

# Versterken van rijwoningen

Ir. Mark Spanenburg RC



Onze wereld vraagt erom.

 bam

## Even kennismaken

- Ir. M.M.J. Spanenburg, seismisch adviseur BAM A&E
- Binnen BAM A&E kenniscentrum aardbevingen:
  - BAM Advies & Engineering
  - BAM Infraconsult
  - Holmes Consulting Group (NZ)
- En speciaal samenwerkingsverband, BORG
  - BAM Bouw en Techniek, regio Noord
  - ABT/Wassenaar
  - BAM Advies & Engineering



## Doel presentatie

- Globaal inzicht in de belangrijke parameters voor het seismisch versterken van gebouwen / constructies.
- Korte toelichting rekenmethoden.
- Relatie met de geotechniek.



## Versterken (en verduurzamen) van woningen:



## Pilot versterken woningen

- Aardbevingsbestendig maken woning.
- Uitgangspunt: woning zelf nauwelijks capaciteit.
- Verduurzamen woning (NOM). Nieuwe geïsoleerde huid en installaties.
- In totaal 7 aannemers en constructeurs.
- Na de pilot hebben BAM A&E en ABT/Wassenaar deze geëvalueerd en aanbevelingen gedaan.
- Extensie pilot gaat nu van start, met BAM A&E en ABT/Wassenaar in de lead.





# Pilot versterken woningen

1. Versterken



2. Verduurzamen (NOM-jas)

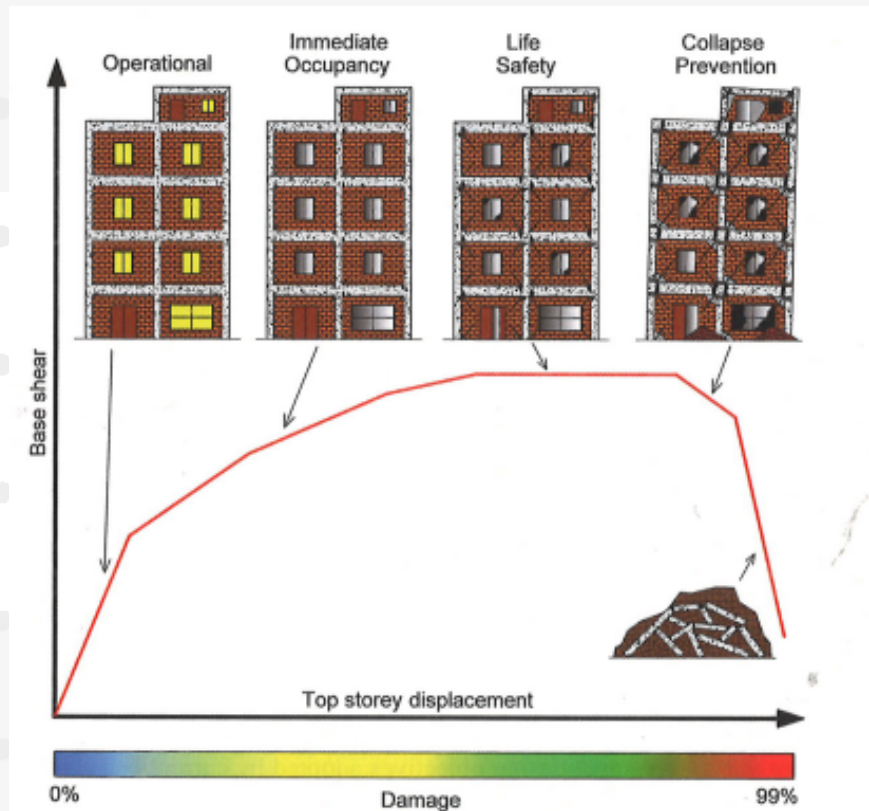


## Versterken rijwoningen?

- Moet deze woningen versterkt worden?
- Zo ja, welke onderdelen?
- Hoe bereken je dat?
- Wat is de invloed van de ondergrond?

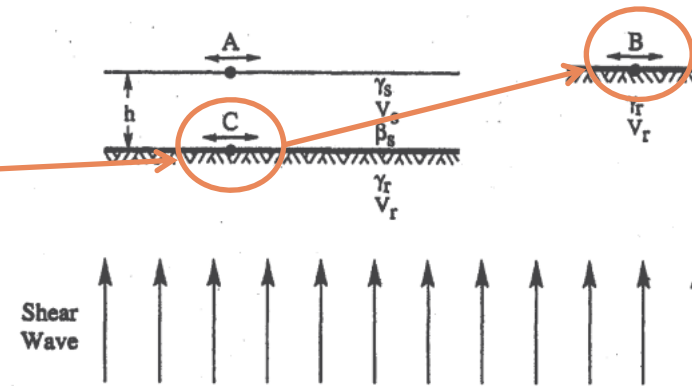


# Criterion: Near Collapse



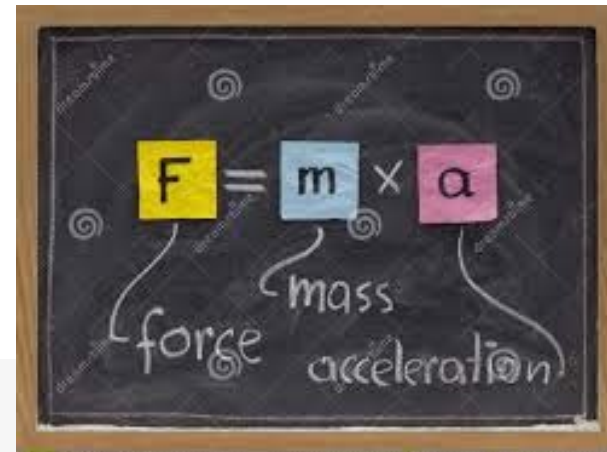
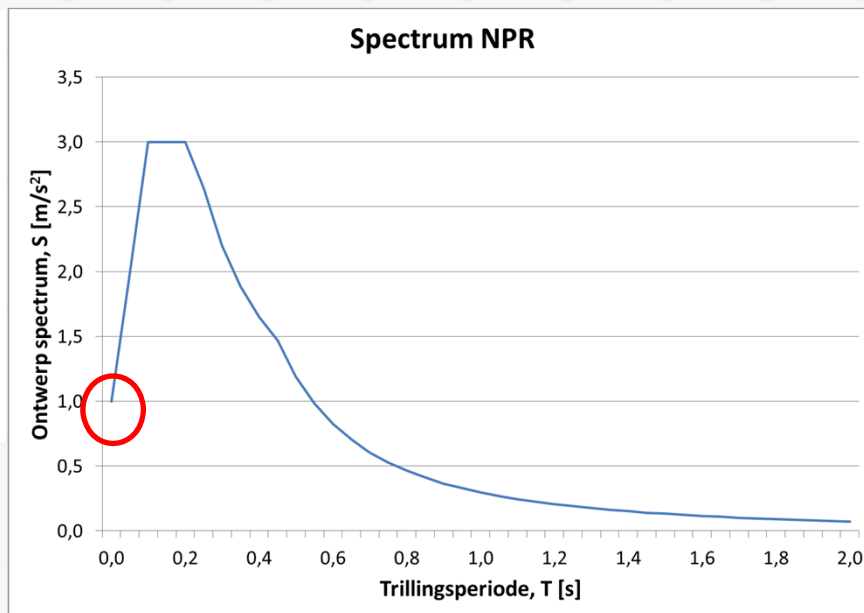


# Representatie aardbeving op gebouw



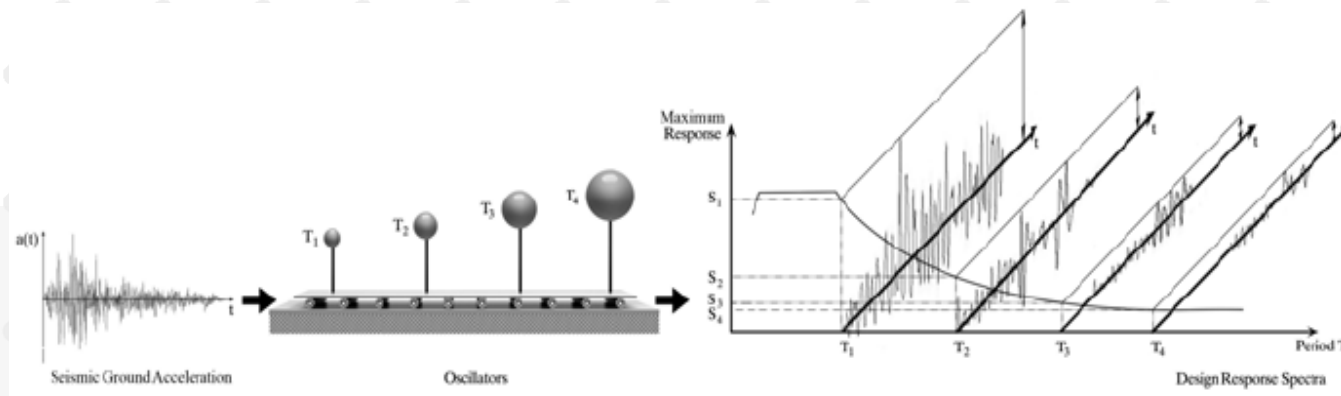
# Representatie aardbeving op gebouw

- Bepalen belasting op constructie met responspectrum.



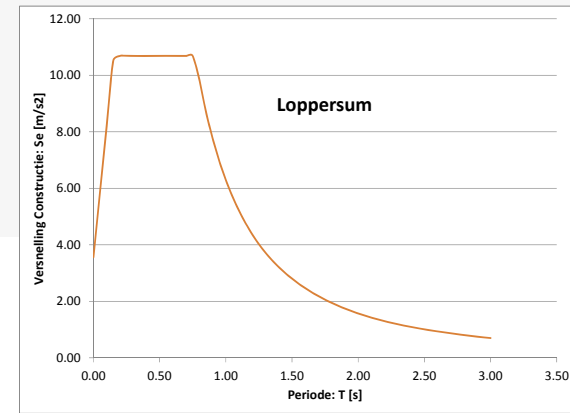
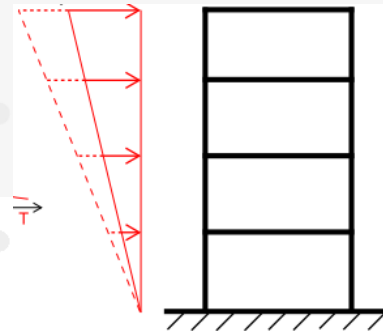
## Representatie aardbeving op gebouw

- Aardbevings signaal op 1-massa-veersysteem
- Uitlezen respons (spectrale versnelling) massa bij verschillende eigenfrequenties.
- Plotten in respons spectra

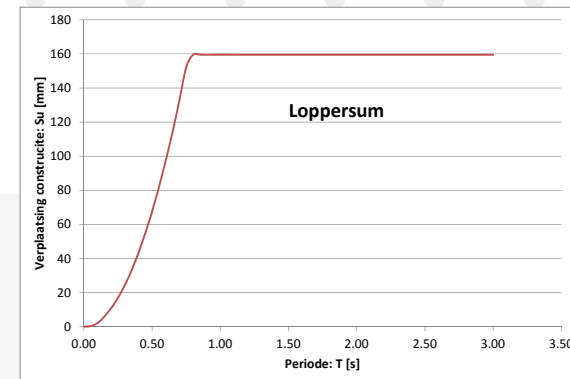
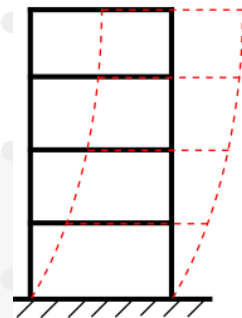


# Representatie aardbeving op gebouw

■ Opgelegde belasting

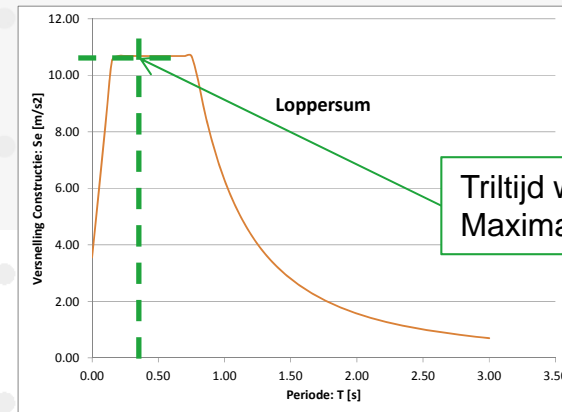
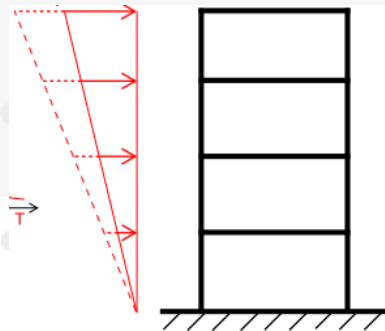


■ Opgelegde verplaatsing



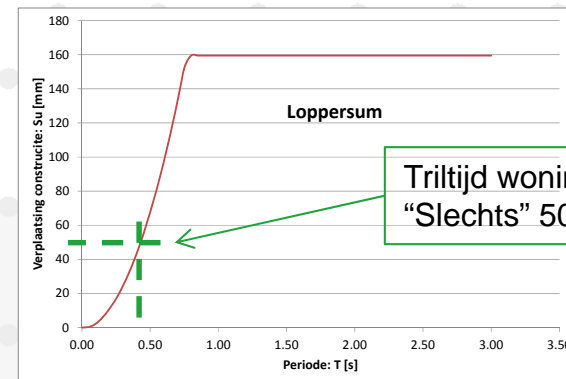
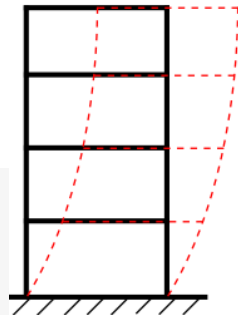
# Representatie aardbeving op gebouw

## 1. Krachten



Triltijd woning = 0,4 s  
Maximale belasting!

## 2. Verplaatsing

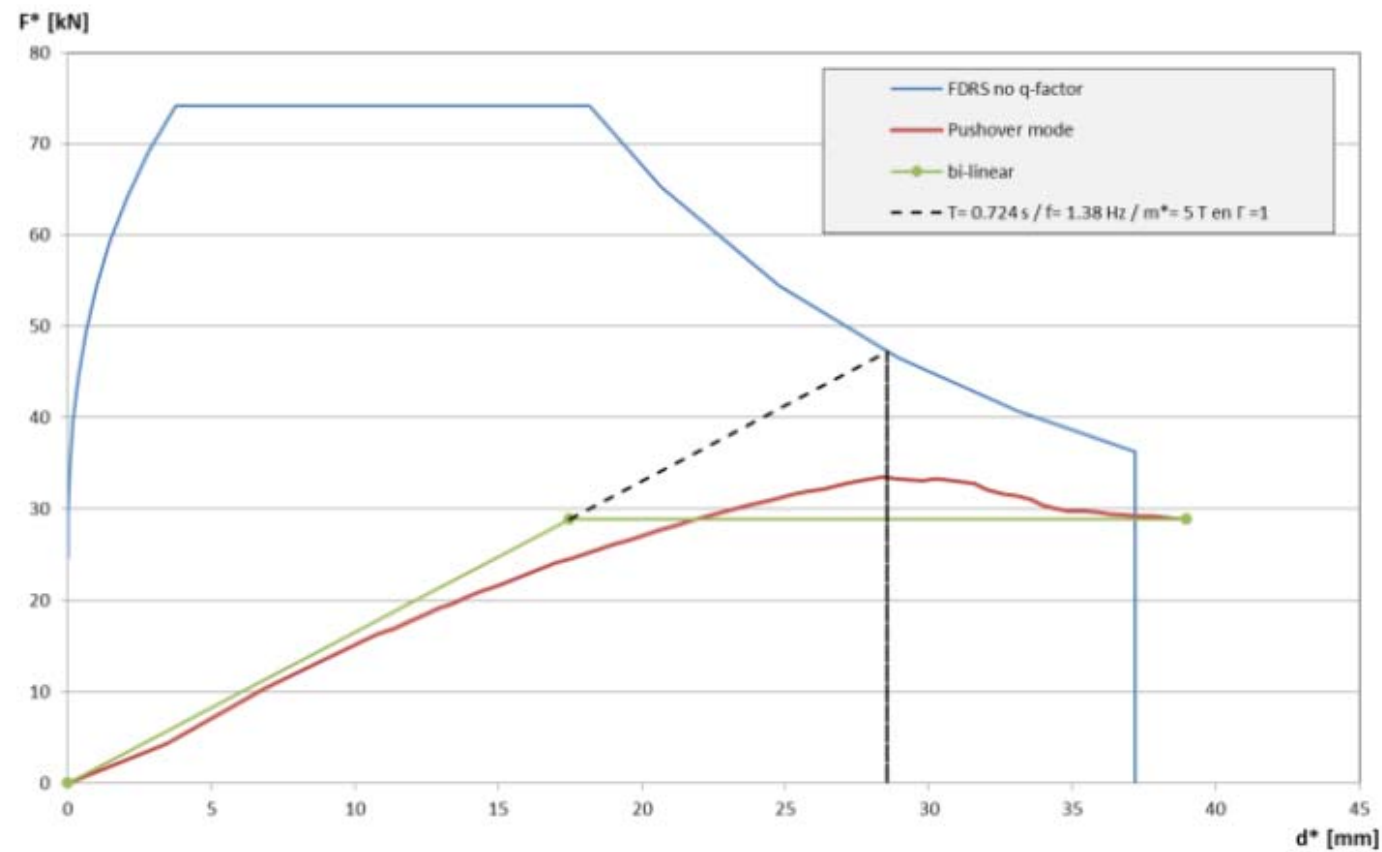


Triltijd woning = 0,4 s  
"Slechts" 50 mm verplaatsing





# Krachten versus verplaatsingen



## Conclusie

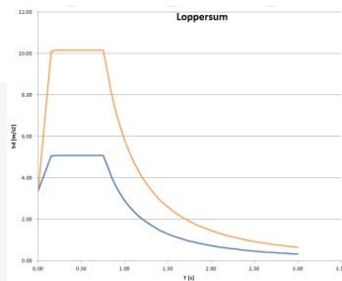
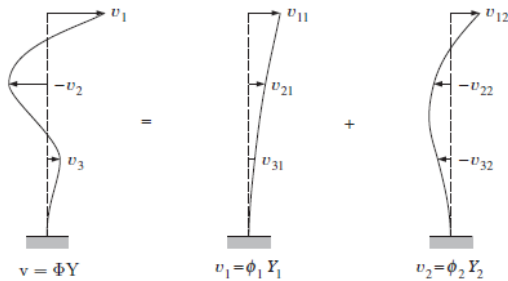
- Aardbeving is opgelegde verplaatsing.
- Constructie heeft voldoende (inelastische) verplaatsingscapaciteit nodig!



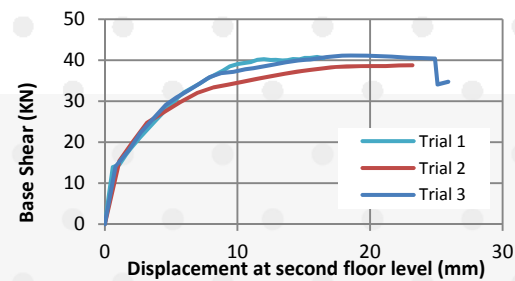
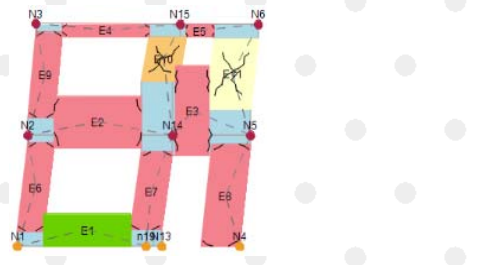
# Overzicht rekenmethoden

Toenemende complexe analyse, toenemende tijdsbesteding, afnemende impact maatregelen

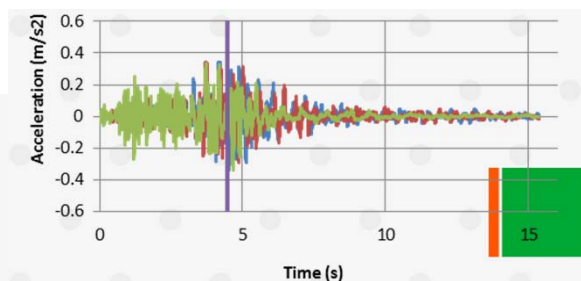
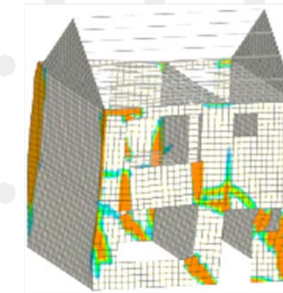
## Modale Respons Analyse



## Pushover (3Muri)

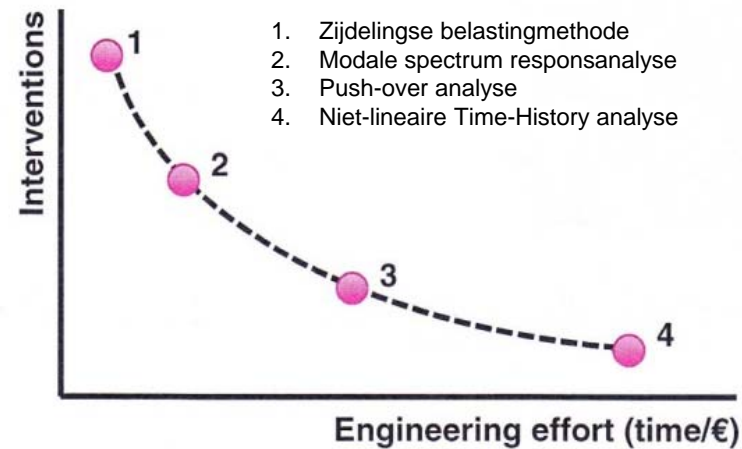


## NLTH (Diana / LS Dyna)



## Overzicht rekenmethoden

- NLTH levert de minste versterking, maar rekenkosten zijn zeer hoog.
- Pushover met EF-methode heeft veel potentie.
- Modale analyse niet zinvol voor onversterkte woning, wel voor versterking.



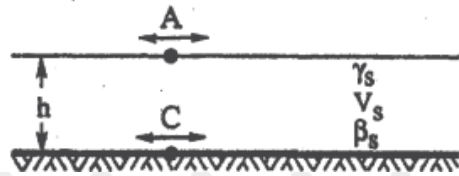
## Rol geotechnieut

- Opgelegde verplaatsing is maatgevende parameter.
- Grootte opgelegde verplaatsing wordt bepaald door spectrum!
- Vorm spectrum wordt bepaald door ondergrond.
  - Direct in NPR
  - Locatie specifiek spectrum
  - NLTH
- Hier komt de rol van de geotechnisch adviseur naar voren.

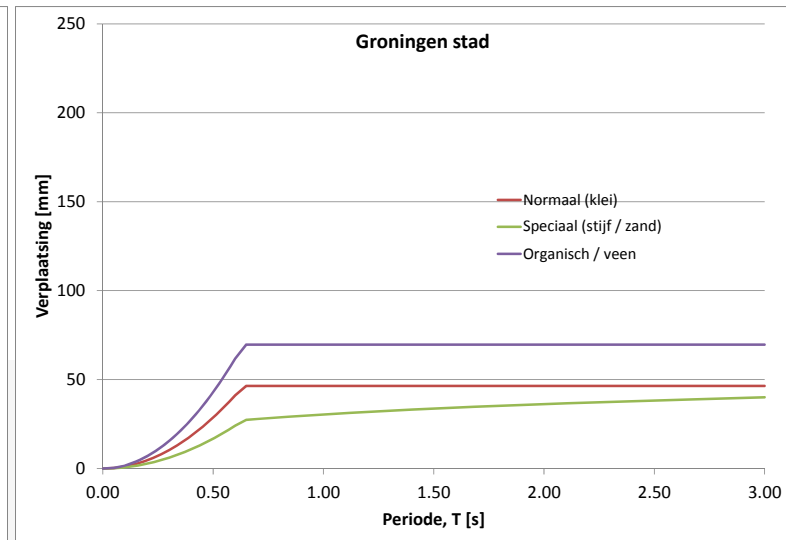
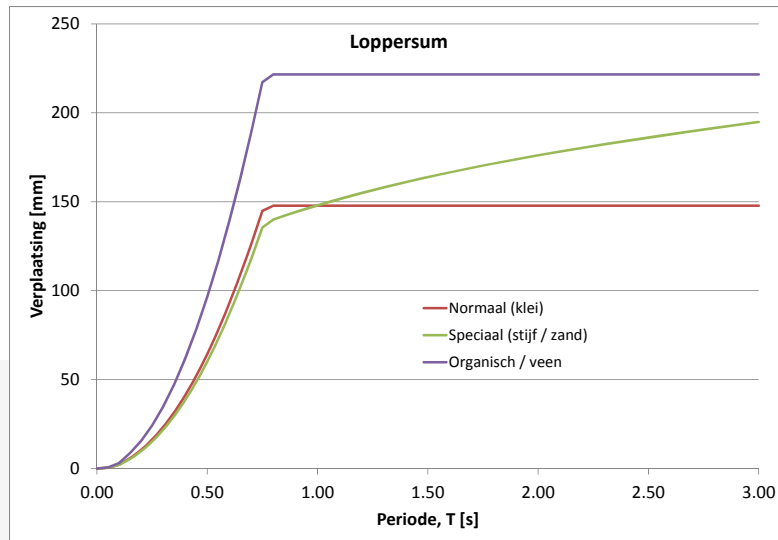




# Invloed ondergrond bij NPR

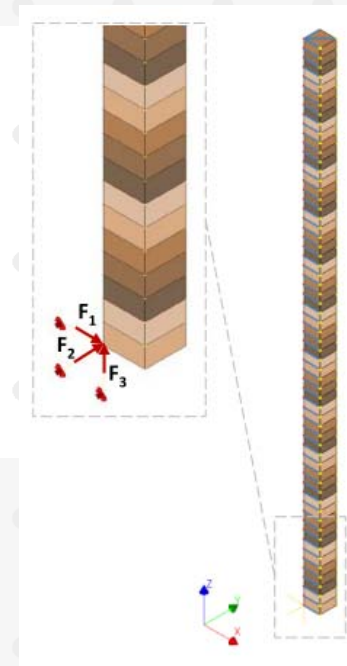
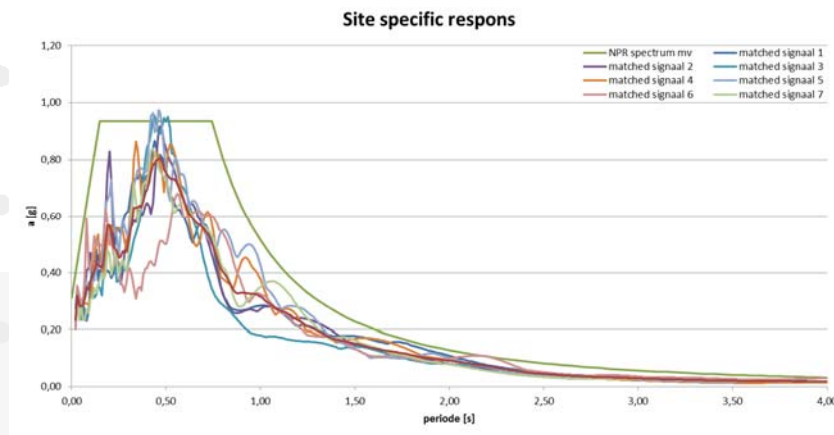


Spectra afhankelijk van grondopbouw: zand, klei of veen.

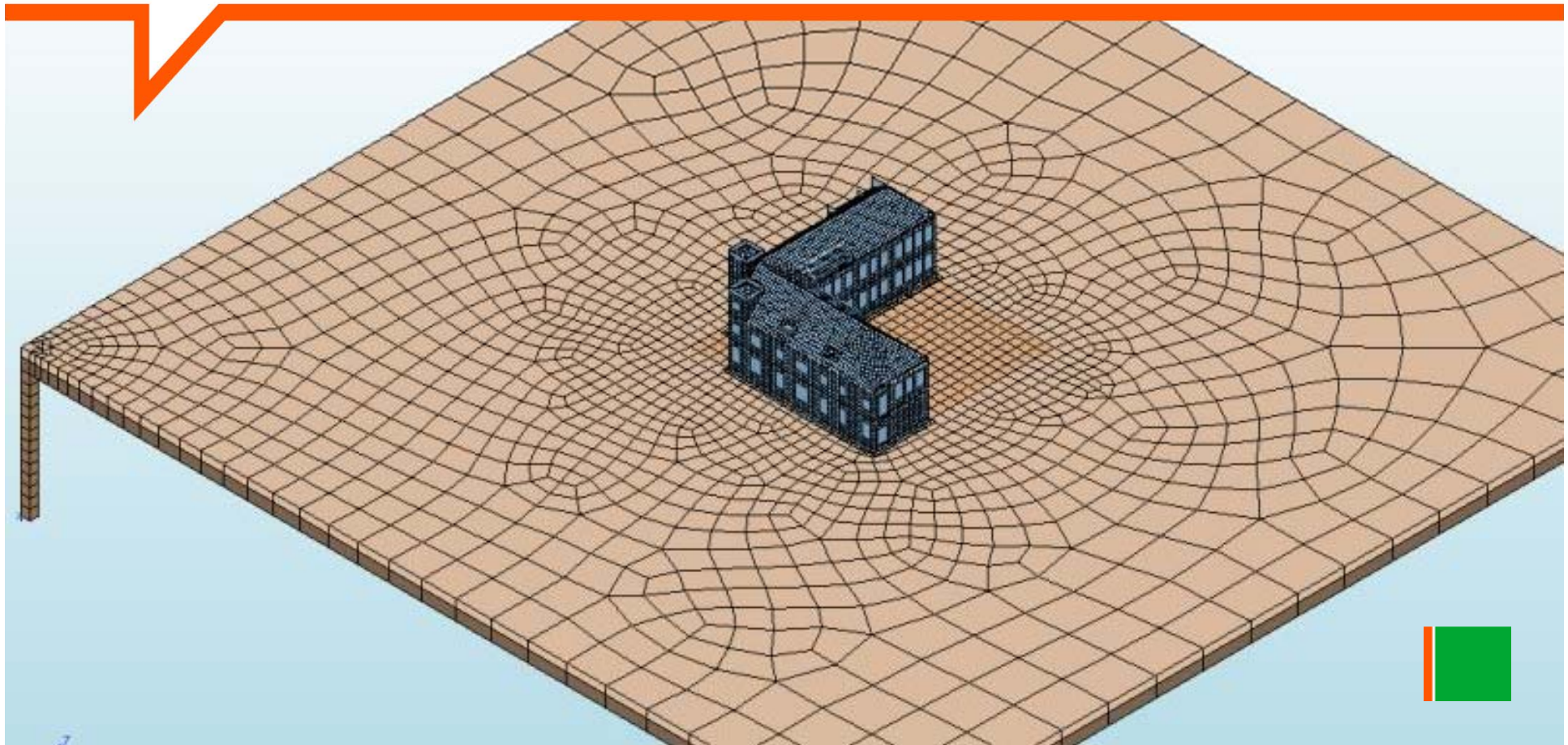


# Locatie Specifiek Spectrum

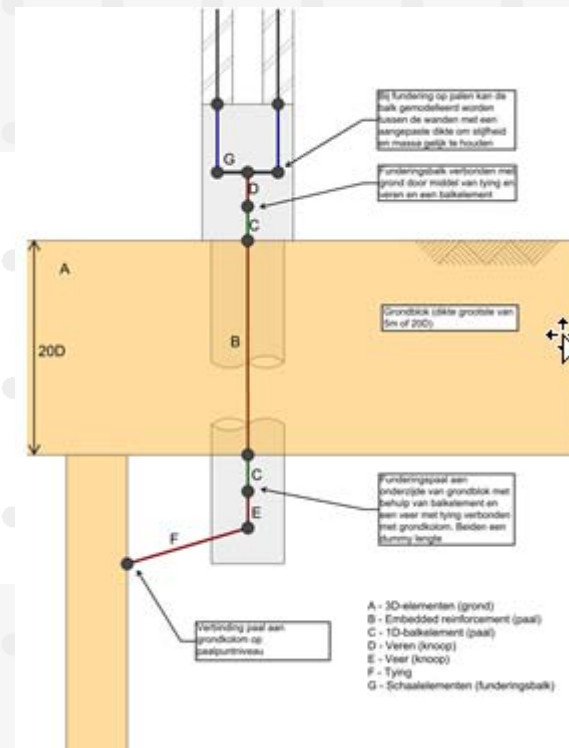
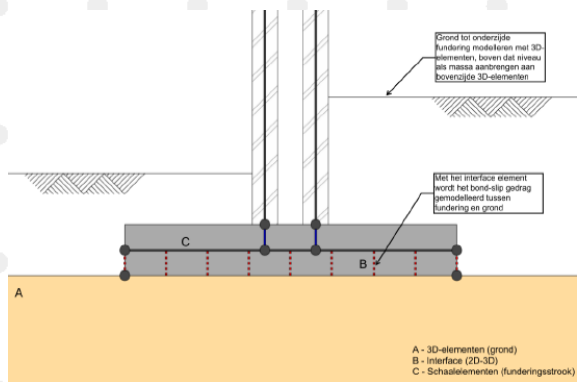
- Modelleren grondkolom volgens (seismische) sondering.
- Invoer signalen op 30 m diepte.
- Uitlezen en vertalen naar spectrum op maaiveld.



## Invloed grond bij NLTH

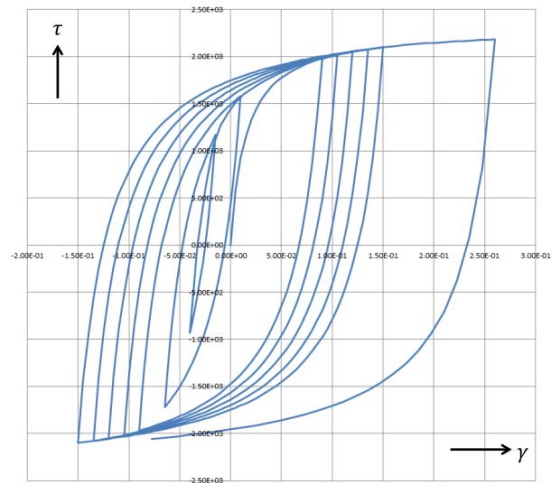


# Invloed grond bij NLTH



## Invloed grond bij NLTH

- Damping soft soils → energie dissipatie
- Periode verschuiving signaal → opslinging door slappe grond





## Rol geotechnieut

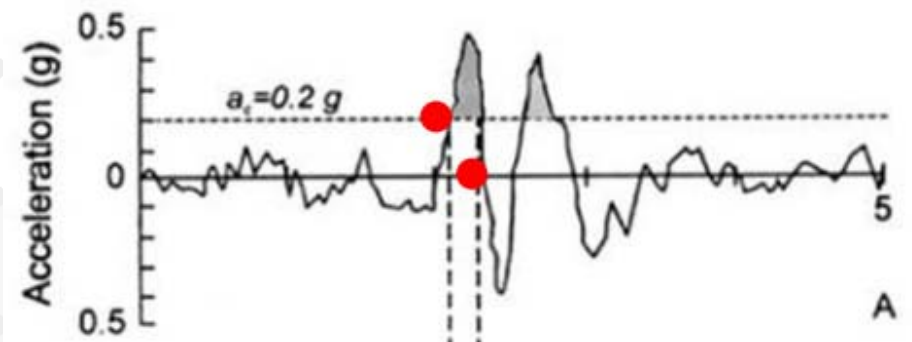
- In overleg met de geotechnieut kunnen spectra gereduceerd worden.
- Bij NLTH maakt de grond direct onderdeel uit van het model.
- Dit heeft direct gevolgen voor de benodigde versterkingsmaatregelen van de bovenbouw.

Dit zijn maatregelen aan de bron.....  
Nu de weerstandskant nog....



## Toetsen fundering

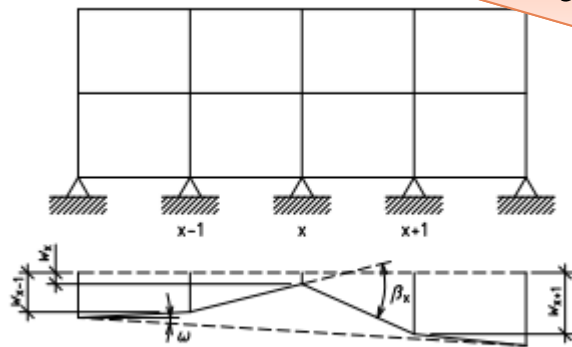
- NPR en Eurocode toetsen krachten en gronddrukken.
- Overschrijding capaciteit geeft verplaatsing.
- Verplaatsing leidt niet direct tot instorten constructie.
- Sliding block van Newmark



# Toetsen fundering

- Grootte verplaatsing is te bepalen met Newmark.
- Welke verplaatsing is acceptabel??????
- Criterium. . . . .

Hoe bepalen we de verplaatsingsgrenzen voor aardbeving in NC???



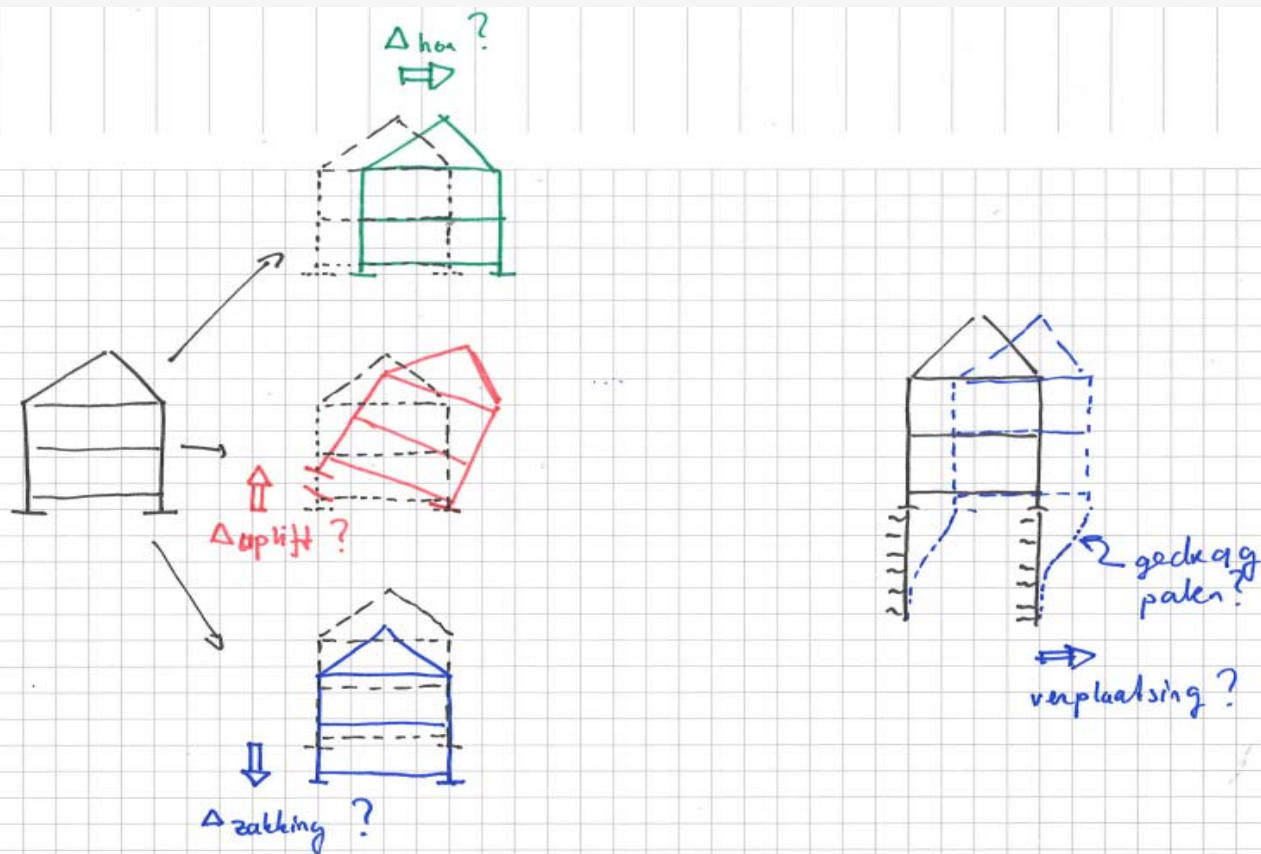
Figuur 2 — Scheefstand ( $\omega$ ) en relatieve rotatie ( $\beta_x$ )



Boscardin&Cording 1989



# Toetsen fundering



**Vragen???**