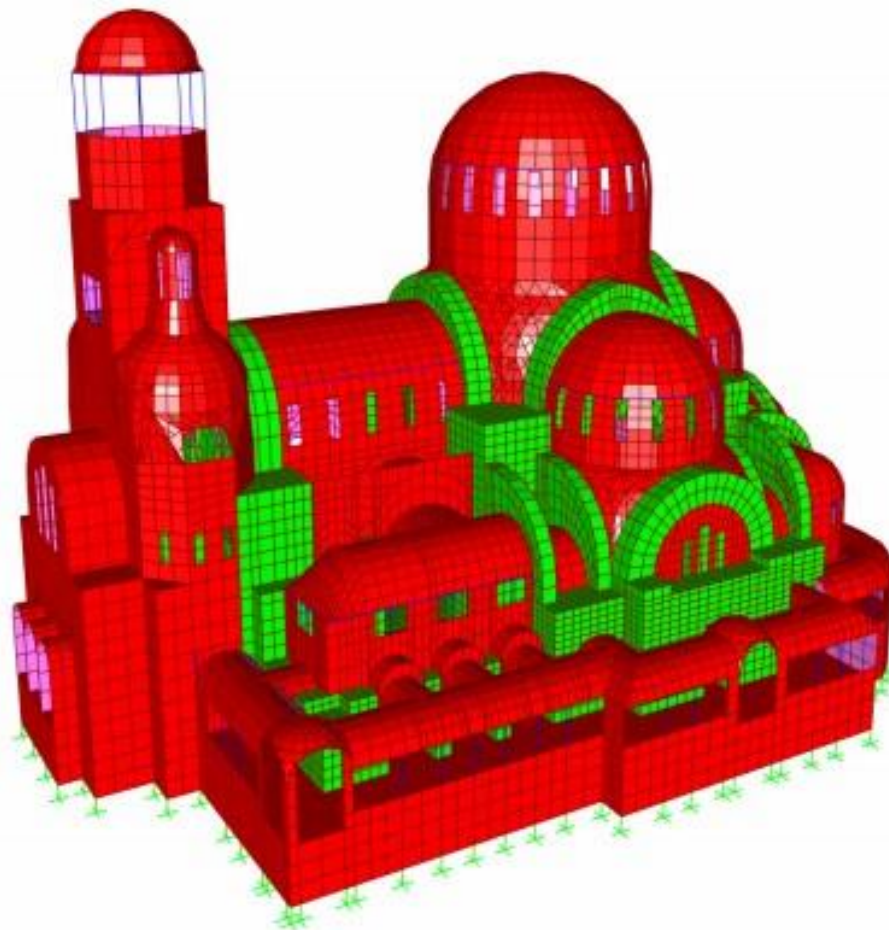
20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



**Храм паметник Александър Невски**

**(личен архив)**

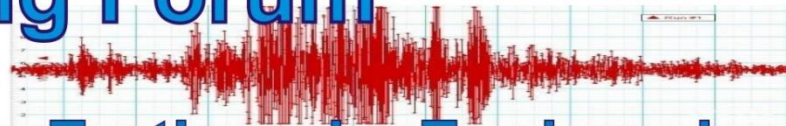




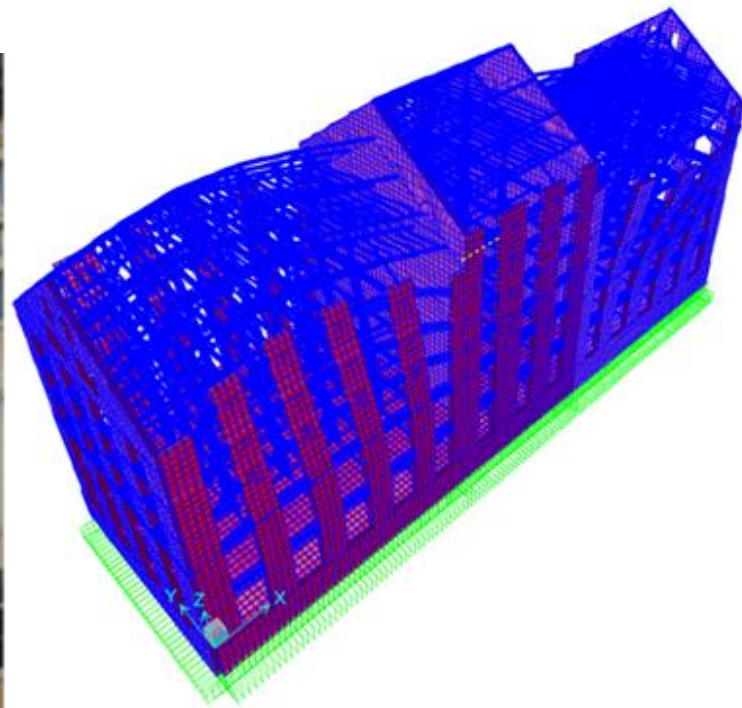
# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



Тютюнев склад – гр. Кюстендил, арх.  
Фишер, 1924-1925 г. (личен архив)

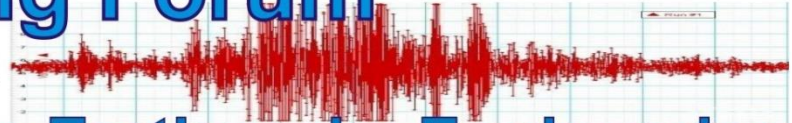




# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



**Тютюнев склад – гр. Кюстендил, арх.  
Фишер, 1924-1925 г.**

**Основен проблем:** моделиране на  
разнообразни строителни материали, вложени  
в конструкцията – стоманобетон, зидария,  
дърво

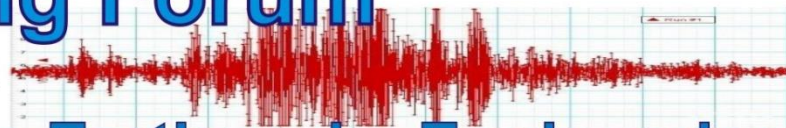
**Резултат от анализа:** големи премествания на  
отделните нива, необходимост от усиляване за  
сеизмични въздействия



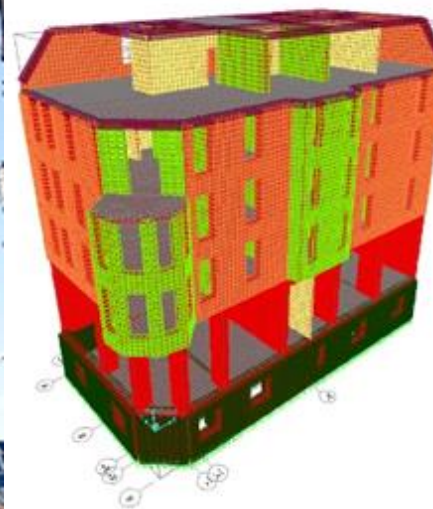
# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

## International Conference on Earthquake Engineering



Леге Палас – гр. София, 1910-1914, арх.  
Фингов, арх. Ничев, арх. Юруков  
(личен архив)

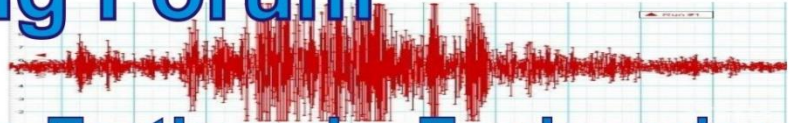




# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



**Леге Палас – гр. София, 1910-1914, арх. Фингов, арх. Ничев, арх. Юруков**

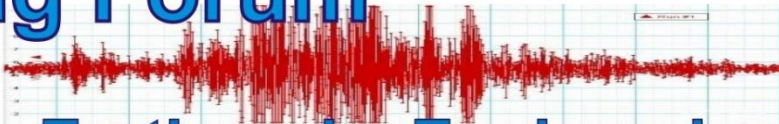
**Резултати от анализа: големи премествания в резултат на значителни промени/премахване в стените на първото ниво, големи нормални сили в колоните (над максимално допустимите), водещи в някои случаи до сериозно претоварване**



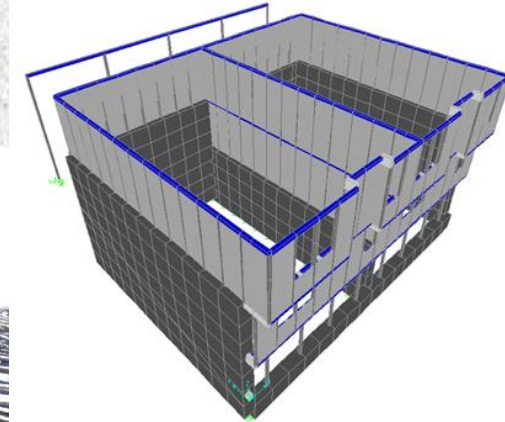
# Building Engineering Forum

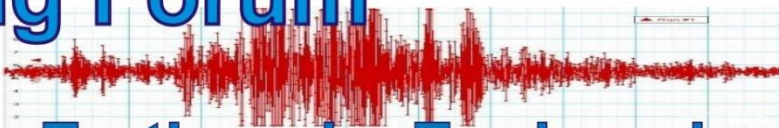
20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



Лафчиева къща – гр. Дряново, 1847 г.,  
актуален Етнографски музей (личен архив)

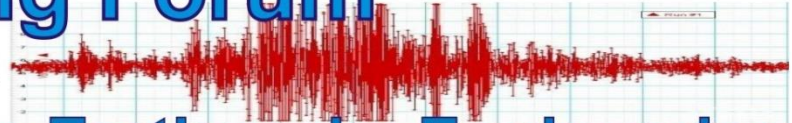




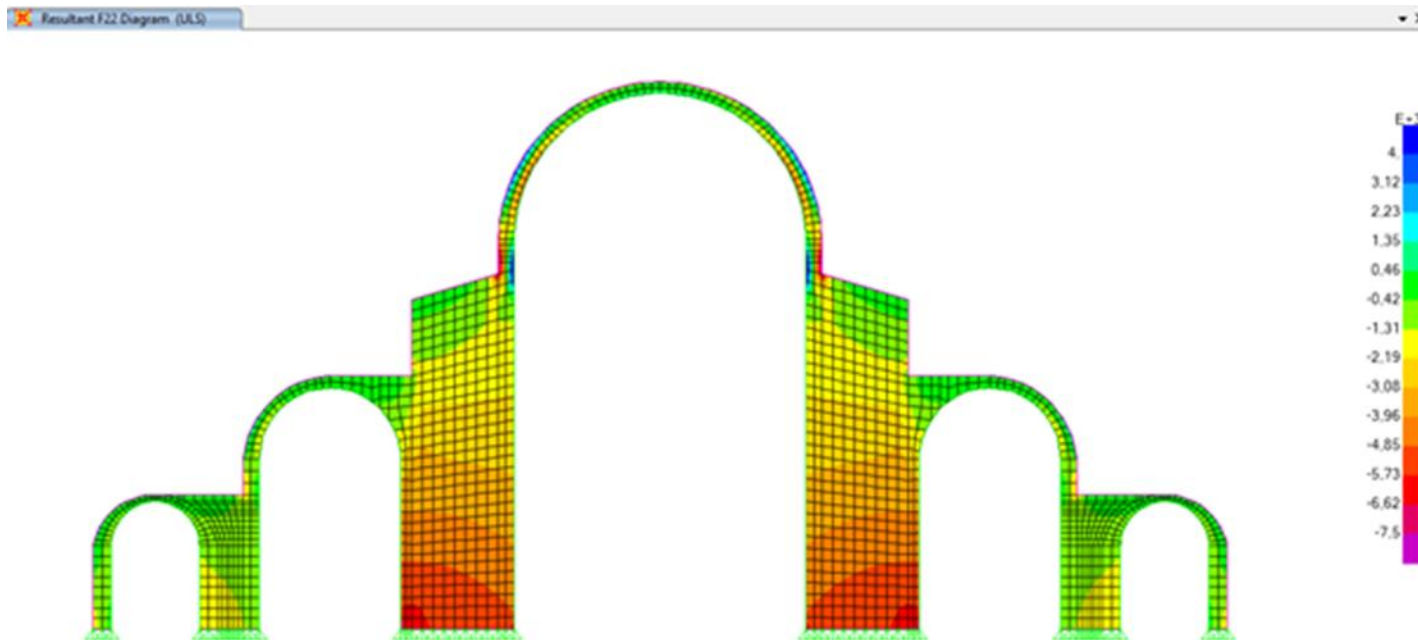
**Лафчиева къща – гр. Дряново, 1847 г.,  
актуален Етнографски музей**

**Особеност на конструкцията:** построена в наклонен терен, задната фасада е 2 етажна, отпред е 3 етажна; комбинирание на различни материали (дърво на горните нива, на долните нива камък)

**Резултат от анализа:** добро поведение за земетръс, премествания в допустими граници



✓ Локални модели (за специфични дефекти и повреди) (личен архив)

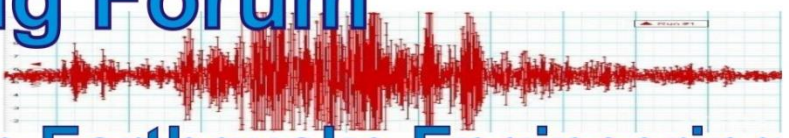




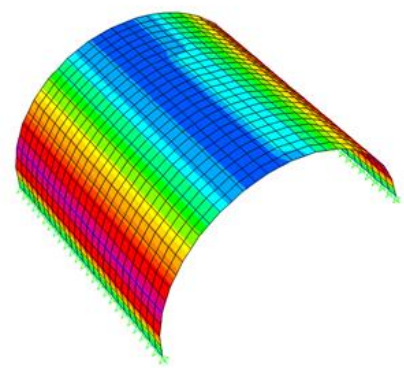
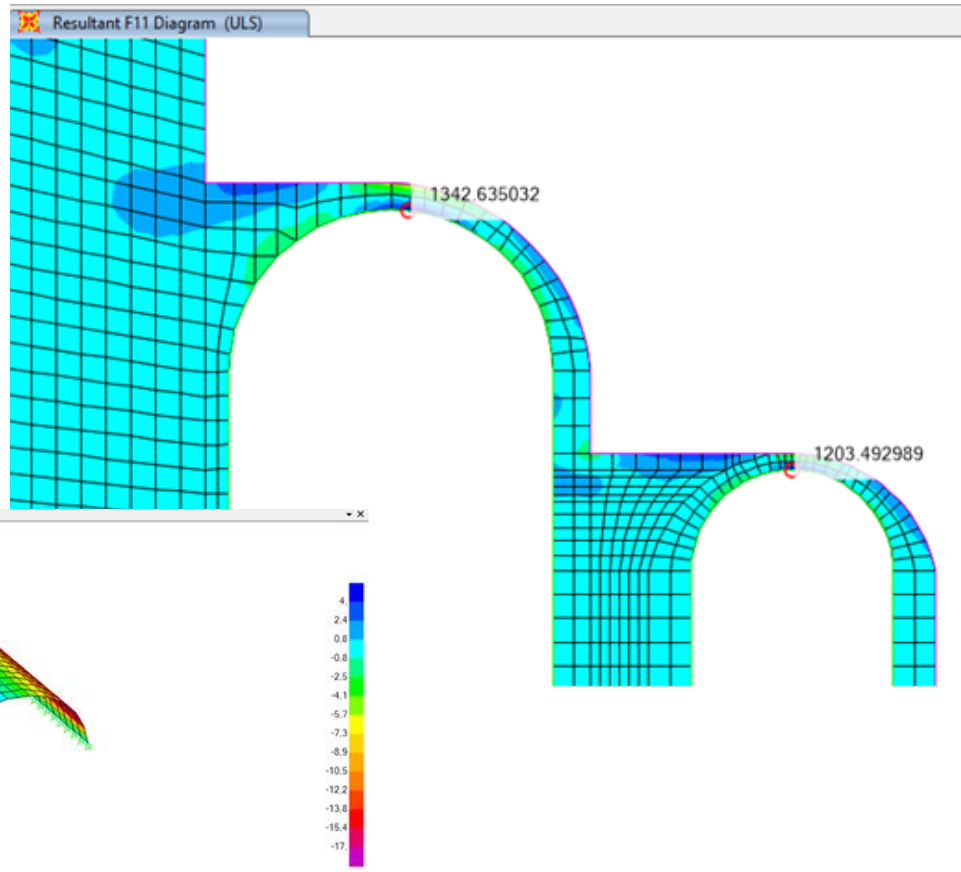
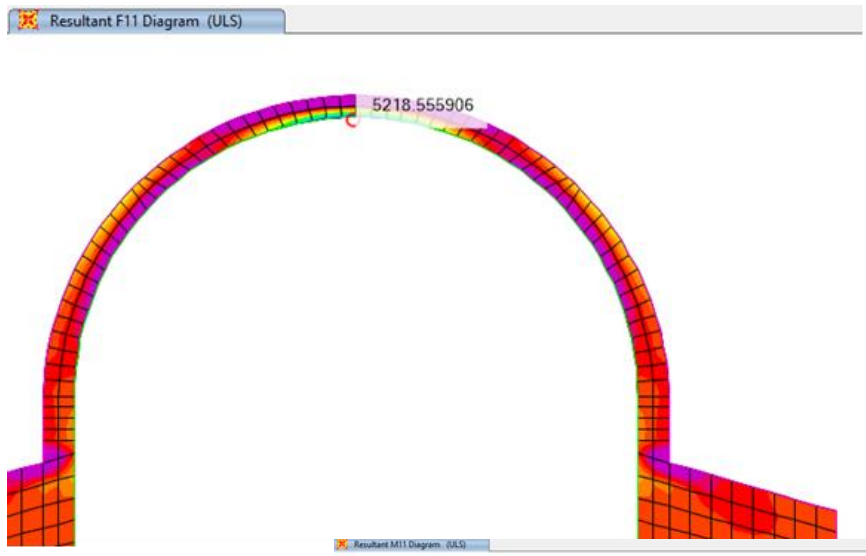
# Building Engineering Forum

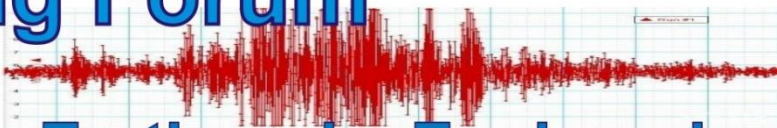
20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

## International Conference on Earthquake Engineering

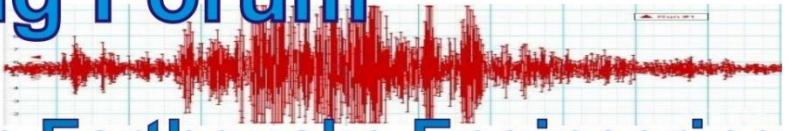


✓ Локални модели (личен архив)



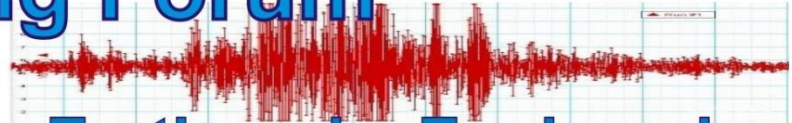


- **Мониторинг** – in situ, в лаборатория (моделно изпитване)- ползва се калибриране на изчислителните КЕ моделите
- **Интервенции в конструкцията**
- ✓ **Съвместимост** на оригиналните материали с новите, които биха били ползвани
- ✓ **Дълготрайност**
- ✓ **Неинвазивни**



- ✓ Възможност за **обратимост** на **намесите**
- ✓ **Достъпни**
- ✓ Възможност за **контрол**
- ✓ **Устойчивост**

**Намеси, които имат слабо/благоприятно влияние върху конструкцията:** 1) превантивна или регулярна поддръжка, 2) стабилизиране, 3) ремонт, 4) усилване с традиционни или исторически техники



## 2. Причини за конструктивни намеси в историческите сгради – **Защо?**

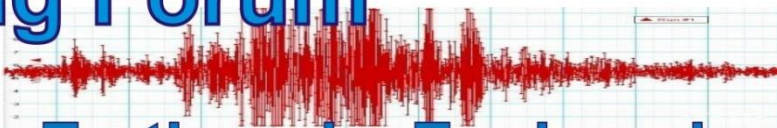
- Защита от сеизмични въздействия
- Защита от климатични и/или други неблагоприятни въздействия (вятър, температура, пожар др.)
- Възстановяване на повредени конструктивни елементи
- Функционално адаптиране



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



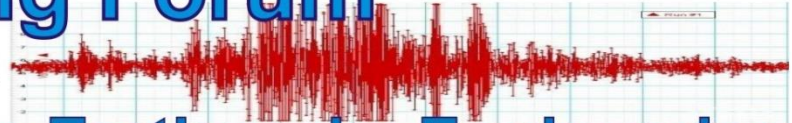
Сеизмичното усилване не винаги е задължително: необходимо е сравнение между текущото ниво на безопасност и нивото на безопасност след интервенцията, приемайки **ниво на защита**, което варира в зависимост от значимостта и използването на сграда. Често при лошо сеизмично усилване може да се провокират редица отрицателни ефекти дори разрушение на конструкцията или на нейни елементи.



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



## Основни мерки за сеизмично усилване:

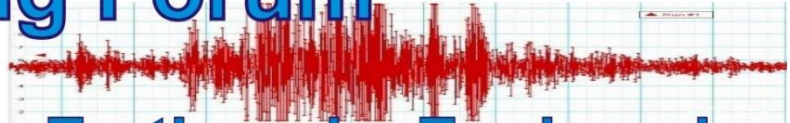
- ✓ Подобряване на връзките между стени, подови диафрагми
- ✓ Редуциране на деформативността на подовите конструкции
- ✓ Покривите
- ✓ Неконструктивни елементи
- ✓ Основи (усилване, сеизмоизолация)



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering

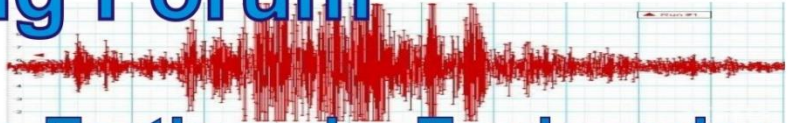


**Основни мерки за ограничаване на климатичните въздействия:**

Изоляция, подобряване на връзката на прозорци и врати със стените, инсталации

**Основни мерки за ограничаване на ефектите от пожари:**

Активни и пасивни мерки



**3. Проблеми при проектирането на интервенции в конструкциите на историческите сгради – Как?**

**Основните проблеми при конструктивните намеси:**

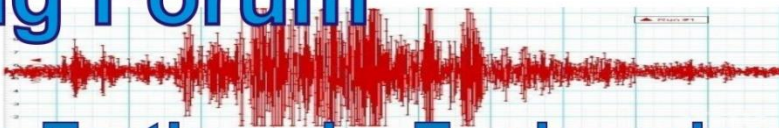
- Голямо видово разнообразие на конструкциите
- Липса на достатъчно познание за вида на конструкцията, използваните материали и т.н.



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering

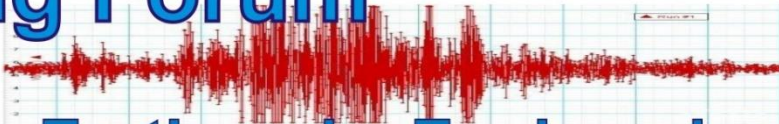


- Липса на документация
- Актуално състояние на конструкцията
- Създаване на реални числени модели, оценка на резултатите



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria



## International Conference on Earthquake Engineering

### Как да проектираме и направим намеси в конструкцията на историческите сгради?

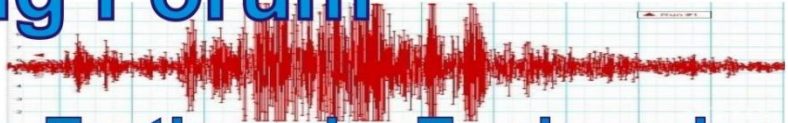




# Building Engineering Forum

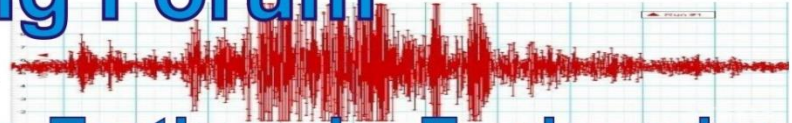
20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



## Как да проектираме и направим намеси в конструкцията на историческите сгради?

- Опазване, реставриране, адаптиране
- Използване на традиционни материали и техники
- Използване на нови материали и техники



- **Опазване, реставриране, адаптиране**  
Бивша бирена фабрика (Moritz) в Барселона (личен фотоархив)

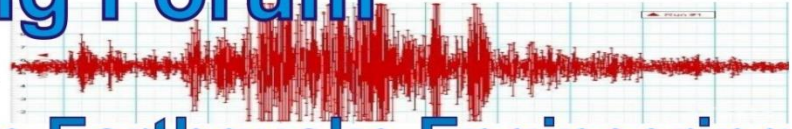




# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



➤ **Опазване, реставриране, адаптиране**

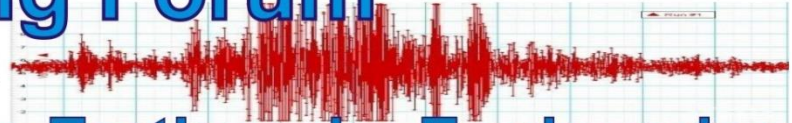




# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



➤ **Опазване, реставриране, адаптиране**

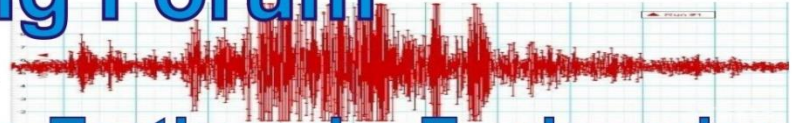




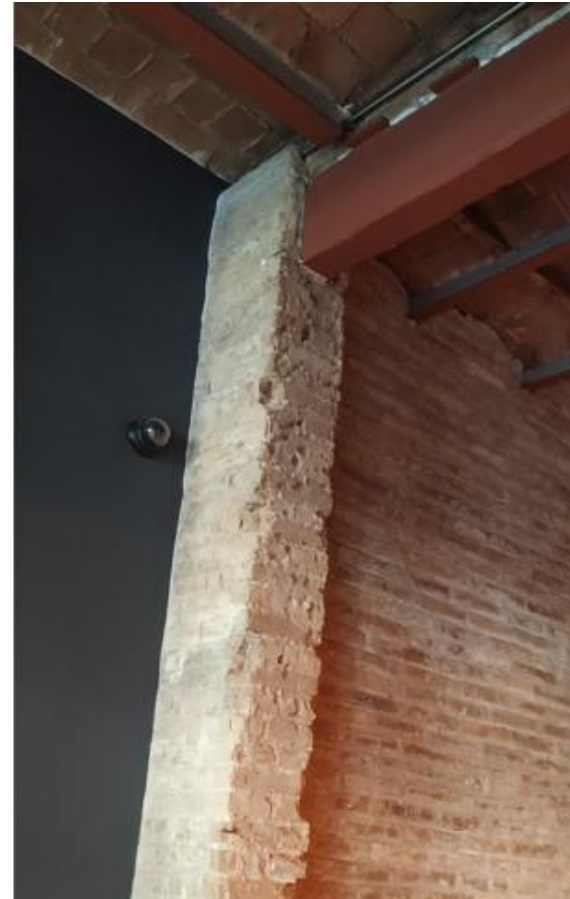
# Building Engineering Forum

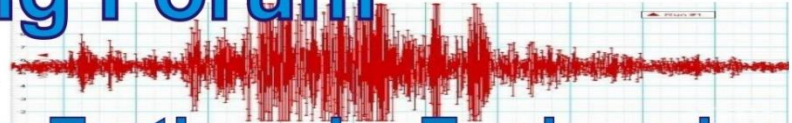
20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering

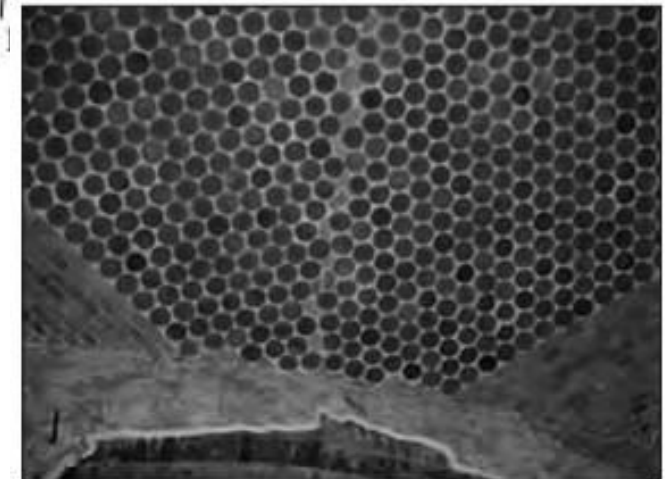
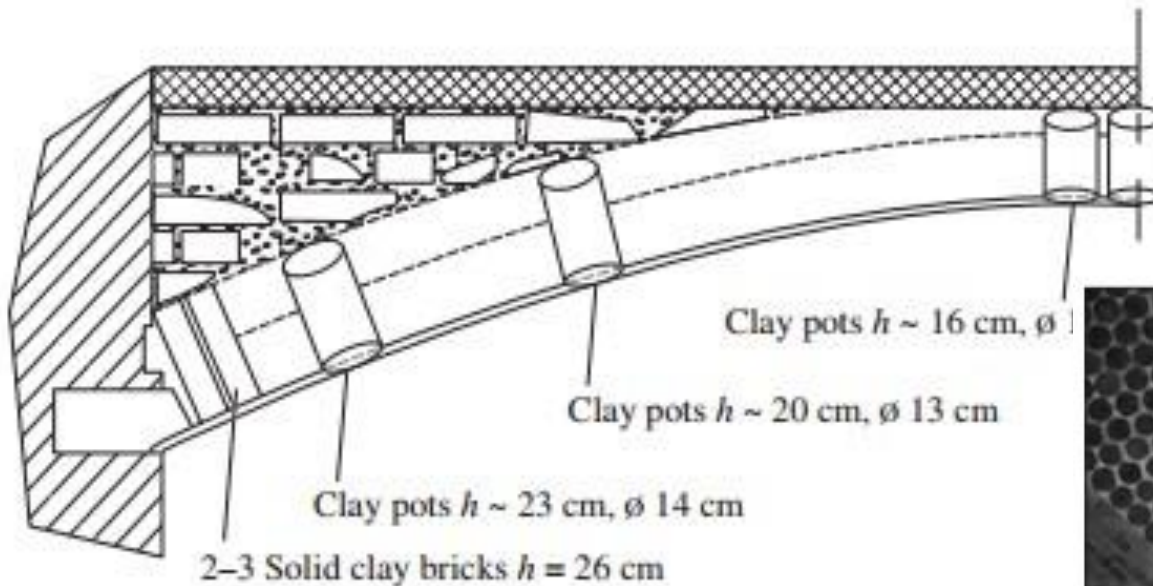


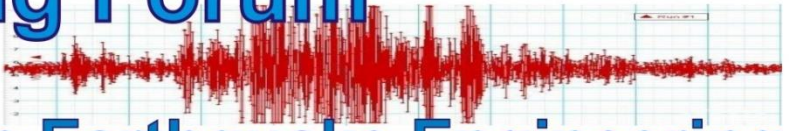
➤ **Опазване, реставриране, адаптиране**





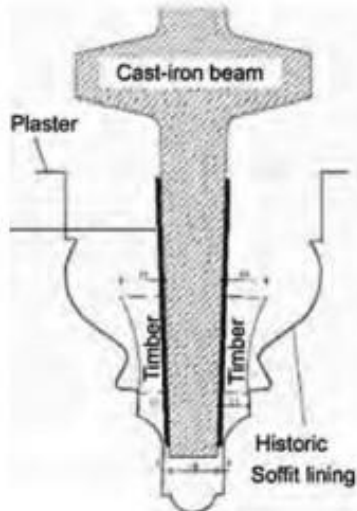
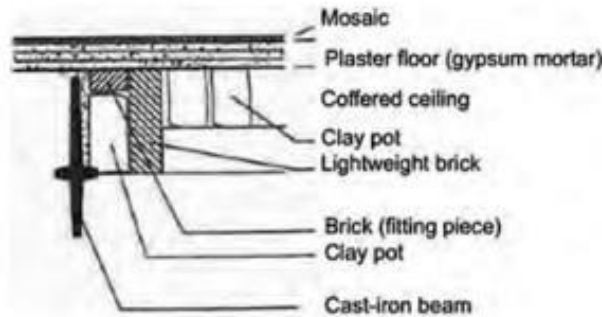
- **Използване на традиционни материали и техники**  
**Neues Museum, Berlin (SED 15, IABSE 2018)**

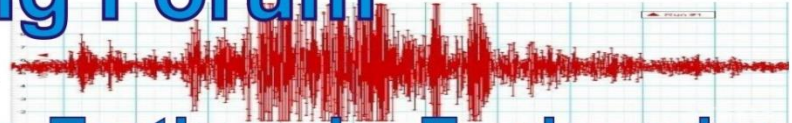




### ➤ Използване на традиционни материали и техники

### Neues Museum, Berlin





### ➤ Използване на традиционни материали и техники

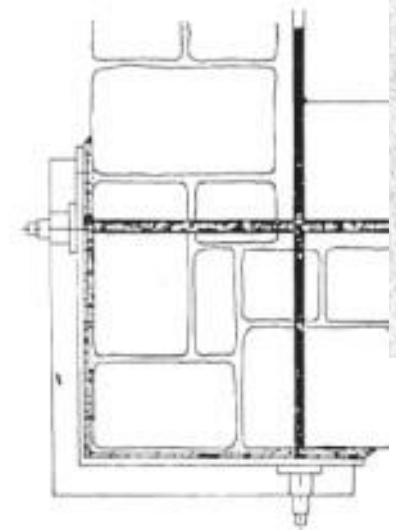
Използване на стоманени пръти и ленти за:

Подобряване на връзката под-стена;

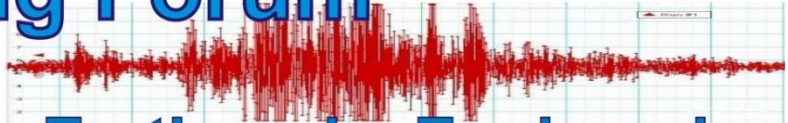
Укрепяване на връзки между съседни стени;

Стоманени връзки за покривната конструкция;

Стоманени ленти за тухлената зидария



- **Използване на нови материали и техники**  
**Пример (личен архив): Възстановяване на пукнатини в катедрален храм Александър Невски**
- **Спираловидните пръти Helibarr се прилагат за възстановяване на пукнатини. Прътите са изготвени от неръждаема стомана с висока осова якост на опън и гъвкавост. Същите остават напълно скрити след инсталирането в зидарията.**



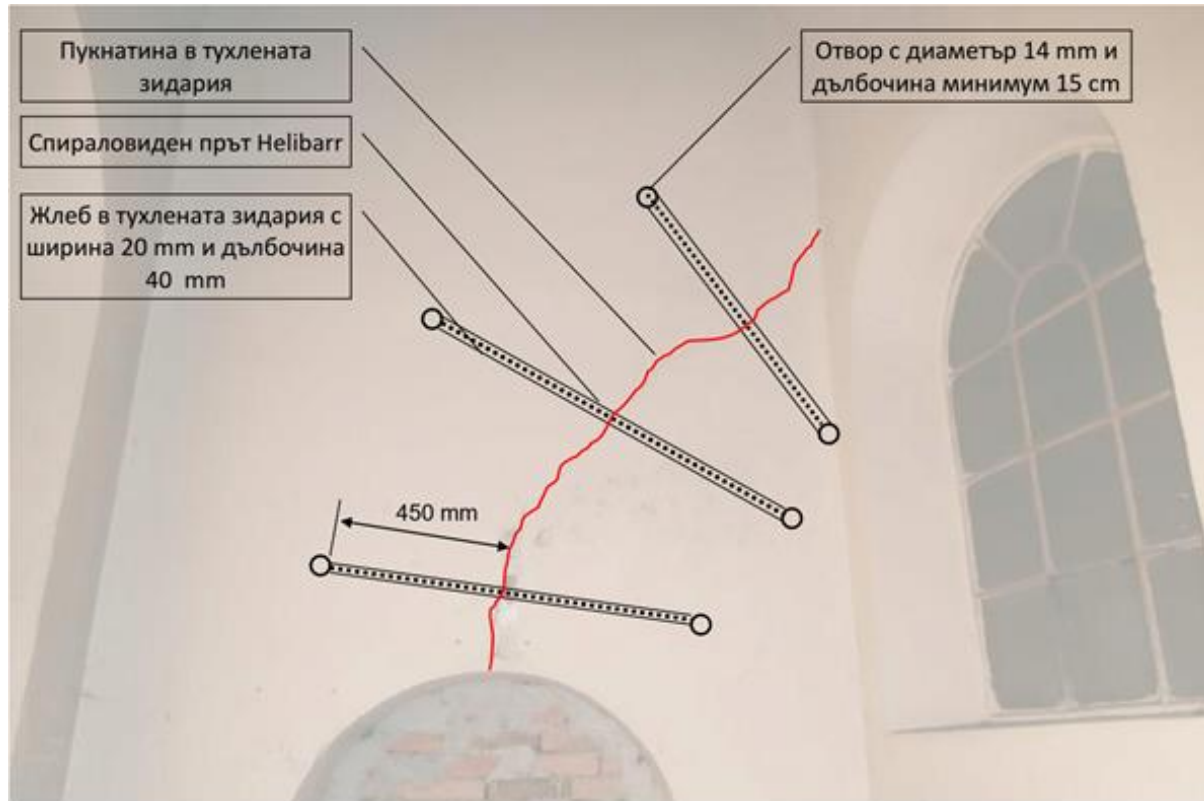
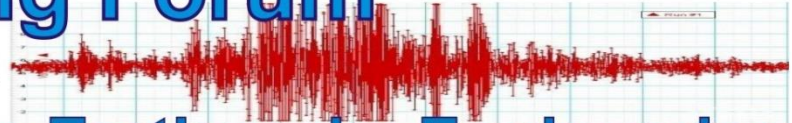
- Спираловидни стоманени пръти от системата **Thorhelical** с диаметър 12 mm. - конструктивно свързване на двете повърхности на появилите се пукнатини в арки и сводове
- Конструктивни пукнатини в тухлената зидария на стените по продължение на появилите се пукнатини в арките и сводовете на галерията - чрез спираловидно напречно армиране с помощта на система за възстановяване на тухлена зидария на стени с помощта на система за възстановяване **HeliBars**

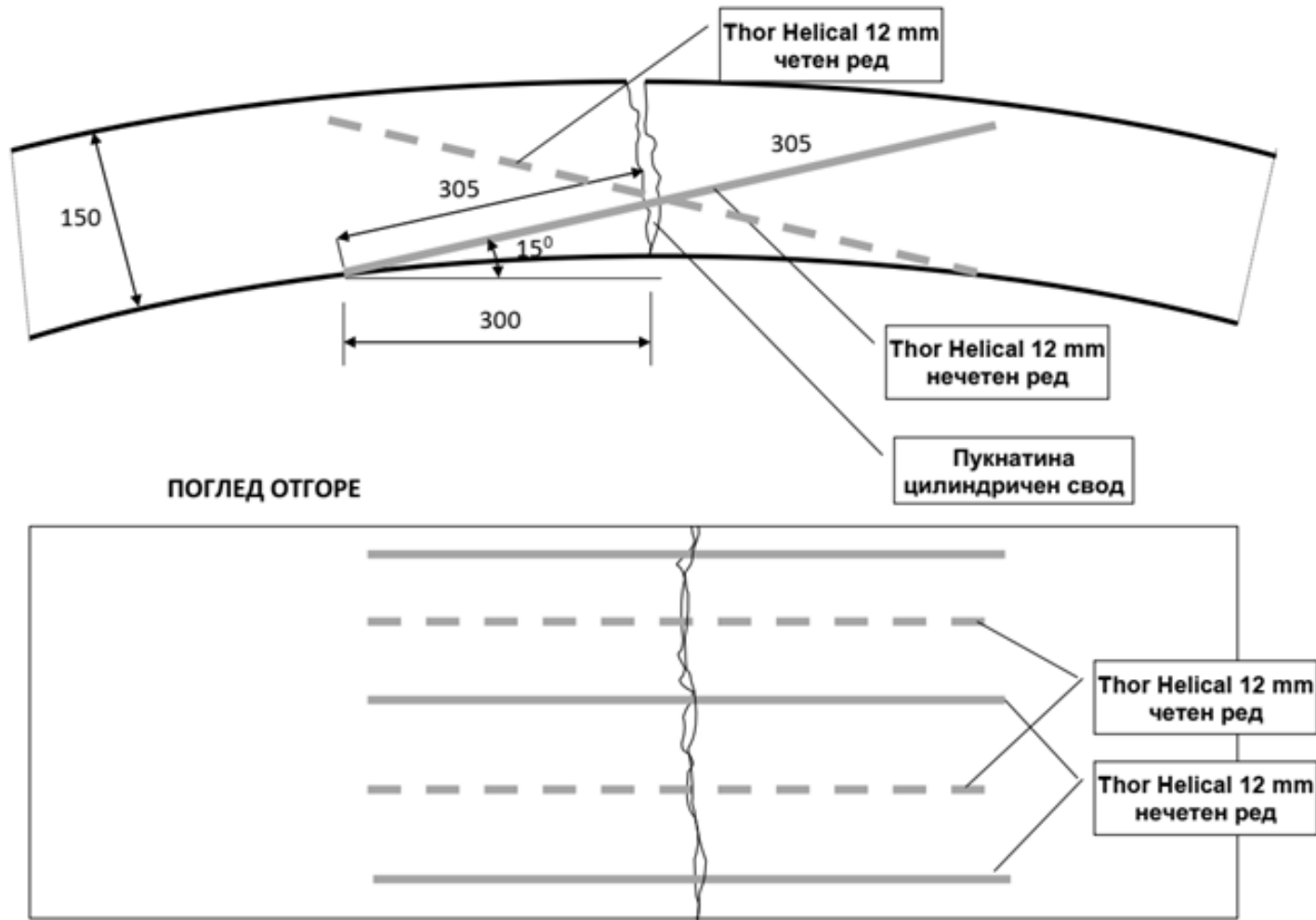
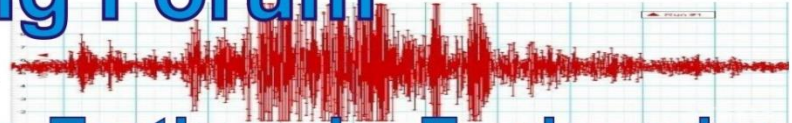


# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

## International Conference on Earthquake Engineering



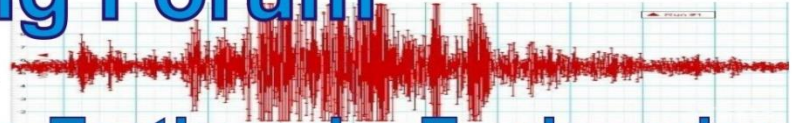




# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



**Други възможности за използване на съвременни материали и техники за конструктивни намеси:**

FRP материали

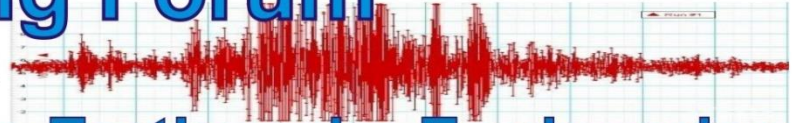
Инжектиране



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



4. **Намеси или без намеси върху съществуващите конструкции като въпрос на риск – Кога?**

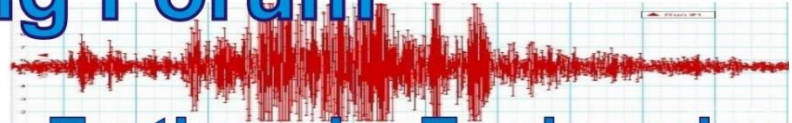
➤ **Ограничаване на намесите до минимум, избягване на ненужното усилване**



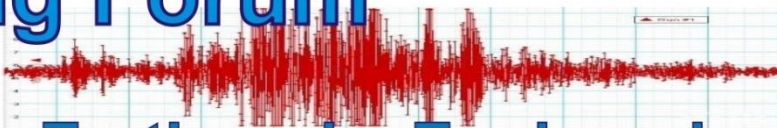
# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



Налага се тенденцията за прилагане на «консервативни» критерии при проектиране на конструктивните намеси с цел получаване на приемливо ниво на сигурност на съществуващата конструкция. Това налага внимателно изучаване и анализиране на поведението на конструкцията и потенциалните възможности за «слабите» места.



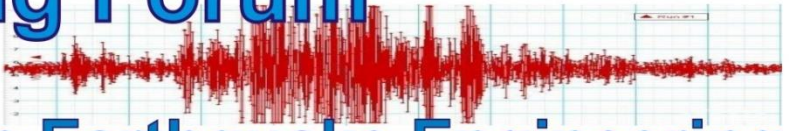
➤ **Оценяване на риска в случай на намеса в конструкцията**

За собственика е важно да знае дали конструкцията ще бъде **безопасна** в обозримо бъдеще и в състояние ли е да **изпълни** определената функция.

Въз основа на системен мониторинг може да се вземат решения за **неинвазивна намеса** или **никаква намеса** без да се **нарушава** сигурността на конструкцията.

### ➤ **Оценяване на риска в случай на намеса в конструкцията**

Независимо дали инженерът е доволен или не от това, че не е необходима намеса или пък точно обратното, **собственикът все още може да се нуждае от убеждаване, особено ако инженерната препоръка противоречи на очакванията.**



➤ **Оценяване на риска в случай на намеса в конструкцията**

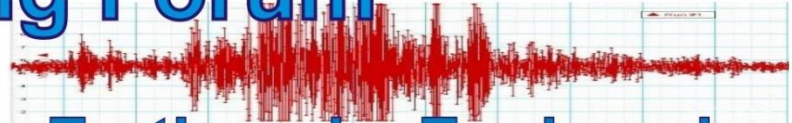
Докато окончателното решение е на собственика, инженерът е този, който формира мнението «за» или «против» намеса, като се обмисли конструктивната безопасност, функционалност, използваемост, икономичност и др. подробности, придобити по време на анализа и оценката на конструкцията.



# Building Engineering Forum

20-21 October 2021, Sofia, Bulgaria

International Conference on Earthquake Engineering



Благодаря за вниманието!