

# Risico's aardbevingen exemplarische bouwwerken

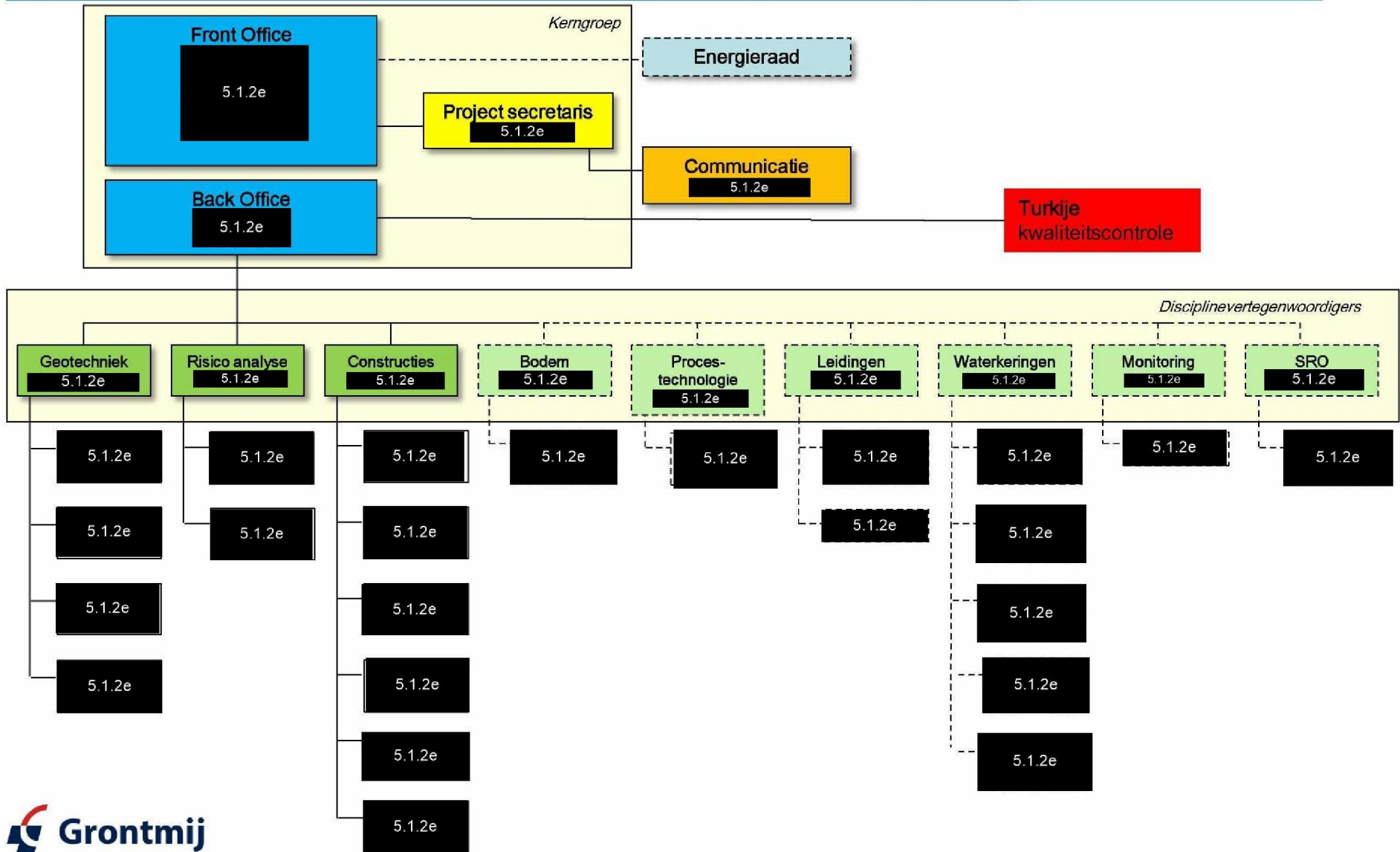


# Inhoudsopgave

---

- **Expertise Grontmij**
- **Voorbeeld Categorieën / Klantvraag**
- **Onderzoek's methode exemplarische gebouwen / Procedure**
- **Kennis transformatie Buiteninspecteurs**
- **Expertise**

# Kernteam Aardbevingen Grontmij



# Expertise Grontmij-1

4

1. Terreinonderzoek Risico-inventarisatie en Hazard analysis  
*conform methodes als FMEA, Hazop c.a.*
2. Geotechnische analyses  
*Modelleren in EEM (Eindige Elementen Methode) Plaxis-2D/3D*
3. Controleren en ontwerpen op aardbevingsbelasting conform Eurocode 8  
*modelleren in EEM Axis VM, Scia Engineer*
4. Rekenen aan leidingen, aansluitingen, lichte constructies c.a.  
*Caesar II, dynamische analyse*
5. Proces veiligheid
6. Externe veiligheid  
*Externe veiligheidsonderzoeken voor de industrie met (Safeti-NL)*
7. Schade experts  
*(NIVRE geregistreerde opname experts)*
8. Internationale expertise (Turkije, Duitsland, China)



# Overige expertise Grontmij -2

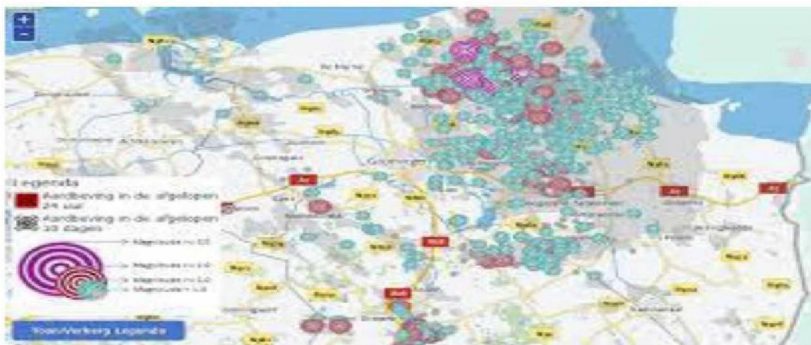
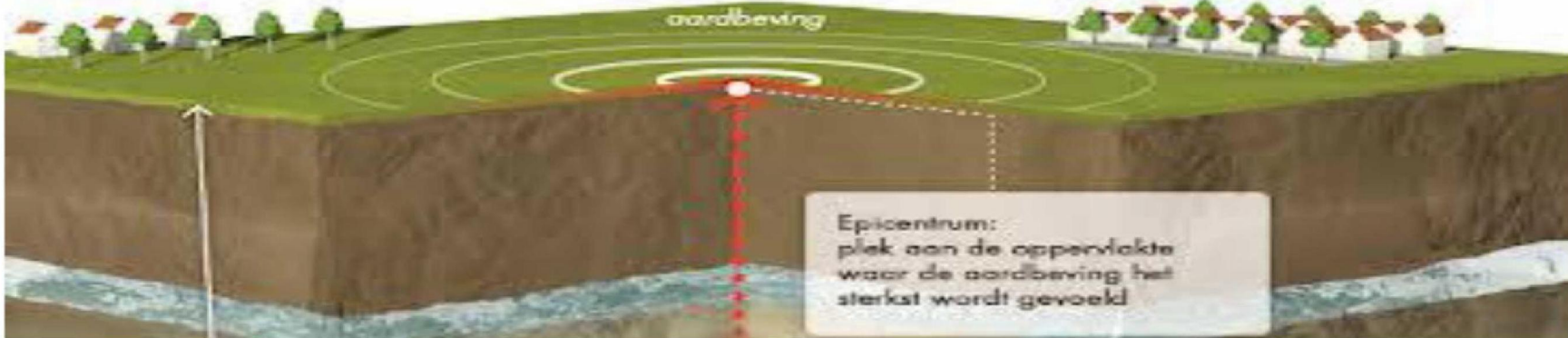
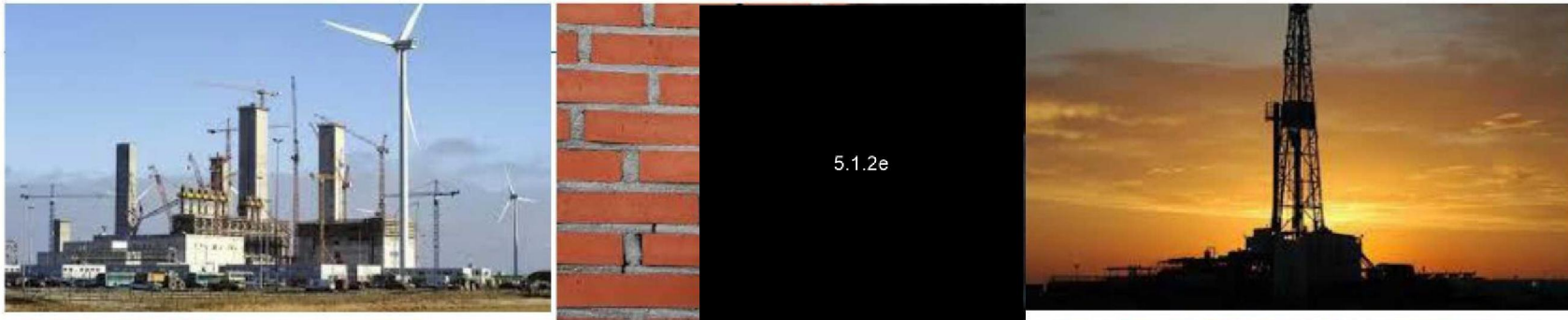


5

- Kernteam aardbevingen nauwe samenwerking met Grontmij vestigingen in oa Turkije en Duitsland
- Samenwerking met ITU (Istanbul Technical University)
- Kwaliteitscontrole
- Kennisplatform Grontmij Germany
  
- Technische Commissie TC13
- Overeenkomsten SBE Bedrijven
- Industrie
- Zorg instellingen
- Ziekenhuis
- Waterkeringen en dijken,
- Mestkelders, infrastructuur (spoorweg)
- Leidingen



# Actualiteiten Aardbevingen



# Voorbeeld categorieën Klantvraag

---

7

- Monumenten
- Ondergrondse constructies
- Bijzondere constructies / watertoren
- Leidingen
- Normale bouwwerken

# “Monumenten”



5.1.2e  
5.1.2e  
5.1.2e  
5.1.2e

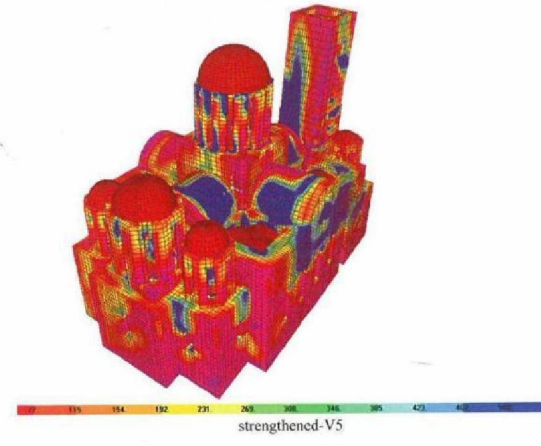
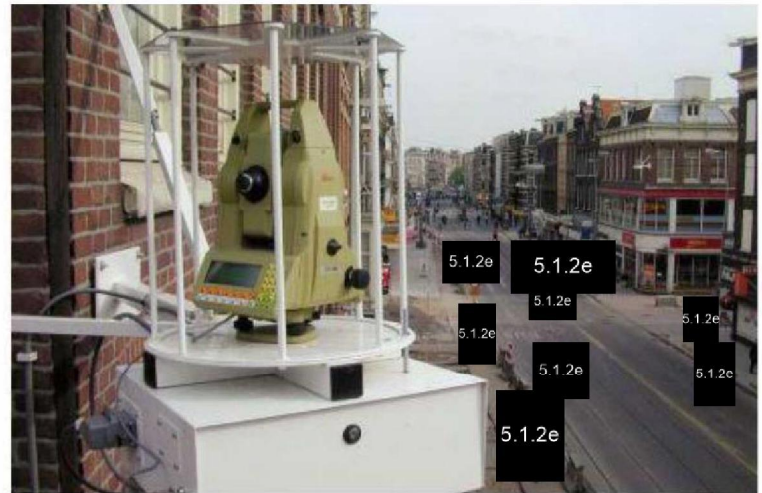


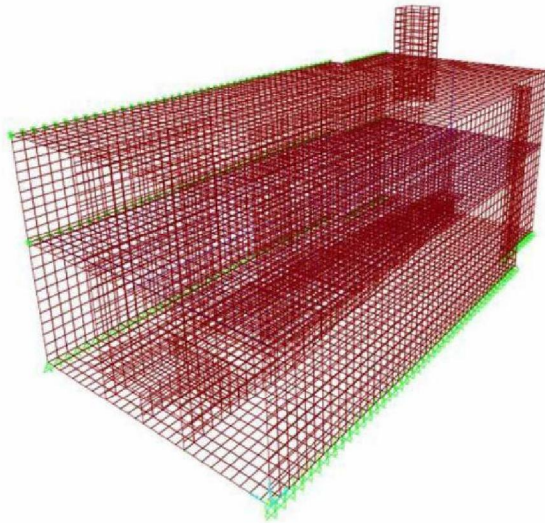
Fig. 8.25 Main tensile stresses (dead weight +  $S_y$  EuroCode)



5.1.2e  
5.1.2e  
5.1.2e  
5.1.2e  
5.1.2e  
5.1.2e



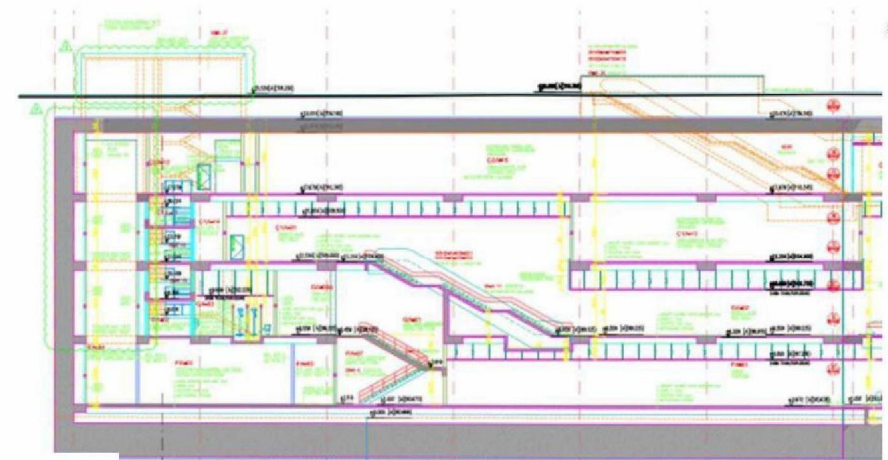
# “Ondergrondse constructies -1”



- Mahmutbey Station Finite Element Model (SAP2000)
- Shell elements – walls, floor, foundation
- Frame Elements – column, beam
- RC properties assigned
- Restraints at Foundation Level
- Station is sepereted with dilitation into parts
- Each part has modeled seperately

52

## Otogar-Bağcılar Railway System Design Istanbul - Turkey

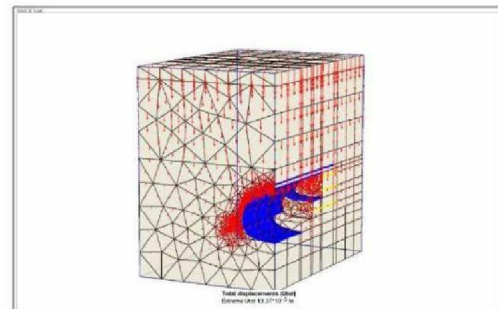


51

▪ Mahmutbey Station Section



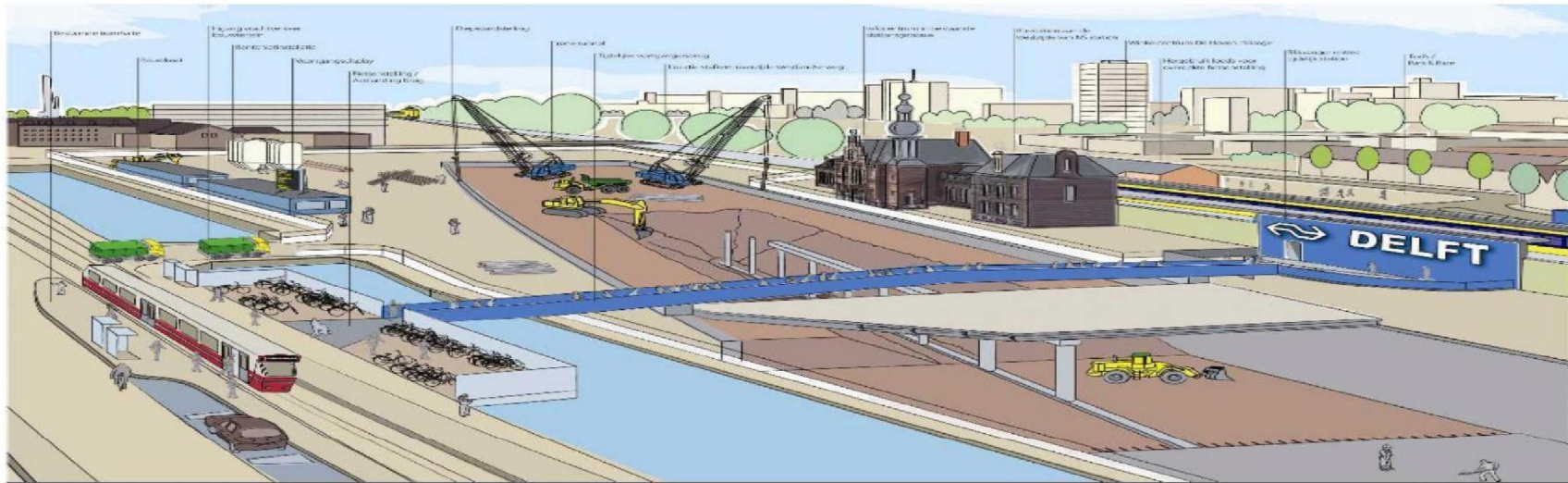
- Design of Geotechnical Structures
- \* Sample analysis



ntmij



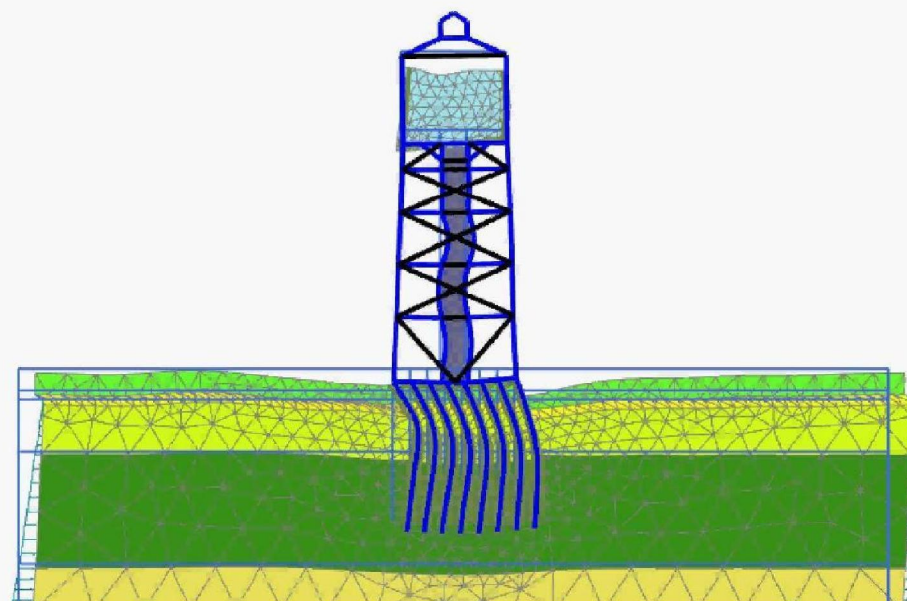
# “Ondergrondse constructies- 2”



# “Bijzondere constructies”

## Watertoren Noorderbinnensingel

11



# Case G9: Watertoren



## Geotechnische/constructieve aspecten:

- Effecten op fundering als case nader onderzocht aan de hand van simulatie met PLAXIS
- Effecten op staalconstructie als case onderzocht aan de hand van simulatie met AXIS VM

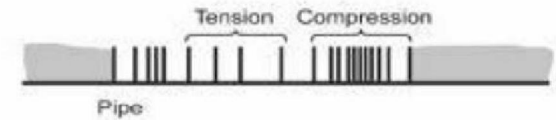
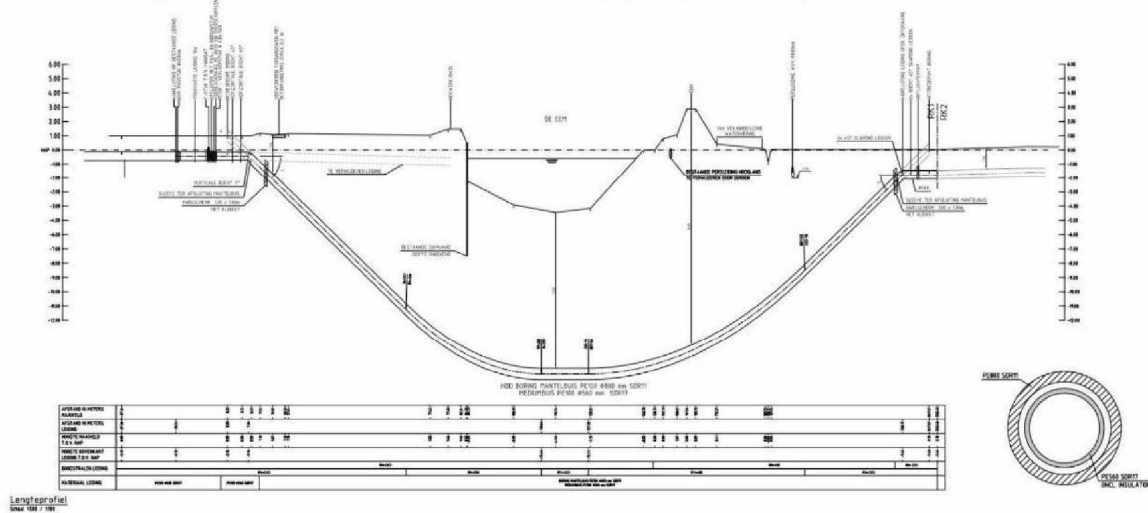
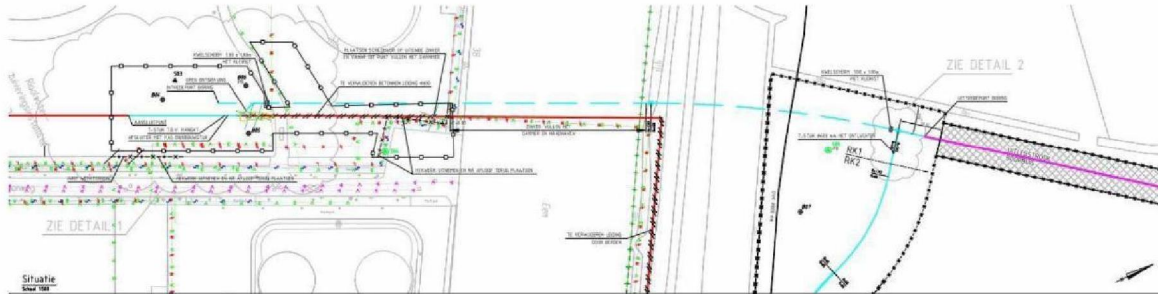


Watertoren 3 (t=8 s scale x100).avi

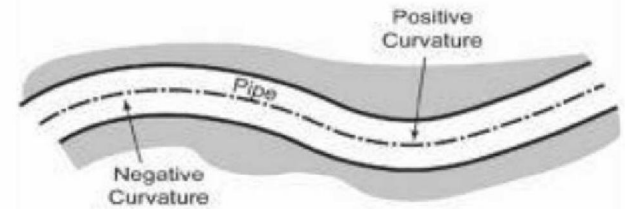


Watertoren AxisVM.mp4

# Leidingen



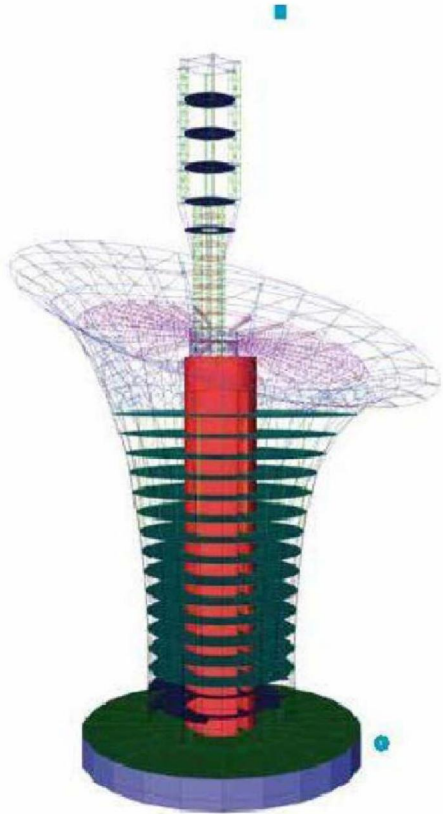
A. Axial Deformation Along Pipe



B. Curvature Deformation Along Pipe

# Normale gebouwen

14



Gerealiseerd gebouw:  
New Energy Centre  
Te Wuhan (China)  
Ontwerp: Grontmij Nederland

# Bovengrondse constructies: Aanpak

---

# Aardbevingseffecten op constructie Bovenbouw

- 2.1 Inventarisatie constructie gegevens
  - Gebouw modeleren:





# Aardbevingseffecten op constructie Bovenbouw

## Axis VM: modal response spectrum analysis:

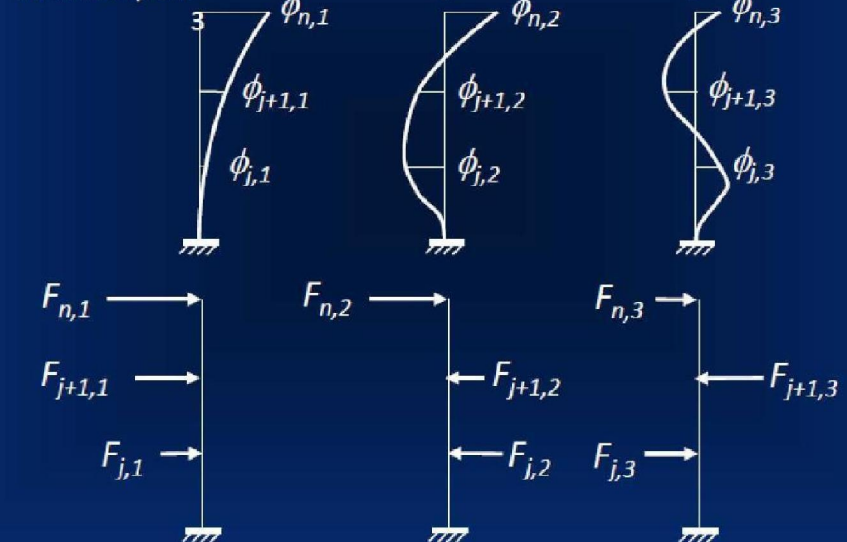
(gebaseerd op principe van de dynamische theorie)

- Bepalen maatgevende eigenfrequenties constructie met bijbehorende trillingsvormen
- Invoeren respons spectrum (grondversnelling uit Plaxis)
- Bepalen horizontale belastingen op knooppunten
- Uitvoeren statische berekening, staalspanningscontrole etc.

⇒ lateral story loads  $F_{j,i}$ :

$$F_{j,i} = m_j \cdot \phi_{j,i} \cdot \gamma_i \cdot S_{a,d}(T_i)$$

Mode shape  $i$ :



# Aardbevingseffecten op constructie Bovenbouw

- 2.2 Bepalen maatgevende eigenfrequenties met bijbehorende trillingsvorm

Tabel browser

Bestand Wijzigen Formaat Rapport Help

Co 9 aardbeving

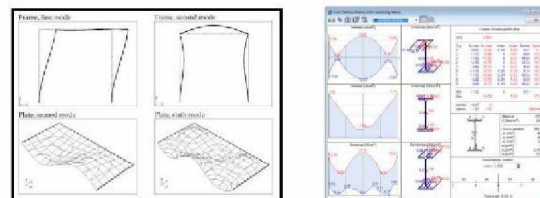
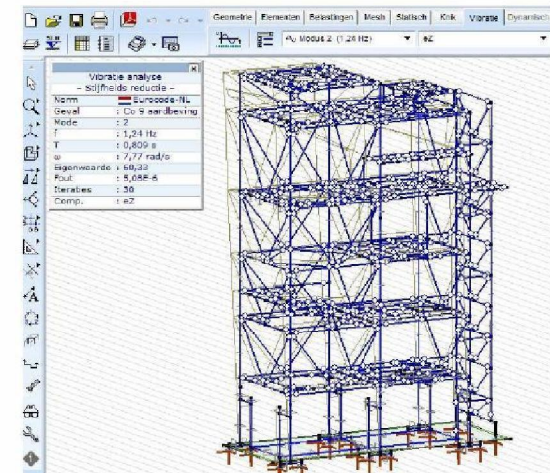
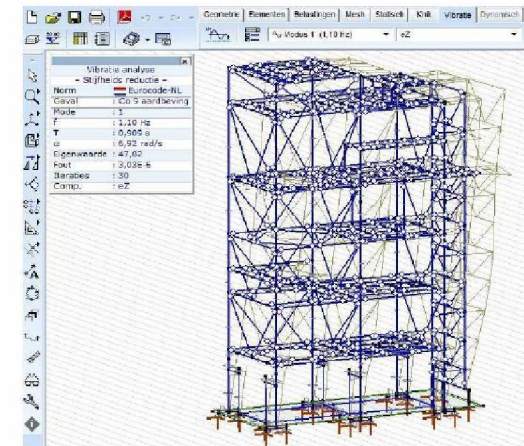
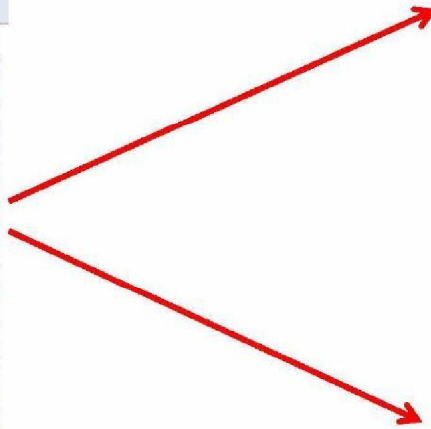
Frequenties (110)

Modale massa factor:

- Modus 1 (1,10 Hz)
- Modus 2 (1,24 Hz)
- Modus 3 (1,33 Hz)
- Modus 4 (1,85 Hz)
- Modus 5 (1,93 Hz)
- Modus 6 (2,16 Hz)
- Modus 7 (2,47 Hz)
- Modus 8 (2,67 Hz)
- Modus 9 (2,70 Hz)
- Modus 10 (2,73 Hz)
- Modus 11 (2,74 Hz)
- Modus 12 (2,89 Hz)
- Modus 13 (2,98 Hz)
- Modus 14 (3,22 Hz)
- Modus 15 (3,37 Hz)
- Modus 16 (3,43 Hz)
- Modus 17 (3,62 Hz)
- Modus 18 (3,67 Hz)
- Modus 19 (3,73 Hz)
- Modus 20 (3,81 Hz)
- Modus 21 (3,83 Hz)
- Modus 22 (3,85 Hz)
- Modus 23 (3,91 Hz)
- Modus 24 (4,09 Hz)
- Modus 25 (4,11 Hz)
- Modus 26 (4,15 Hz)
- Modus 27 (4,24 Hz)

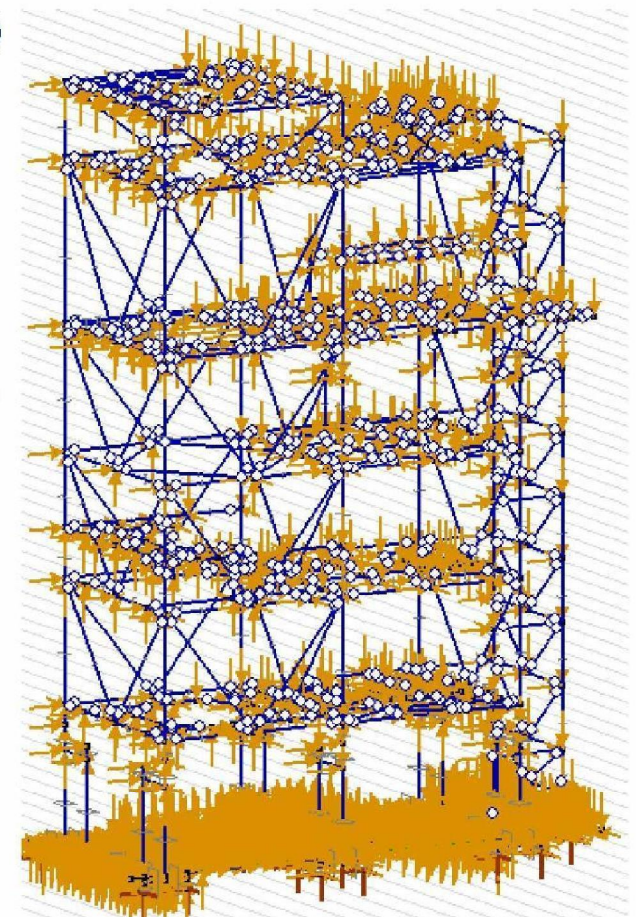
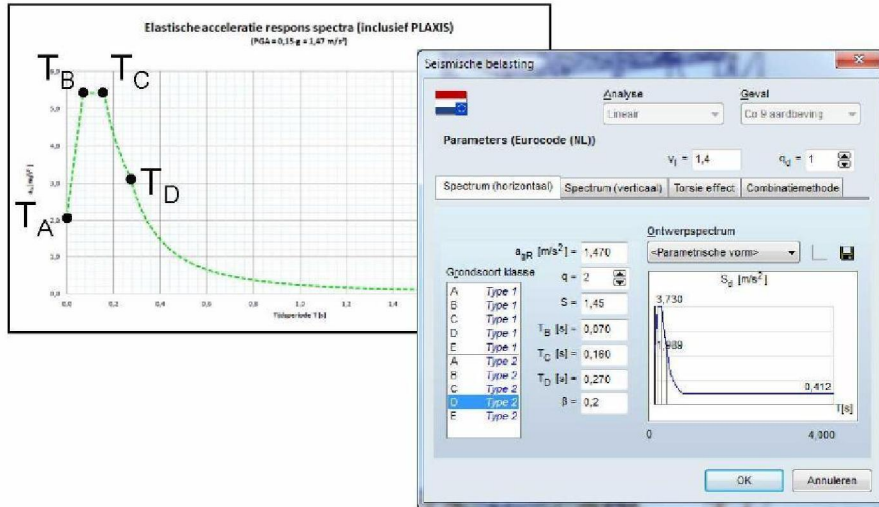
Frequenties (1) [Co 9 aardbeving]

	f [Hz]	T [s]	$\omega$ [rad/s]	Eigenwaarde	Fout
1	1,10	0,909	6,92	47,82	3,03E-6
2	1,24	0,809	7,77	60,33	5,08E-6
3	1,33	0,753	8,35	69,67	3,37E-6
4	1,85	0,541	11,60	134,66	2,49E-6
5	1,93	0,519	12,12	146,81	6,91E-6
6	2,16	0,464	13,56	183,74	3,18E-6
7	2,47	0,405	15,52	240,93	2,51E-6
8	2,67	0,375	16,76	280,76	1,91E-6
9	2,70	0,371	16,96	287,50	1,94E-6
10	2,73	0,367	17,13	293,36	7,61E-7
11	2,74	0,365	17,21	296,20	1,73E-6
12	2,89	0,346	18,17	330,01	5,81E-7
13	2,98	0,336	18,72	350,48	1,35E-7
14	3,22	0,310	20,25	410,12	2,31E-6
15	3,37	0,297	21,16	446,46	9,60E-7
16	3,43	0,292	21,53	463,40	9,10E-7
17	3,62	0,276	22,76	518,12	4,37E-7
18	3,67	0,272	23,07	532,32	1,75E-7
19	3,73	0,268	23,44	548,58	8,28E-7
20	3,81	0,263	23,93	572,52	4,95E-7
21	3,83	0,261	24,09	580,25	3,58E-7
22	3,85	0,260	24,19	585,08	5,50E-7
23	3,91	0,256	24,57	603,30	8,94E-7



# Aardbevingseffecten op constructie Bovenbouw

- Invoeren respons spectrum uit PLAXIS simulatie
  - PSA uit PLAXIS uit omhullende ( $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ ), vermenigvuldigd met:
    - importance factor:  $\gamma_I = 1,4$  (veiligheidsfactor)
    - behaviour factor:  $q = 2$  (invloed ductiliteit constructie)

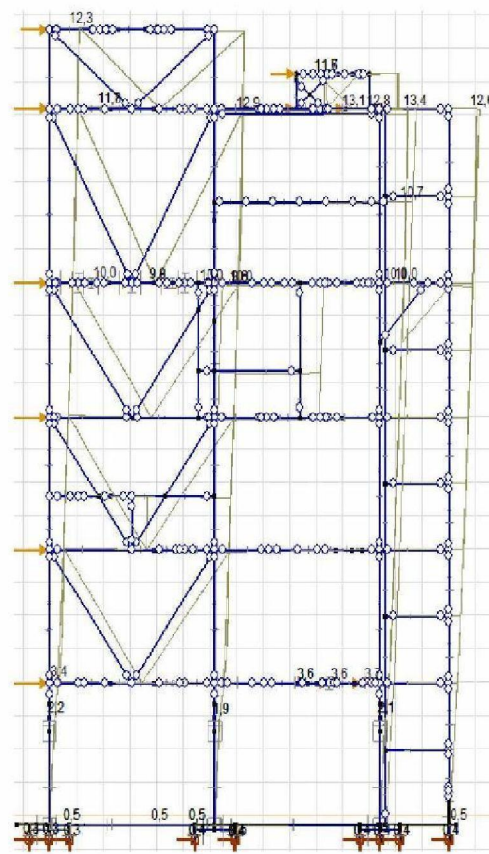


Importance class	Buildings
I	Buildings of minor importance for public safety, e.g. agricultural buildings, etc.
II	Ordinary buildings, not belonging in the other categories.
III	Buildings whose seismic resistance is of importance in view of the consequences associated with a collapse, e.g. schools, assembly halls, cultural institutions etc.
IV	Buildings whose integrity during earthquakes is of vital importance for civil protection, e.g. hospitals, fire stations, power plants, etc.

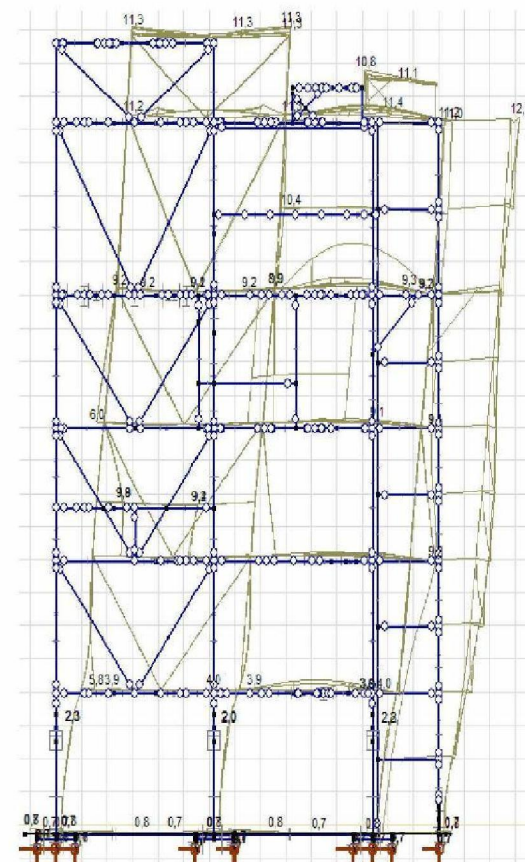
STRUCTURAL TYPE	Ductility Class	
	DCM	DCH
a) Moment resisting frames	4	$5\alpha_1/\alpha_2$
b) Frame with concentric bracings	4	4
Diagonal bracings	2	2,5
V-bracings		
c) Frame with eccentric bracings	4	$5\alpha_1/\alpha_2$
d) Inverted pendulum	2	$2\alpha_1/\alpha_2$
e) Structures with concrete cores or concrete walls	See section 5	
f) Moment resisting frame with concentric bracing	4	$4\alpha_1/\alpha_2$
g) Moment resisting frames with infills		
Unconnected concrete or masonry infills, in contact with the frame	2	2
Connected reinforced concrete infills	See section 7	
Infills isolated from moment frame (see moment frames)	4	$5\alpha_1/\alpha_2$

# Aardbevingseffecten op constructie Bovenbouw

- 2.4 Simulatie in Axis VM (quasi-statische berekening):
  - Vergelijking uitbuiging situatie aardbeving met situatie windbelasting



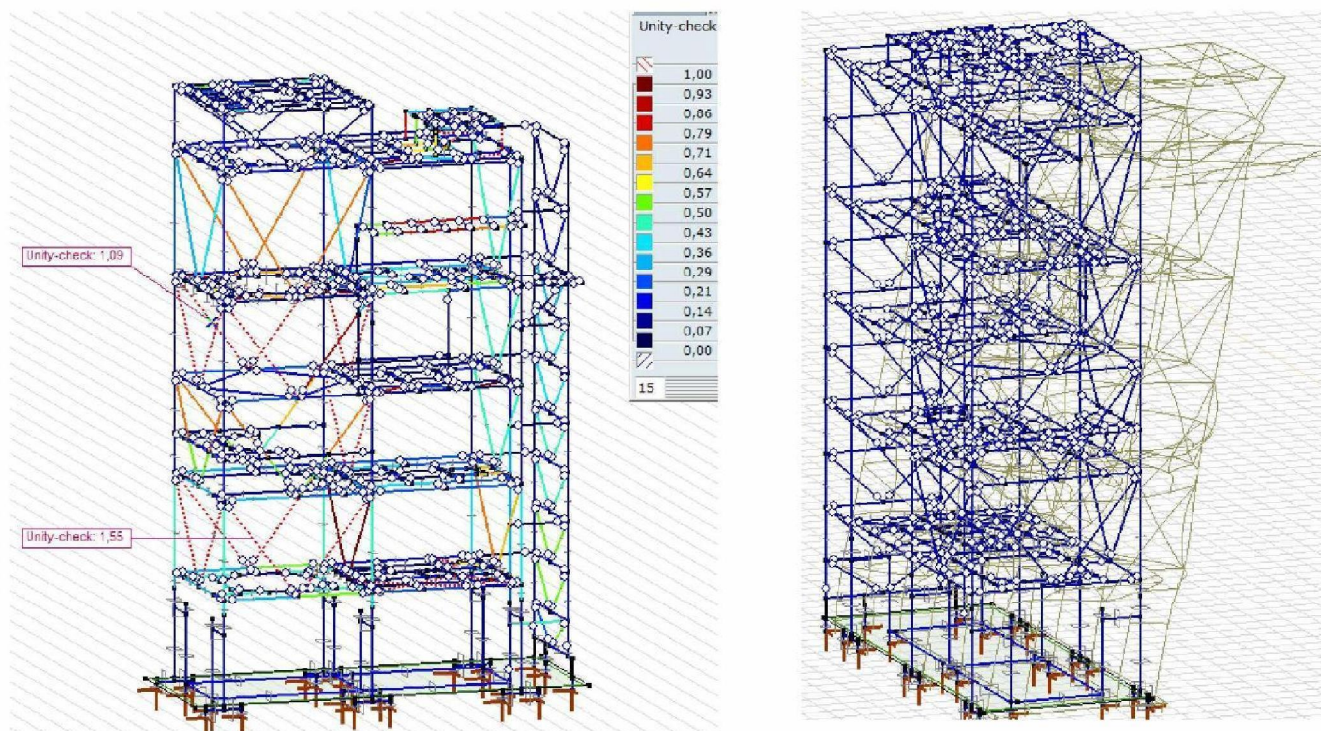
Uitbuiging wind



Uitbuiging aardbeving

# Aardbevingseffecten op constructie Bovenbouw

- 2.5 Resultaten Axis VM:
  - Unity check staalspanningen en vervormingen in y-richting
  - Fictieve hoge aardbevinglast geeft zwakke delen van de constructie weer in staalspanningtoets en uitbuigingen
  - Verbindingen (bv ankerverbinding betonkolom/staalkolom) handmatig toetsen



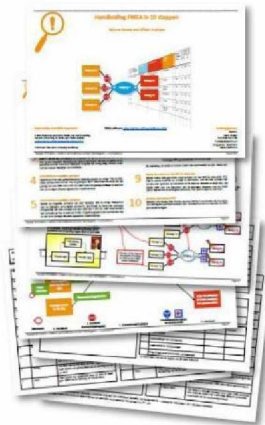
# Plan van Aanpak door Grontmij



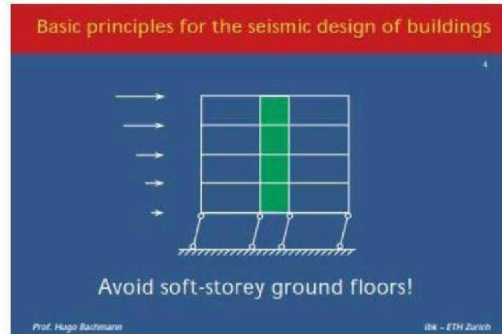
22

- Onderverdeling in type objecten
- Eerste risico-inventarisatie (beoordeling van het object in relatie tot veiligheid)
- Denk aan categorie slachtoffers, (CC1, 2, of 3) milieu en (economische) schade
- Sociaal maatschappelijk belang
- Prioritering, omdat alles niet snel te beoordelen is in 1 keer

# Plan van Aanpak door Grontmij



2. Inventarisatie



3. Risico analyse / kwalitatieve toetsing (Fase 1)



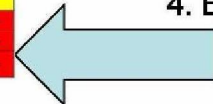
1. Startbespreking



4. Effecten

Ernst	Mens	Milieu	Risico analyse / kwalitatieve toetsing (Fase 1)						
			Gevolgen		Toenemende waarschijnlijkheid				
			Mitigatie	Impact	A	B	C	D	E
0	Geen schade / geen schade / geen schade	Geen schade	Geen schade / geen schade	Geen schade / geen schade	Geen schade / geen schade	Geen schade / geen schade	Geen schade / geen schade	Geen schade / geen schade	Geen schade / geen schade
1	Minimale schade / minimale schade / minimale schade	Minimale schade	Minimale schade / minimale schade	Minimale schade / minimale schade	Minimale schade / minimale schade	Minimale schade / minimale schade	Minimale schade / minimale schade	Minimale schade / minimale schade	Minimale schade / minimale schade
2	Middelmatige schade / middelmatige schade / middelmatige schade	Middelmatige schade	Middelmatige schade / middelmatige schade	Middelmatige schade / middelmatige schade	Middelmatige schade / middelmatige schade	Middelmatige schade / middelmatige schade	Middelmatige schade / middelmatige schade	Middelmatige schade / middelmatige schade	Middelmatige schade / middelmatige schade
3	Grote schade / grote schade / grote schade	Grote schade	Grote schade / grote schade	Grote schade / grote schade	Grote schade / grote schade	Grote schade / grote schade	Grote schade / grote schade	Grote schade / grote schade	Grote schade / grote schade
4	Zware schade / zware schade / zware schade	Zware schade	Zware schade / zware schade	Zware schade / zware schade	Zware schade / zware schade	Zware schade / zware schade	Zware schade / zware schade	Zware schade / zware schade	Zware schade / zware schade
5	Uitgesloten schade / uitgesloten schade / uitgesloten schade	Uitgesloten schade	Uitgesloten schade / uitgesloten schade	Uitgesloten schade / uitgesloten schade	Uitgesloten schade / uitgesloten schade	Uitgesloten schade / uitgesloten schade	Uitgesloten schade / uitgesloten schade	Uitgesloten schade / uitgesloten schade	Uitgesloten schade / uitgesloten schade

5. Prioritering tbv kwantitatieve toetsingen (Fase 2, nader onderzoek)



# Overzicht cases Gemeente Groningen

## Beschrijving case:

- G1 Tasmantoren
- G2 Martinikerk
- G4 Basisschool Engelbert
- G6 W. Gansfort College
- G7 Sportcentrum Kardinges
- G9 Watertoren
- K1 Hereweg viaduct
- K3 OPG Ossenmarkt
- K4 Sontbrug
- K5 Sluisje Slochterdiep
- TB1 Zorgcentrum Bloemhof





# Inventarisatie en kwalitatieve beschouwing

- Inventarisatie en kwalitatieve beschouwing:
  - Inventariseren van bestaande gegevens
  - Inventariseren van het gebouw, scheuren, aanwezige zettingen, corrosie
  - Kwalitatief beoordelingsformulier invullen
  - Overige aspecten meenemen op formulier
  
- Uitspraak ahv kwalitatief beoordelingsformulier , conclusies:
  - Aangeven of wordt voldaan en zo niet nader onderzoek (kwantitatief) onderzoek, aanvinken wat van toepassing is. Dit is het uitgangspunt voor de eventuele kwantitatieve beoordeling
  
- Prioritering

# Vervolg, de kwantitatieve beoordeling

---

- Kwantitatieve beoordeling op diverse aspecten:
- Geotechnische onderzoek/seismisch
- Start met eenvoudige beschouwingen en berekeningen
- EEA berekening
- Piping
- Eindbeoordeling en prioritering vaststellen en richting geven aan oplossingsmogelijkheden

# Voorbeelden kwalitatieve beoordeling

---

- Kwalitatieve beoordeling op diverse aspecten:
- Geotechnische onderzoek/seismisch
- Start met eenvoudige beschouwingen en berekeningen
- EEA berekening
- Piping
- Eindbeoordeling en prioritering vaststellen en richting geven aan oplossingsmogelijkheden

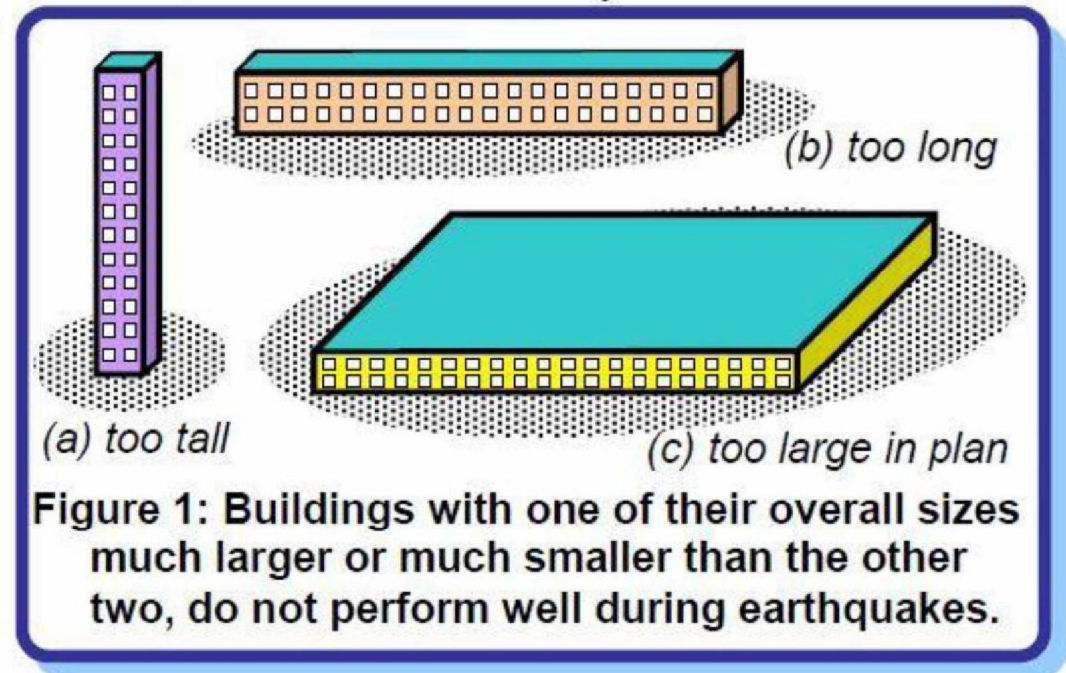
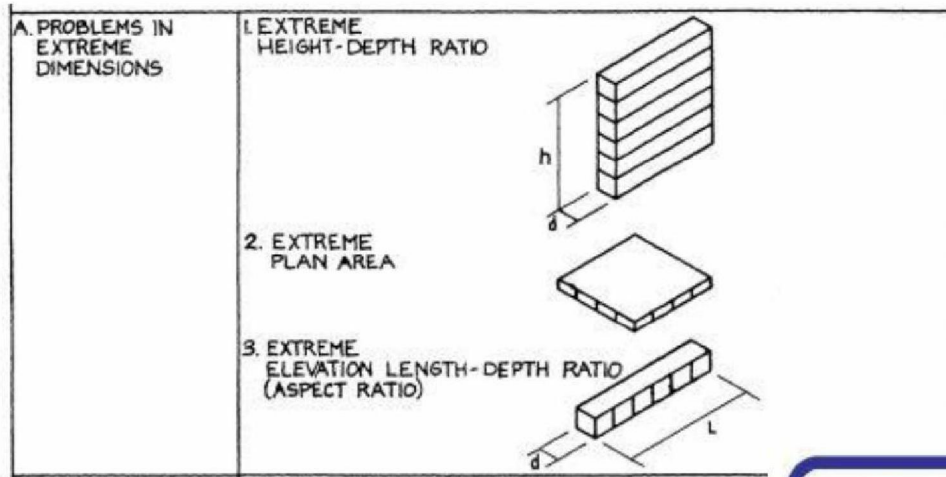
# Extreme gebouwvormen:

---

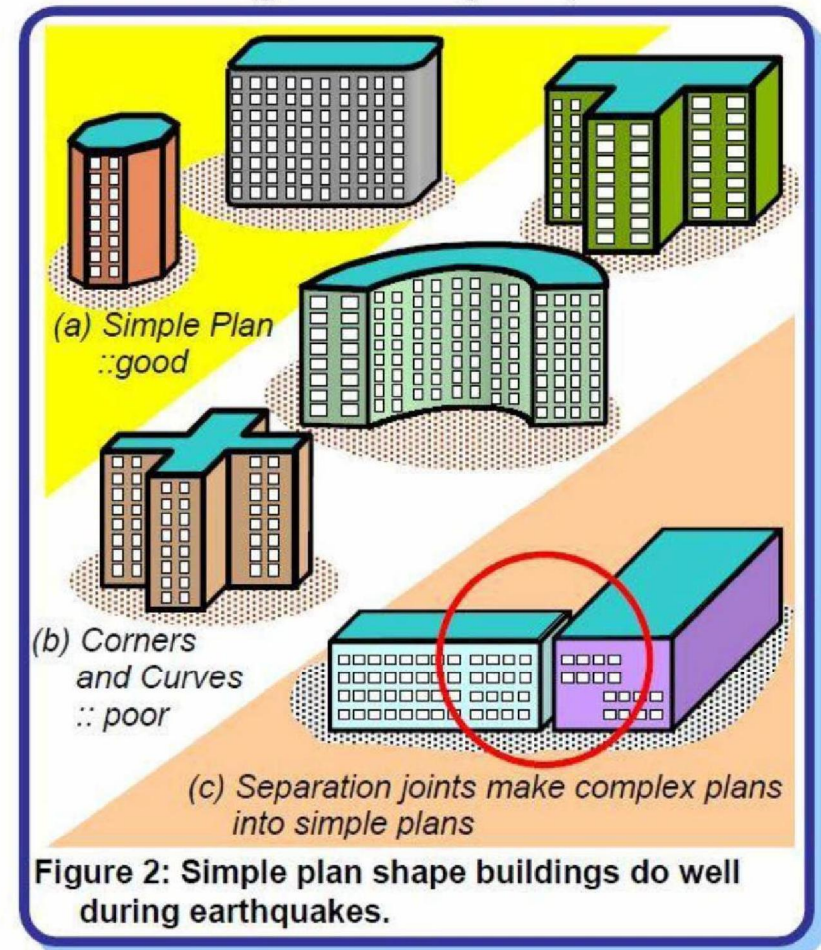
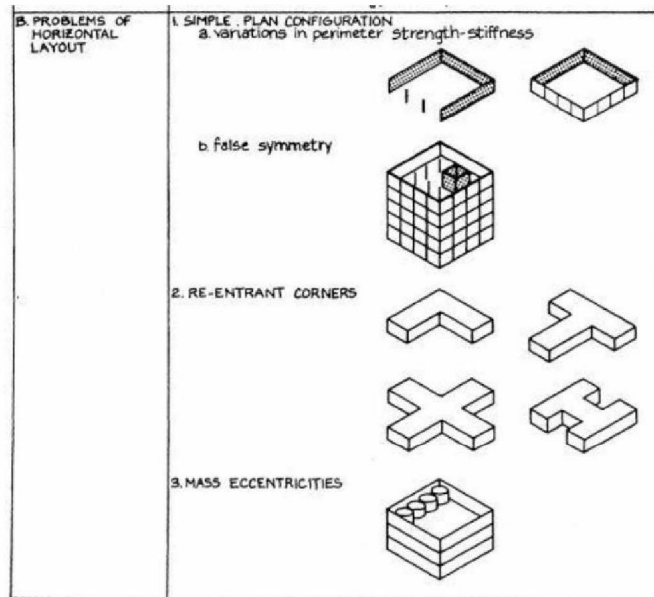
28

- De beoordeling bovenbouw vindt plaats aan de hand van algemeen erkende kenmerken, welke in diverse normen en publicaties ondertussen zijn erkend. Onderstaand een aantal voorbeelden hiervan, van grof naar fijn:
  - 1) Extreme gebouwvormen;
  - 2) Plattegronden, horizontale lay-out van gebouwen;
  - 3) Verticale lay-out van gebouwen;
  - 4) Overige algemene kenmerken;
  - 5) Specialistische kenmerken;
  
- Grondmechanische aspecten
  
- Opstellen beoordelingsformulier

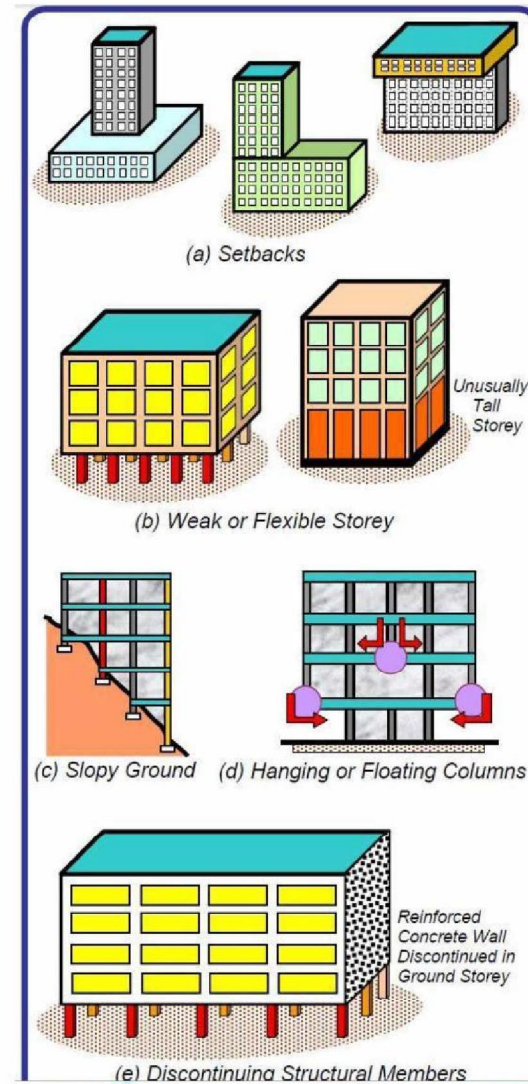
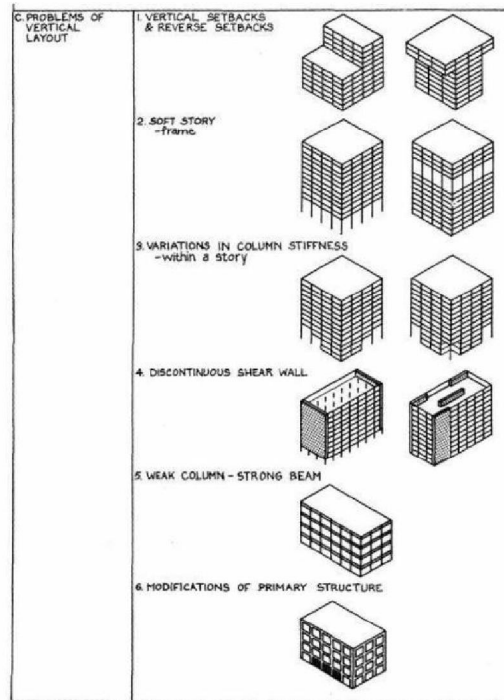
# Extreme gebouwvormen:



# Horizontale lay-out:



# Verticale lay-out:



# Enkele algemene kenmerken 1

Basic principles for the seismic design of buildings

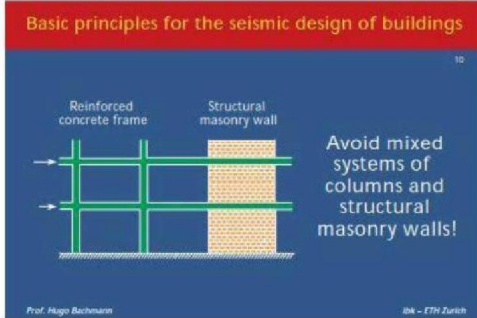
Avoid soft-storey ground floors!

Prof. Hugo Bachmann ibk - ETH Zurich



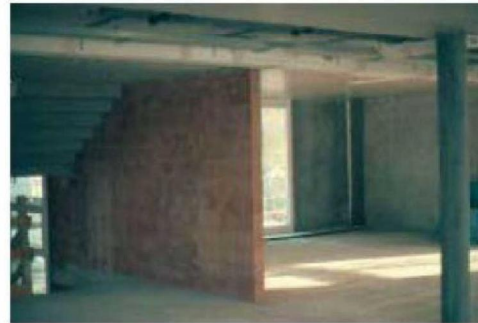


# Enkele algemene kenmerken 2



can impair the building functionally [D0171]. A consistent design of the structure as a skeleton structure, i.e. columns only (no masonry walls) with some slender reinforced concrete structural walls extending the entire height of the building, is thus also in the long-term interest of the owner. As the interior partitions are non-structural elements, they are easy to refit in case of changes in the building's use. Extensive structural modifications are therefore not necessary.

Mixed structural systems with concrete or steel columns and structural masonry walls behave very unfavourably during earthquakes. The columns in combination with the slabs or beams form frames, which have a substantially smaller horizontal stiffness than the masonry walls. The earthquake actions are therefore carried to a large extent by the masonry walls. In addition to the inertia forces from their own influence zone, the walls must resist those from the parts of the building with the columns (to the left in the figure). This results in a seismic resistance considerably less than that of a «pure» masonry construction. When masonry walls fail due to the seismic actions or deflections, they can no longer carry the gravity loads,



10/1 This structural stairway wall will be destroyed by a relatively weak earthquake. A total collapse of the building may result (Switzerland 2001).



# Enkele algemene kenmerken 3

Basic principles for the seismic design of buildings

Avoid asymmetrical horizontal bracing!

Prof. Hugo Bachmann  
ibk - ETH Zurich



# Specialistische kenmerken

35

- Detaillering betonconstructies



# Specialistische kenmerken

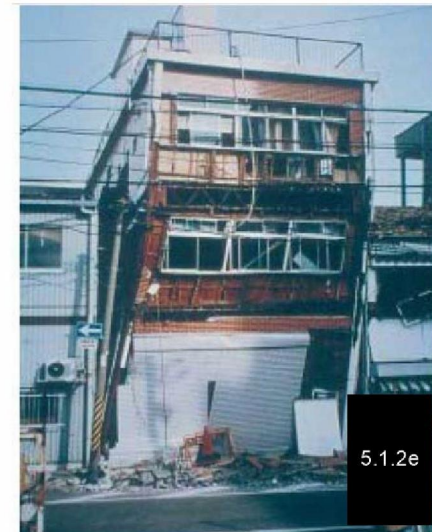
- Detaillering staalconstructies



18/1 Diagonal elements with broad flange cross sections have buckled about their weak axis...



18/2 ... and have broken (Kobe, Japan 1995).



19/1 This steel frame suffered large permanent deformations. There was probably no lateral bracing and the connection detailing was inadequate for cyclic actions (Kobe, Japan 1995).



19/2 The bolts failed in this beam to column connection (Kobe, Japan 1995).

# Grondmechanische effecten

---

37

## *Hoe gedraagt zich de ondergrond na een aardbeving?*

- Horizontale versnellingen in de grond
  - Extra schuifspanning
  - Verdichting
  - Wateroverspanning
  - Vermindering sterkte en stijfheid
  - Verweking
- 
- Tot op heden nog geen verweking geconstateerd.
  - Bij sterkere bevingen vanaf 0,2 g, neemt de kans op verweking snel toe in zandlagen!
  - Voor klei en veenlagen reductie sterkte/stabiliteit door wateroverspanningen

# Overzicht cases Gemeente Groningen

## Beschrijving case:

- G1 Tasmantoren
- G2 Martinikerk
- G4 Basisschool Engelbert
- G6 W. Gansfort College
- G7 Sportcentrum Kardinges
- G9 Watertoren
- K1 Hereweg viaduct
- K3 OPG Ossenmarkt
- K4 Sontbrug
- K5 Sluisje Slochterdiep
- TB1 Zorgcentrum Bloemhof



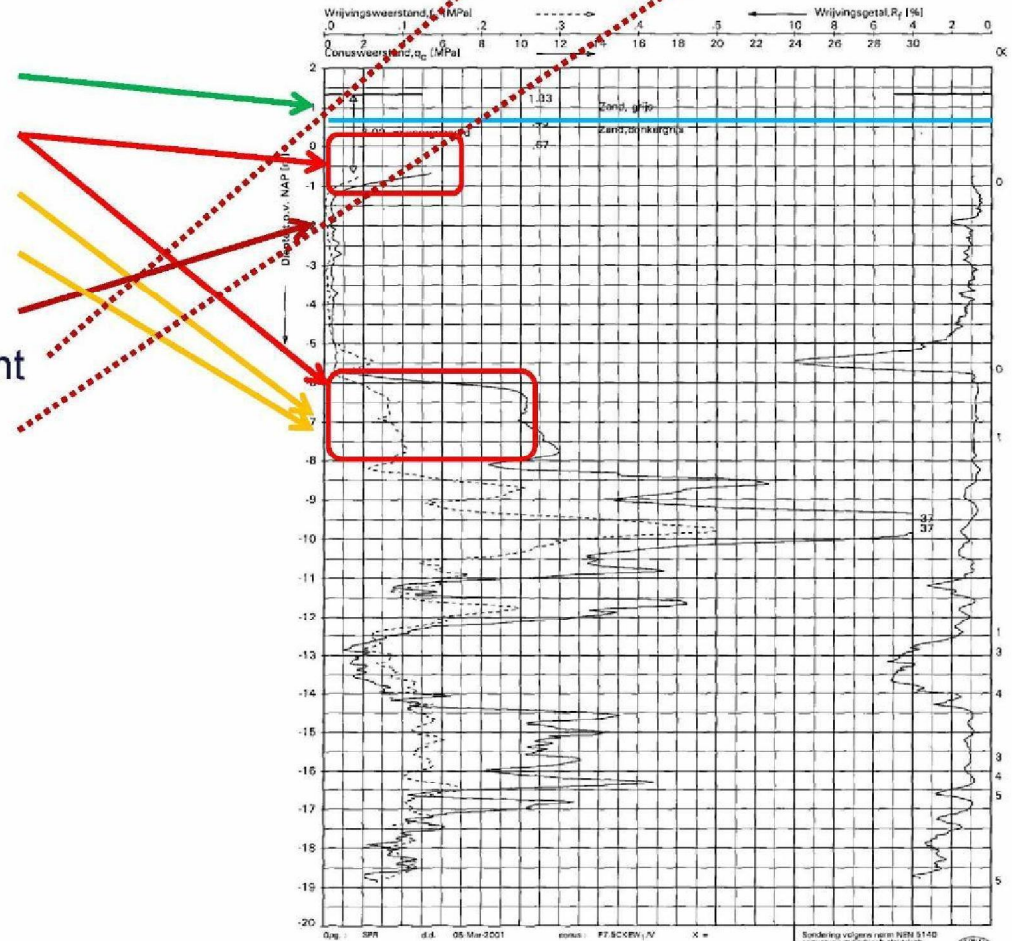
# Case G1: Tasmantoren



39

## Geotechnische aspecten:

- Maaiveld opgehoogd met zand
- Matig verwekingsgevoelige zandlagen
- Mogelijk reductie paal draagvermogen
- Mogelijke zakkingen fundering
- Toename paalmomenten
- Grote responsie door hoog zwaartepunt
- Mogelijke invloed nabij gelegen kade m.b.t. afschuiving



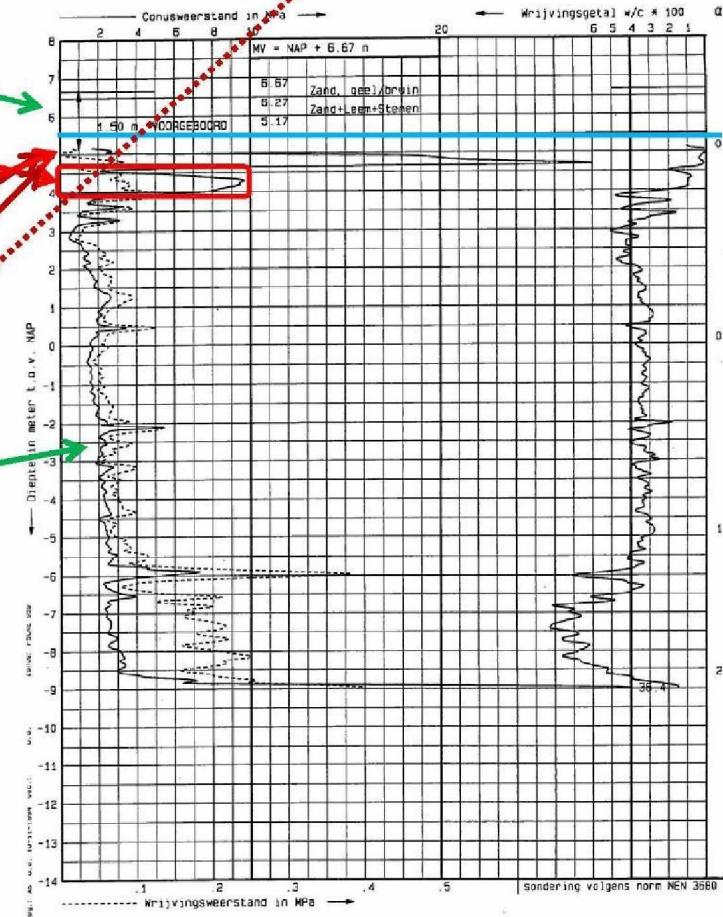
# Case G2: Martinikerk



40

## Geotechnische aspecten:

- Maaiveld opgehoogd met zand
- Matig verwekingsgevoelige zandlagen
- Fundering op 'huien' <sup>1)</sup>
- Fundering maar maximaal 3 m diep
- Reductie draagvermogen
- Grote zakkingen/scheefstand fundering
- Verschilzakkingen onregelmatige fundering
- Grote responsie door hoog zwaartepunt
- Mogelijke demping door dikke Potklei



*1) Huien zijn houten vaten gevuld met zand. In feite is de fundering een soort caisson fundering. In de volksmond wordt nog wel eens gesproken over "koeihuiden" maar dit berust deels op een oud misverstand. Koeihuiden zouden immers al lang geleden zijn verrot.*



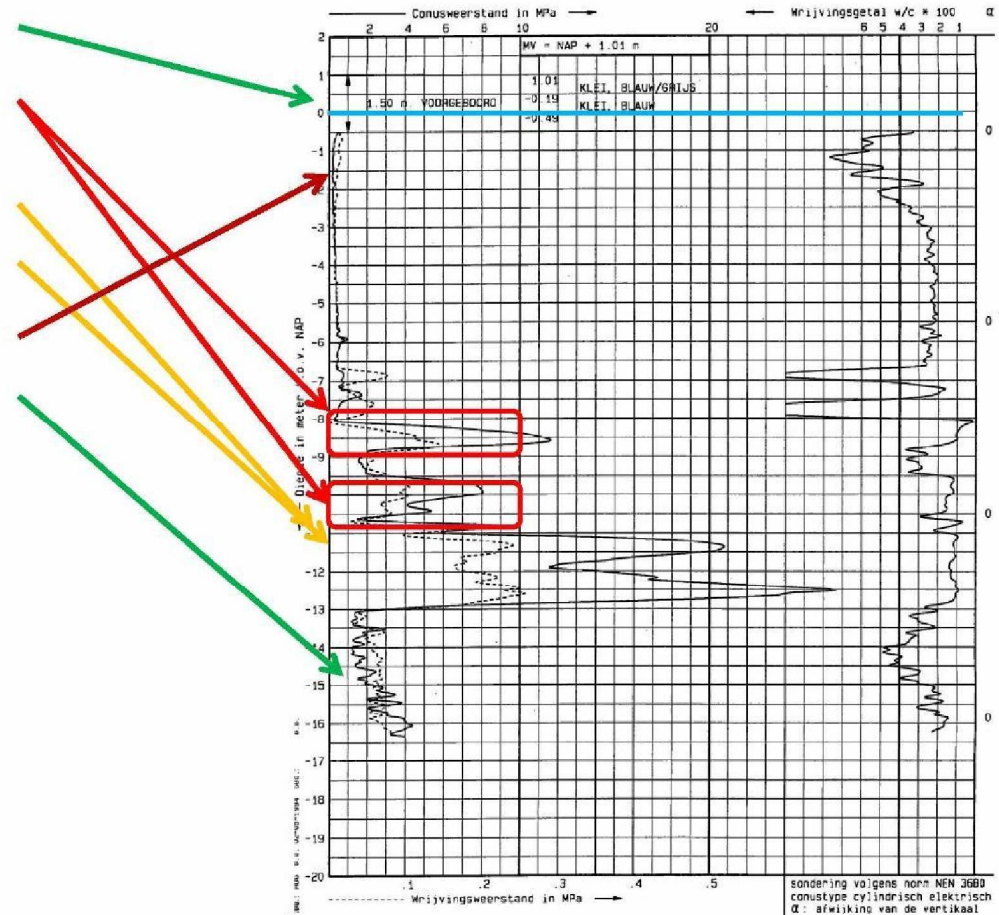
# Case G6: Wessels Gansfort C



41

## Geotechnische aspecten:

- Maaiveld bestaande uit zand & klei
- Matig verwekingsgevoelige zandlagen
- Mogelijk fundering op palen
- Reductie draagvermogen
- Beperkte zakking
- Toename paalmomenten
- Mogelijke demping door Potklei



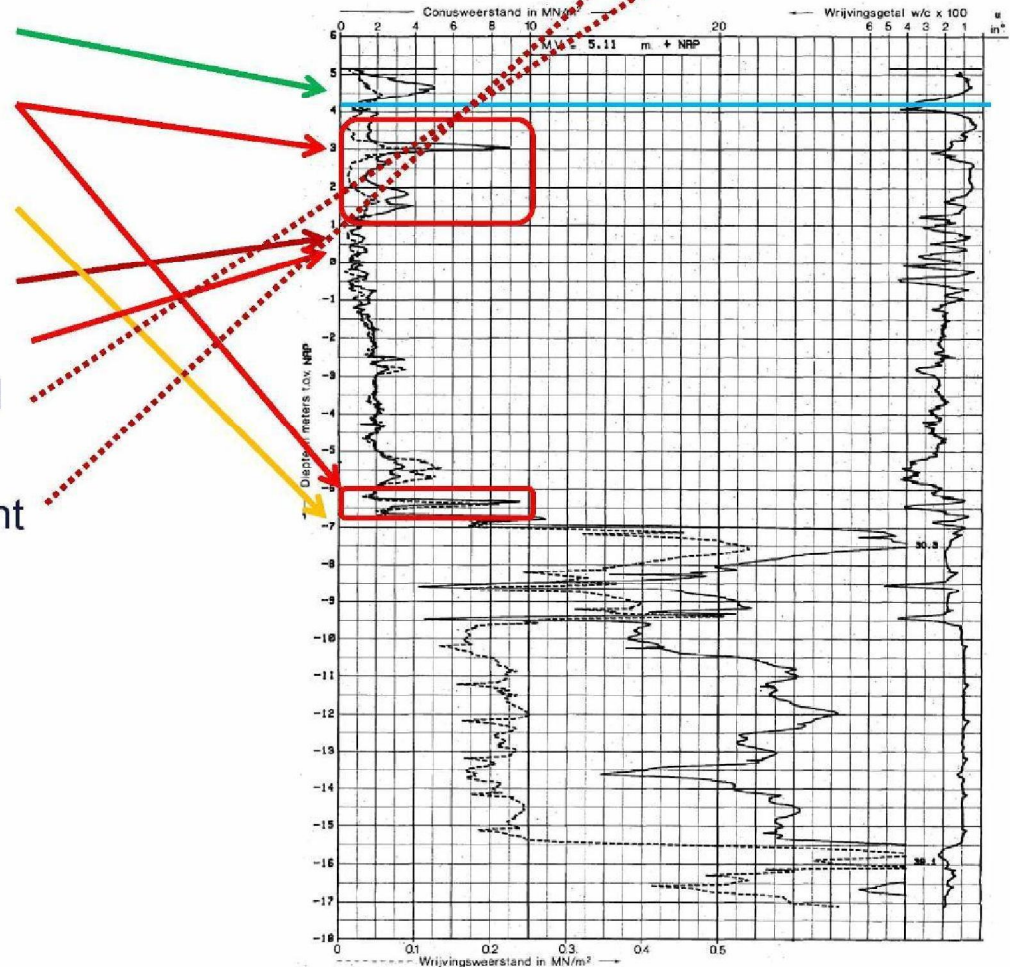
# Case K4: Sontbrug



42

## Geotechnische aspecten:

- Maaiveld bestaande uit zandophoging
- Matig verwekingsgevoelige zandlagen
- Mogelijk fundering op palen
- Reductie draagvermogen
- Zakking en vervormingen (x,y)
- Toename paalmomenten
- Toename actieve gronddruk landhoofd
- Responsie op wanden en fundering
- Grote responsie door hoog zwaartepunt



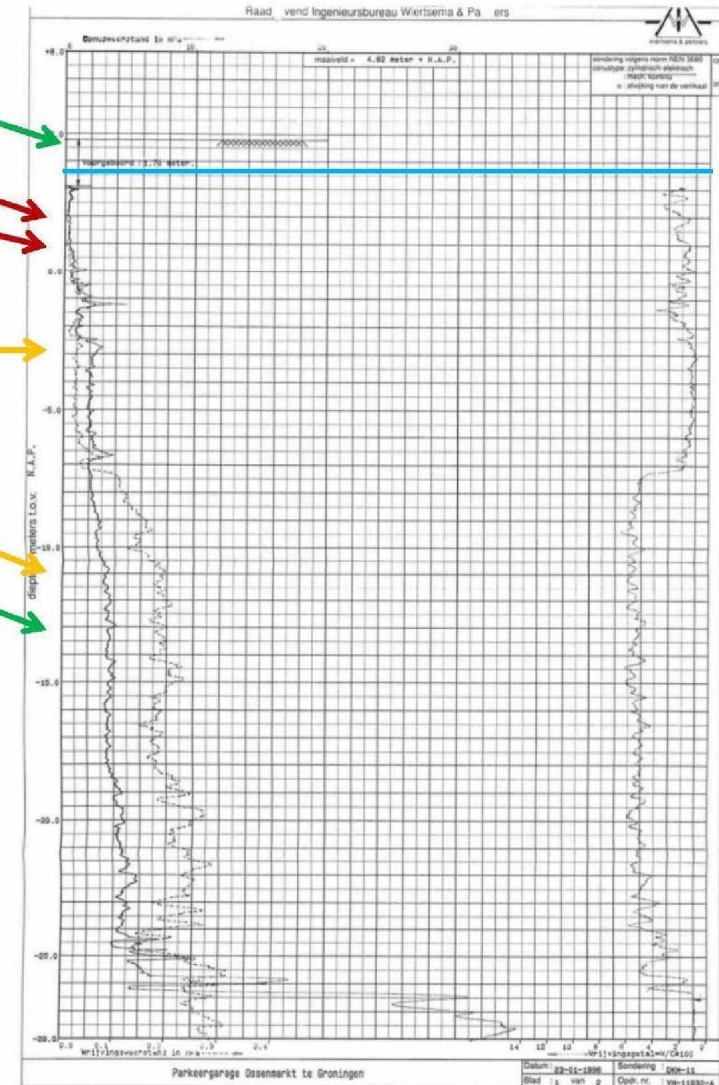
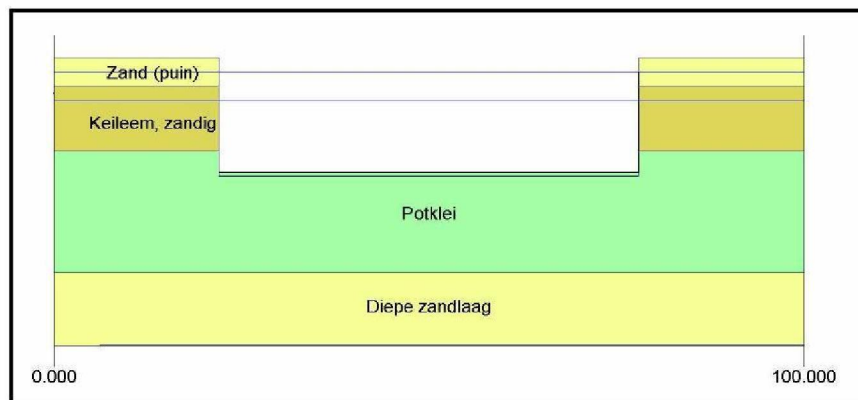
# Case K3: OPG Osssenmarkt



43

## Geotechnische aspecten:

- Maaiveld bestaande uit zandophoging
- Toename actieve gronddruk wanden
- Responsie op wanden en fundering
- Geen verwekingsgevoelige zandlagen
- Fundering op staal
- Evt. uplift door wateroverspanningen t.g.v. verweking beperkt
- Evt. invloed op extra zwel
- Mogelijke demping door Potklei



# Beoordelingsformulieren:

## a SURVEY FORM FOR SEISMIC SAFETY ASSESSMENT OF MASONRY BUILDINGS

<b>BUILDING ID INFO</b>		Photo of the building	
BUILDING ID			
DATE OF SURVEY			
BUILDING ADDRESS			
GPS COORDINATES (E/N)			
CONSTRUCTION YEAR			
TECHNICAL PERSON			
<b>CONSTRUCTION TYPE (See -1-)</b>			
<input type="checkbox"/> UNREINFORCED <input type="checkbox"/> CONFINED <input type="checkbox"/> REINFORCED <input type="checkbox"/> HYBRID (URM + RC)			
<b>OBSERVATIONS OUTSIDE THE BUILDING (See -2-)</b>			
NUMBER OF STORIES	..... (NUMBER)		
HIGH SLOPE ?	NO ( )	YES ( )	
BASEMENT FLOOR	NO ( )	YES ( )    N/A ( )	
PLAN GEOMETRY	REGULAR ( )	IRREGULAR ( )	
FAÇADE LENGTH (FRONT) .....	Meters	CRITICAL STORY OPENING LENGTH (FRONT) .....	
FAÇADE LENGTH (SIDE) .....	Meters	CRITICAL STORY OPENING LENGTH (SIDE) .....	
VERTICAL OPENING LAYOUT	REGULAR ( )	F. REGULAR ( )	IRREGULAR ( )
LOCATION OF BUILDING	SEPARATED ( )	ADJ. MIDDLE ( )	ADJ. CORNER ( )
BUILDING HEIGHT DIFFERENCE	NO ( )	YES ( )	
FLOOR ELEVATION DIFFERENCE	NO ( )	YES ( )	
PREVIOUS DAMAGE	NO ( )	YES ( )	
ADJACENT TO HISTORICAL BUILDING	NO ( )	YES ( )	
<b>OBSERVATIONS INSIDE THE BUILDING (See -3-)</b>			
TYPICAL STORY HEIGHT	..... Meters		
TYPICAL WALL THICKNESS	..... Meters		
UNCONSTRAINED WALL LENGTH ( $L_w$ ) > 5.0 m ?	YES ( )	..... TIMES    NO ( )	
WALL LENGTH BTW TWO OPENINGS ( $L_o$ ) < 1.0 m ?	YES ( )	..... TIMES    NO ( )	
WALL LENGTH BTW CORNER & OPENING ( $L_c$ ) < 1.5 m ?	YES ( )	..... TIMES    NO ( )	
<b>GENERAL OBSERVATIONS (See -4-)</b>			
MASONRY WALL TYPE	SOLID BRICK ( )    HOLLOW BRICK ( )    SOLID CMU ( )		
	HOLLOW CMU ( )    AAC ( )    CUT STONE ( )		
	RUBBLE STONE ( )    ADOBE ( )		
MORTAR TYPE	CEMENT ( )    LIME ( )    MUD ( )    NO ( )		
WORKMANSHIP	GOOD ( )    MODERATE ( )    POOR ( )		
FLOOR TYPE	RC ( )    WOODEN ( )    ARCHED ( )		
HORIZONTAL BOND BEAM ?	OVER WINDOW ( )    FLOOR LEVEL ( )    NO ( )		
VERTICAL BOND BEAM ?	YES ( ) ..... metre interval    NO ( )		
LINTEL ?	YES ( )    NO ( )		
LINTEL/BEAM MATERIAL ?	RC ( )    WOODEN ( )		
ROOF TYPE	FLAT ( )    SHED ( )    GABLE ( )    HIPPED ( )		
ROOF MATERIAL	TILE ( )    RC ( )    METAL SHEET ( )    EARTHEN ( )		
CONNECTIONS	GOOD ( )    POOR ( )		
SOFTWEAK STORY	YES ( )    NO ( )		

## b

**-1- MASONRY CONSTRUCTION TYPE**

**-2- OBSERVATIONS OUTSIDE THE BUILDING**

**High Slope:**

**Vertical Opening Irregularity:**

**Plan Geometry:**

**Location of Building:**

**Previous Damage:**  
**NO** - There exists insignificant damage in the inspected building due to past earthquakes, interventions, settlements, etc.  
**YES** - Diagonal cracks in mid-sections of walls, vertical cracks in upper regions of walls, damage and/or cracks in wall-to-wall or wall-to-floor connections, significant cracks in bed and head joints, significant horizontal cracks especially due to differential settlement, significant out-of-plane deformation in the wall.

**-3- OBSERVATIONS INSIDE THE BUILDING**

**Unrestrained wall length**

**-4- GENERAL OBSERVATIONS**

**Horizontal bond beam / Lintel**

**Roof Type:**

# Fase 2: Kwantitatieve werkwijze

## *Hoe gedraagt zich de ondergrond na een aardbeving?*

- Horizontale versnellingen in de grond
  - Extra schuifspanning
  - Verdichting
  - Wateroverspanning
  - Vermindering sterkte en stijfheid
  - Verweking
- 
- Tot op heden nog geen verweking geconstateerd.
  - Bij sterkere bevingen vanaf 0,2 g, neemt de kans op verweking snel toe in zandlagen!
  - Voor klei en veenlagen reductie sterkte/stabiliteit door wateroverspanningen

# 1. Terreinonderzoek

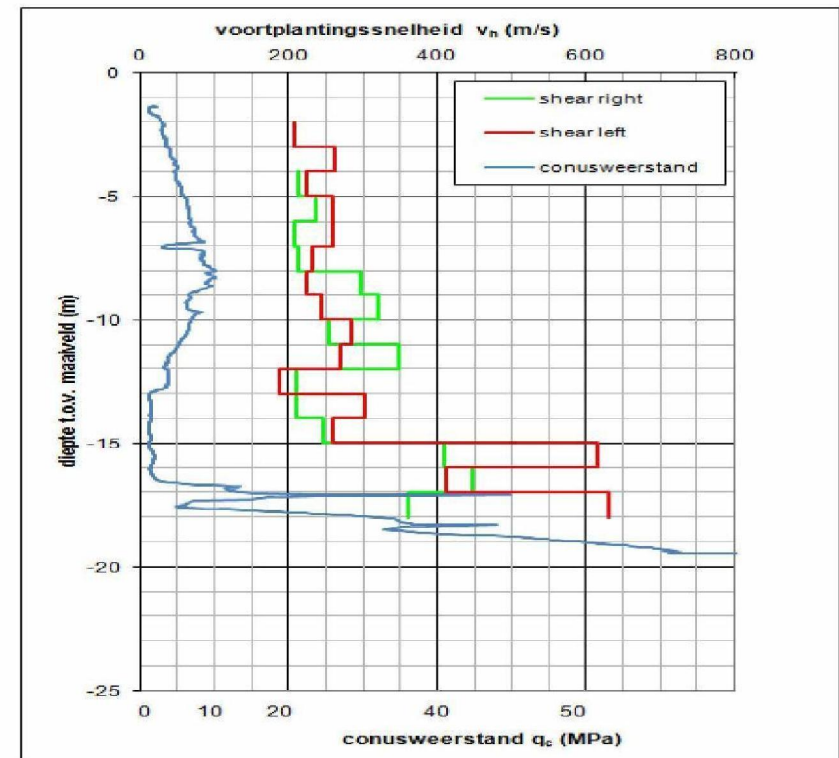
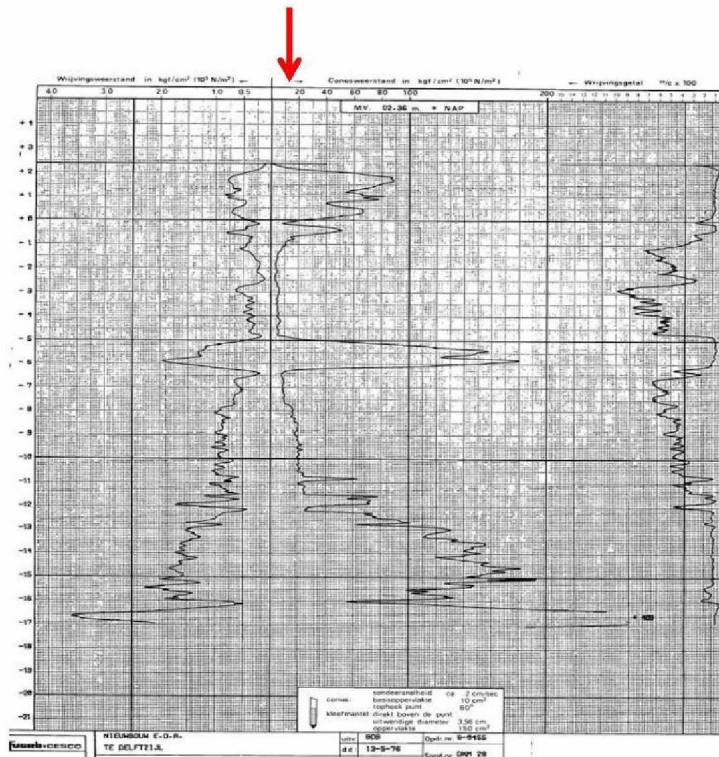
Literatuuronderzoek naar diepere geologische ondergrond (TNO-databank)

In-situ proeven; Boringen, sonderingen; Seismische sonderingen; Laboratoriumonderzoek

Grondonderzoek door sonderingen

- Statische sondering: conusweerstand en kleef (Standaard bij nieuwbouw)

seismische sondering: voortplantingssnelheden (niet standaard onderzoek)



## 2. Geotechnische analyses (1)

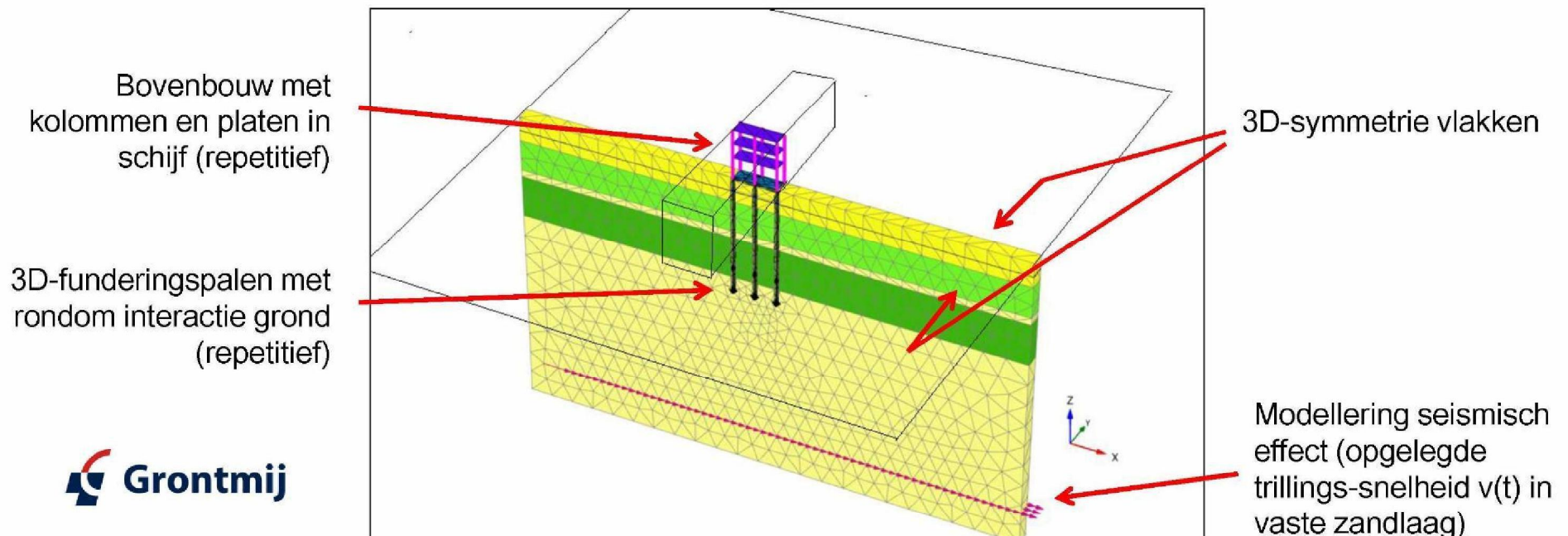
---

47

- **Inventariseren:** Bodemopbouw en classificatie (geotechnisch en geohydrologisch)
- **Bepalen uitgangspunten:** Dossieronderzoek :Hazard analysis & vaststellen respons spectrum conform Eurocode 8, NEN
- **Modelleren** : horizontale versnellingen voor berekening aardbevingsbelastingen  
Interactie grond – fundering en toetsing funderingen
- **Resultaten:** Analyse vervormingen ondergrond en grondconstructies  
Analyse invloed op sterkte, stijfheid en wateroverspanningen

# 2. Geotechnische analyses (2)

- 3D SIMULATIE VAN DE AARDBEVING met PLAXIS





# 3. Ontwerpen en controleren constructie volgens Eurocode (1)

---

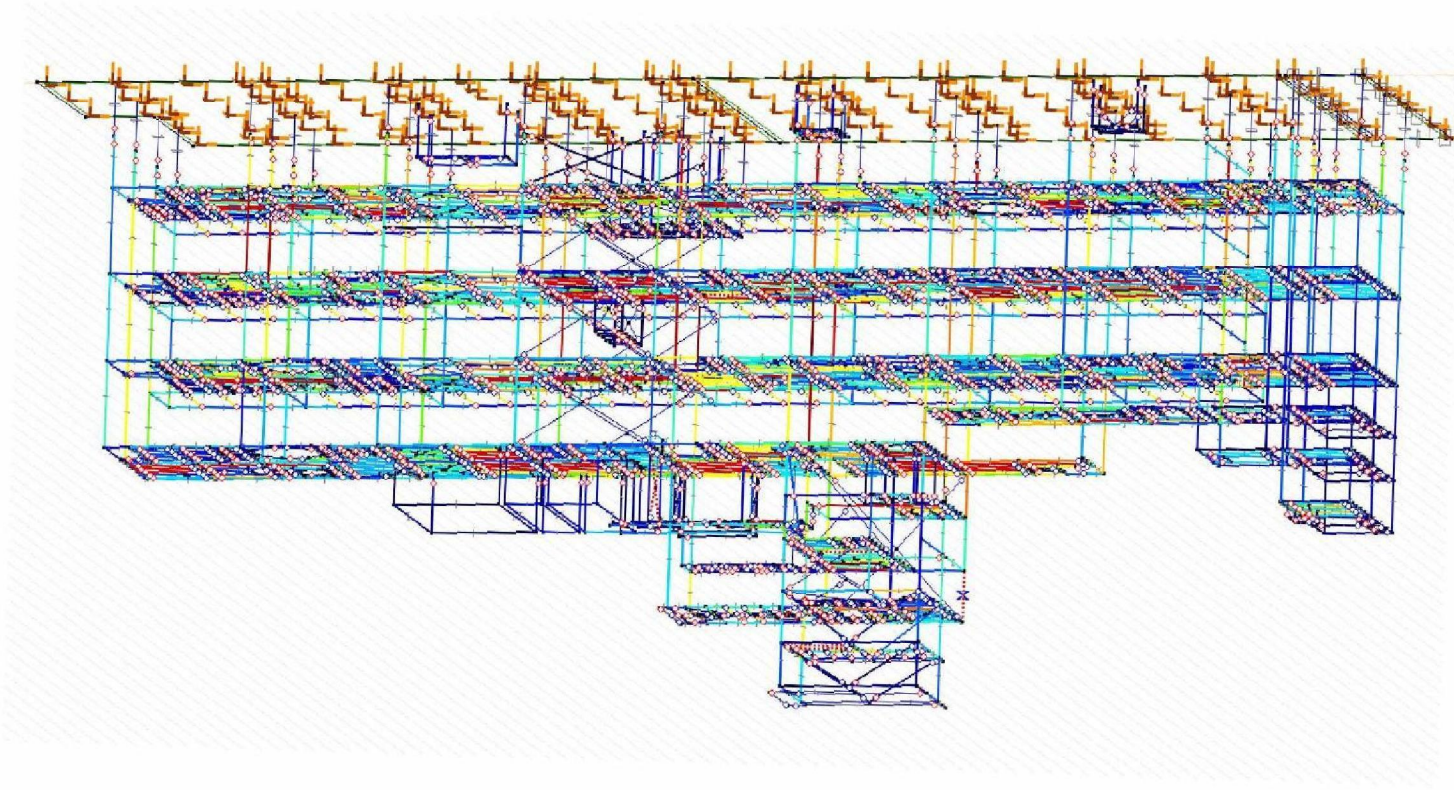
Vanuit de geotechnische analyses zijn idealiter de volgende gegevens bekend om de aardbevingbelasting te bepalen:

- De lokale waarde van PGA (Peak Ground Acceleration)
  - De duur van de beving
  - De frequentie-inhoud van de beving (spectrum) (herhalingen per seconde)
- 
- Hierna kan de response van de constructie op de beving worden bepaald. Deze normen staan in de NEN memo. De NPR wordt naar verwachting in 3<sup>e</sup> 4<sup>e</sup> kwartaal vastgesteld!

# 3. Ontwerpen en controleren constructie (2)

Delamine fabriek, volledige constructie en fundering in 3D





# 3 Ontwerpen en controleren constructie (3)

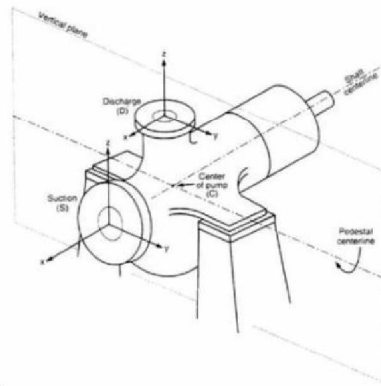
51

# 4 en 5. Berekeningen aan leidingen en componenten (bovengronds) (1)

52

## ■ Voorbeeld statische (flexibiliteit) analyse van het leidingwerk

- Het bepalen van steunpunten
- Bepalen van flensbelastingen
- Het beoordelen van componentaansluitingen
- Toetsing van het leidingwerk aan de daarvoor geldende normen
- Gebruik makend van berekeningsprogramma Caesar II



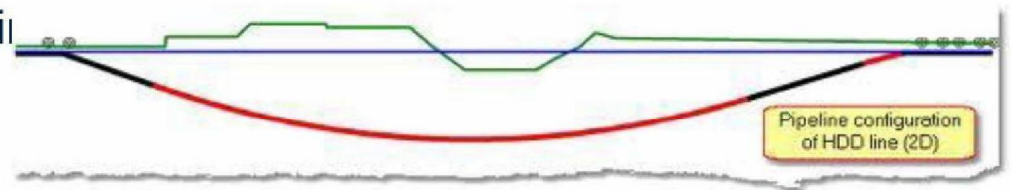
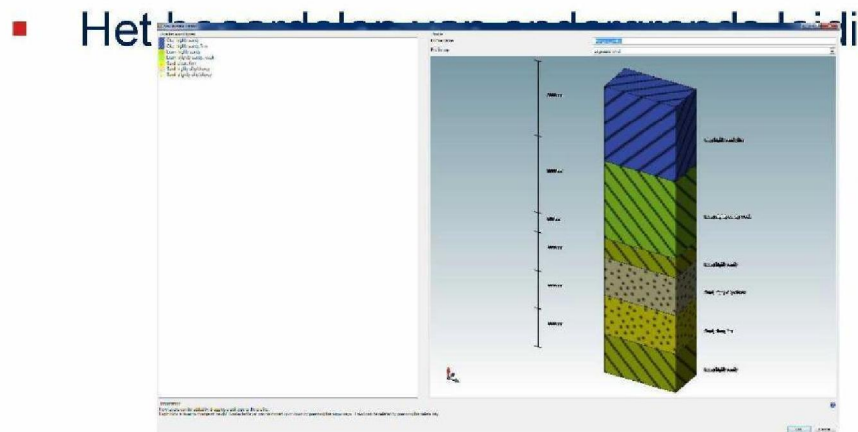
## ■ Dynamische beoordeling van het leidingwerk

- Controle van de integriteit t.g.v. waterslag
- Berekening met belasting t.g.v. aardbevingen



# 4 en 5. Beoordeling leidingwerk en drukapparatuur (ondergrond) (2)

53



- Beoordelen van drukapparatuur, zoals drukvaten – EN 13445  
- Software: berekeningsprogramma Red Bag

# 6. Externe veiligheid

54

Wat zijn effecten van een aardbeving op de productieprocessen in relatie tot Externe veiligheid?

- Uitvoeren Risico inventarisatie
- Uitvoeren van berekeningen voor industrie  
*(met rekenprogramma Safeti –NL voor Bevi en BRZO inrichtingen)*
- Opstellen van verantwoordingsplicht (preventieve maatregelen en inzet van hulpdiensten bij calamiteiten) *conform Handreiking verantwoordingsplicht Groepsrisico)*
- Ingaan op mogelijke cumulaties als gevolg van aardbevingen
- Actualiseren veiligheidsplan (VR of VBS) als onderdeel van BRZO audit



# 7. Welke concrete maatregelen zijn nodig?

---

55

- Berekeningen op basis van ontwerp engineering
- Vergelijken met de Eurocode 8 resultaten
- Extra verbindingen bij stabiliserende onderdelen



# Kennis transformatie

---

56

- Introductie lezing over aardbevingen in Groningen.
- Houden van aantal lezingen vanuit onze specifieke expertise van Grontmij , de voorbereidingen, een sessie van een halve dag.
- Lezing (seminar) constructieve aandachtspunten, waarop moet worden gelet bij de berekeningen van aardbevingen en mogelijk schadegevallen, ervaringen Grontmij.
- Lezing seminar over de grondmechanische eigenschappen en problemen die optreden.
- Aanvullend meewerken aan het opstellen van het inventarisatie en kwalitatieve beoordelingsformulier.



# Hoe nu verder?

---

57

- Planning ?
- Diepgang?
- Fasering?
- Beschikbaarheid documenten?
- Hoe de transformatie?
- Uitvraag hoe en wanneer?

# Meer info

Voor vragen en opmerkingen kunt u contact opnemen met:

5.1.2e

## Bouwmanager Noord-Oost Nederland

T [redacted] 5.1.2e

E [redacted] [@grontmij.nl](mailto:[redacted]@grontmij.nl)

5.1.2e

## Commercieel Manager Sustainable Building & Real Estate Accountmanager Earthquakes

T + [redacted] 5.1.2e

E [redacted] [@grontmij.nl](mailto:[redacted]@grontmij.nl)

Of een email sturen naar : [\[redacted\]@grontmij.nl](mailto:[redacted]@grontmij.nl)



# Referenties

---

59

- Eventueel aanvullende PPT, is voorhanden