



seismisch advies

Zernikeborg

Schade bij aardbeving

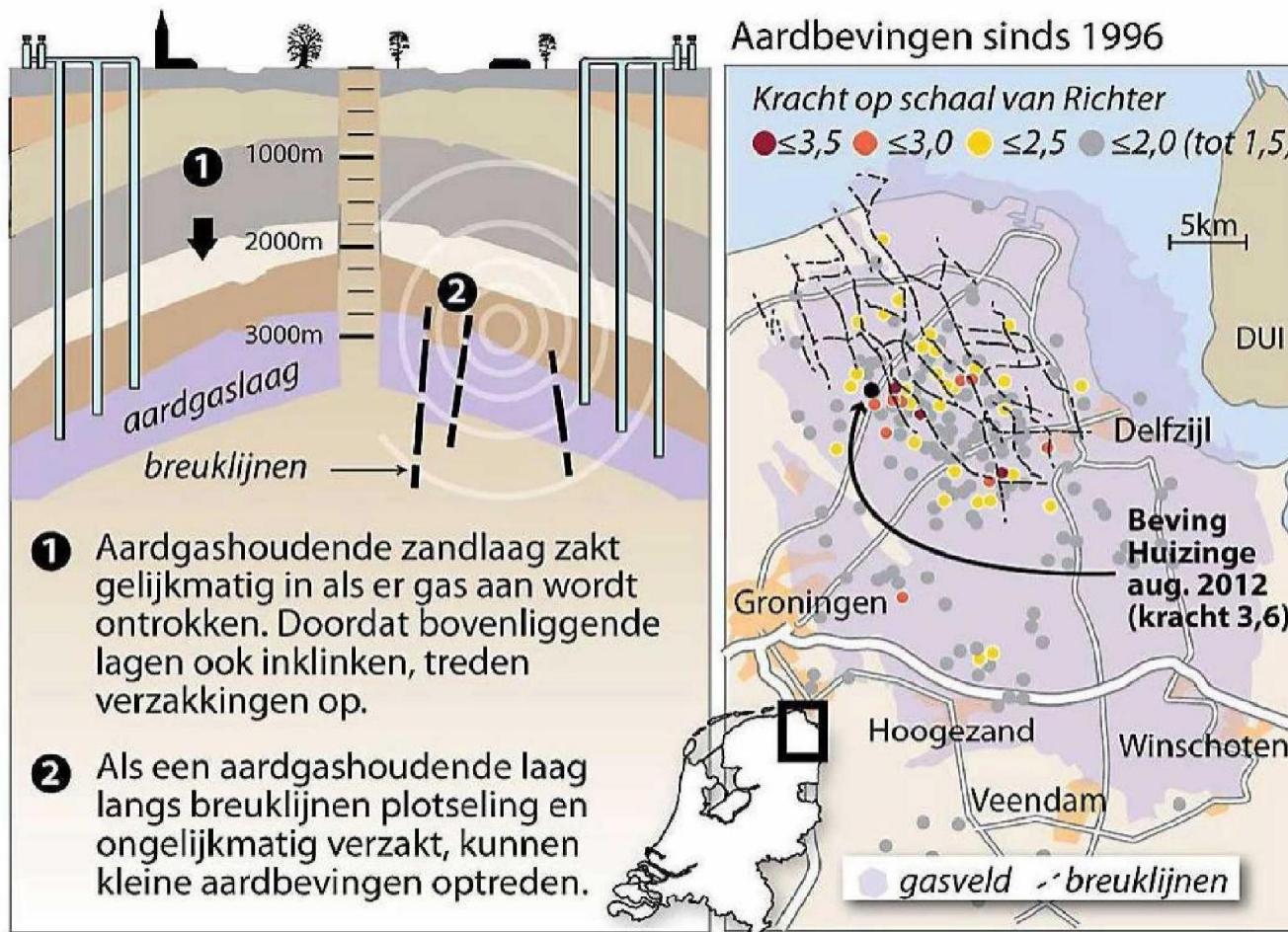


1. **Aardbevingen in Groningen**
2. Uitgangspunten
3. Seismisch gedrag
4. Bestaande Gebouwen
 1. Seismische Scan
 2. Fema

Diepte Beving



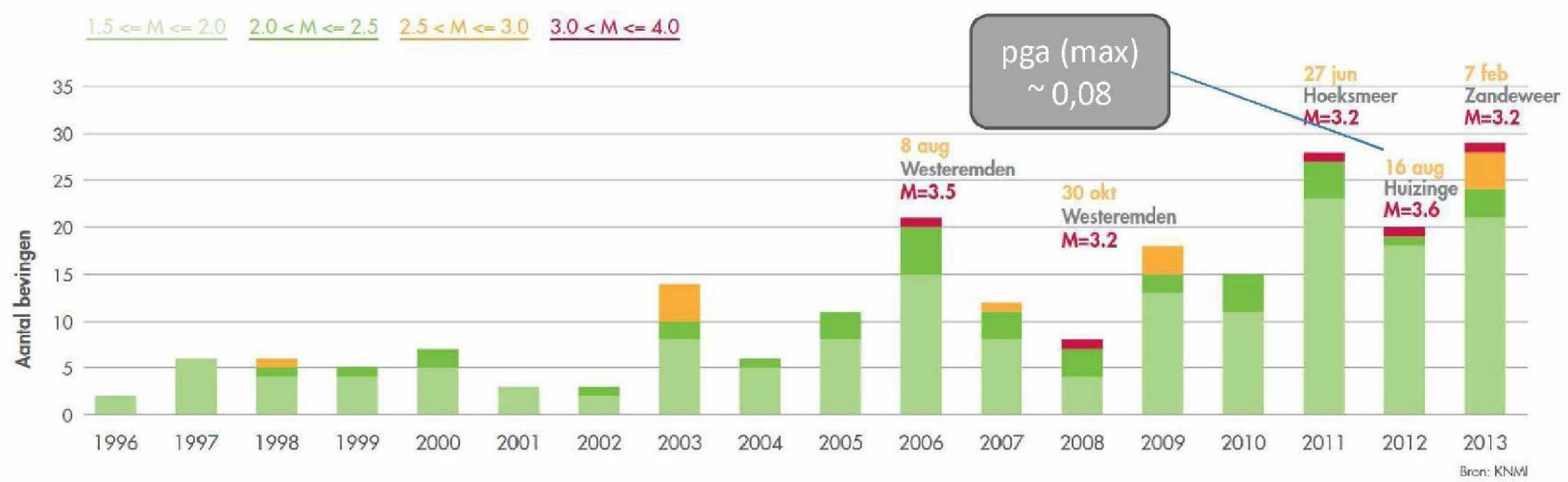
seismisch advies



Schade



seismisch advies





Richter: enkel getal dat de hoeveelheid energie aangeeft die vrijkomt bij een aardbeving [Energie $E = 10^{1,5M-1}$ MJ]

Mercalli: enkel getal dat het effect van een aardbeving uitdrukt [piekgrondversnelling, snelheid, verplaatsing]

Indeling schaal van Richter	
Categorie	Intensiteit
0-2	Niet merkbaar, alleen door een seismograaf
2-3	Licht meetbaar
3-4	Licht, rinkelende glazen
4-5	Gemiddeld, voelt als zwaar verkeer dat langsrijdt
5-6	Krachtig, zwak gebouwde huizen vertonen scheuren
6-7	Behoorlijk krachtig, schade aan gebouwen, scheuren in de grond
7-8	Zwaar, paniek breekt uit, veel gebouwen storten in
8-9	Zeer zwaar, grote verwoesting van infrastructuur
9-10	Catastrofe, een uitgestrekt gebied over duizenden kilometers is verwoest
10 en hoger	Totale catastrofe, niets blijft overeind duizenden kilometers ver, de aarde verandert

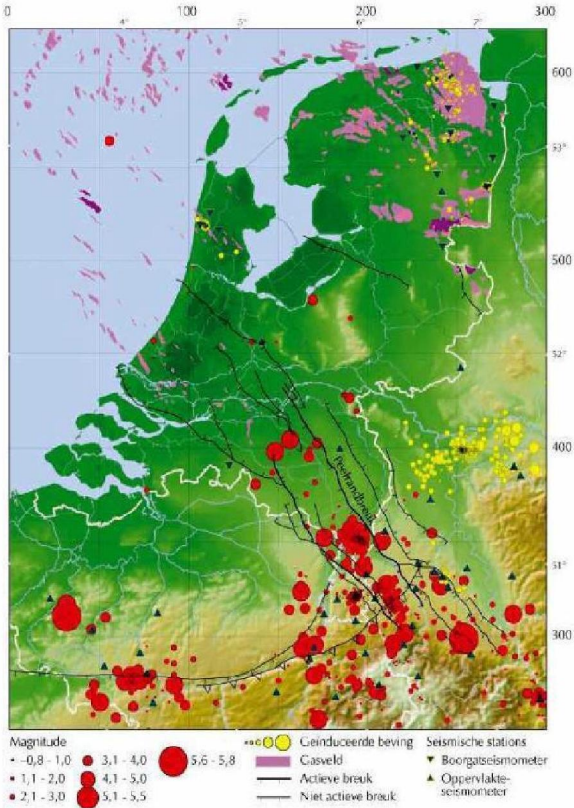
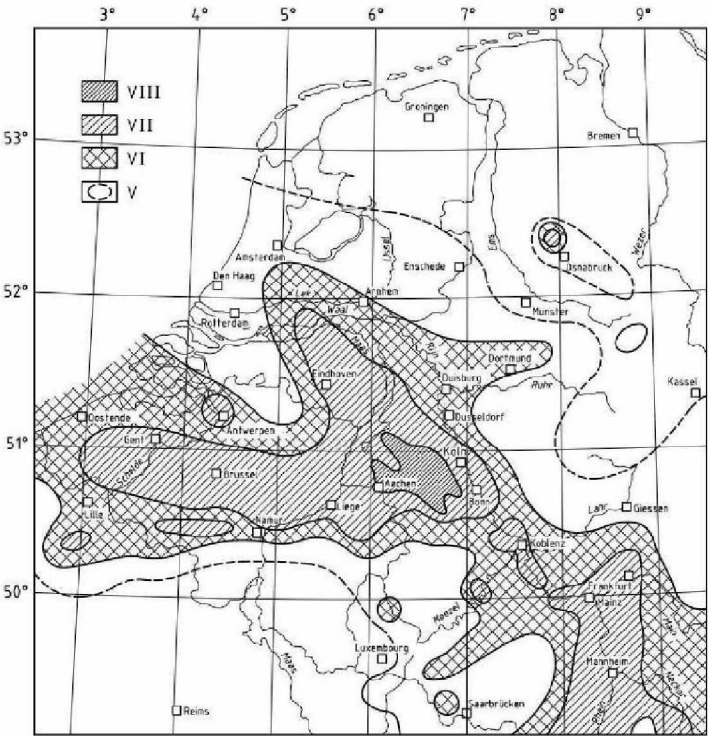
Indeling schaal van Mercalli	
Categorie	Intensiteit
I	Niet merkbaar, alleen door een seismometer
II	Nauwelijks merkbaar
III	Zwak, voelt alsof er een vrachtwagen langsrijdt
IV	Sterk, ramen en deuren rammelen een beetje
V	Vrij sterk, lampen en schilderijen gaan ook heen en weer
VI	Lichte schade, zwak gebouwde huizen vertonen scheuren
VII	Behoorlijke schade, schoorstenen vallen om, water begint te golven
VIII	Zware schade, gebouwen raken beschadigd, sommige storten in
IX	Verwoestend, veel gebouwen raken beschadigd
X	Buitengewoon verwoestend, veel gebouwen storten in, scheuren in de grond
XI	Catastrofaal, spoorrails verbuigt, leidingen worden kapot getrokken, veel gebouwen verwoest
XII	Buitengewoon catastrofaal, algehele verwoesting, het landschap verandert

Natuurlijk / Geïnduceerd



seismisch advies

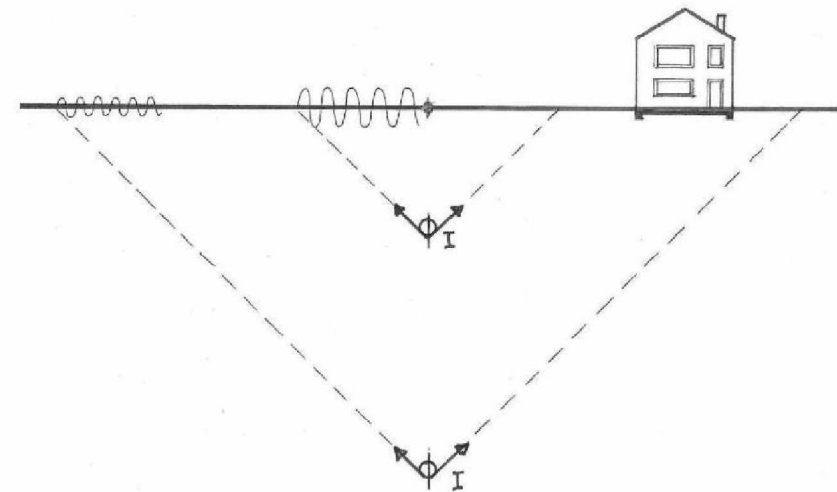
NEN-EN 1991-1-7+C1:2011/NB:2011





Geïnduceerd:

- Het hypocentrum ligt erg ondiep (~3 km ipv ~30 km);
- De Schaal van Richter is niet goed bruikbaar omdat de energie dicht aan de oppervlakte vrijkomt;
- Een aardbeving heeft klein verspreidingsgebied, maar de piek grond versnellingen zijn hier relatief groot;
- Korte duur, maar hoogfrequent
- De schade is dan ook groter dan bij een vergelijkbare natuurlijke beving.



Voorlopige "normering"



seismisch advies

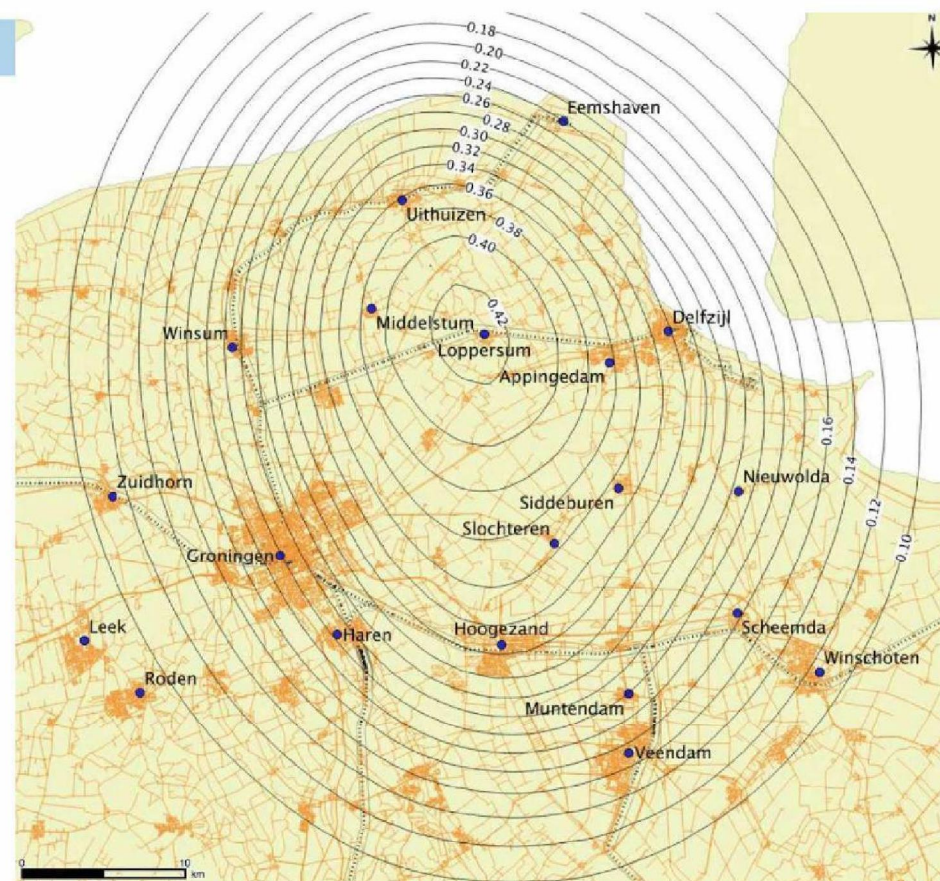
NEN

MEMO

Ten behoeve van de Minister van Economische Zaken

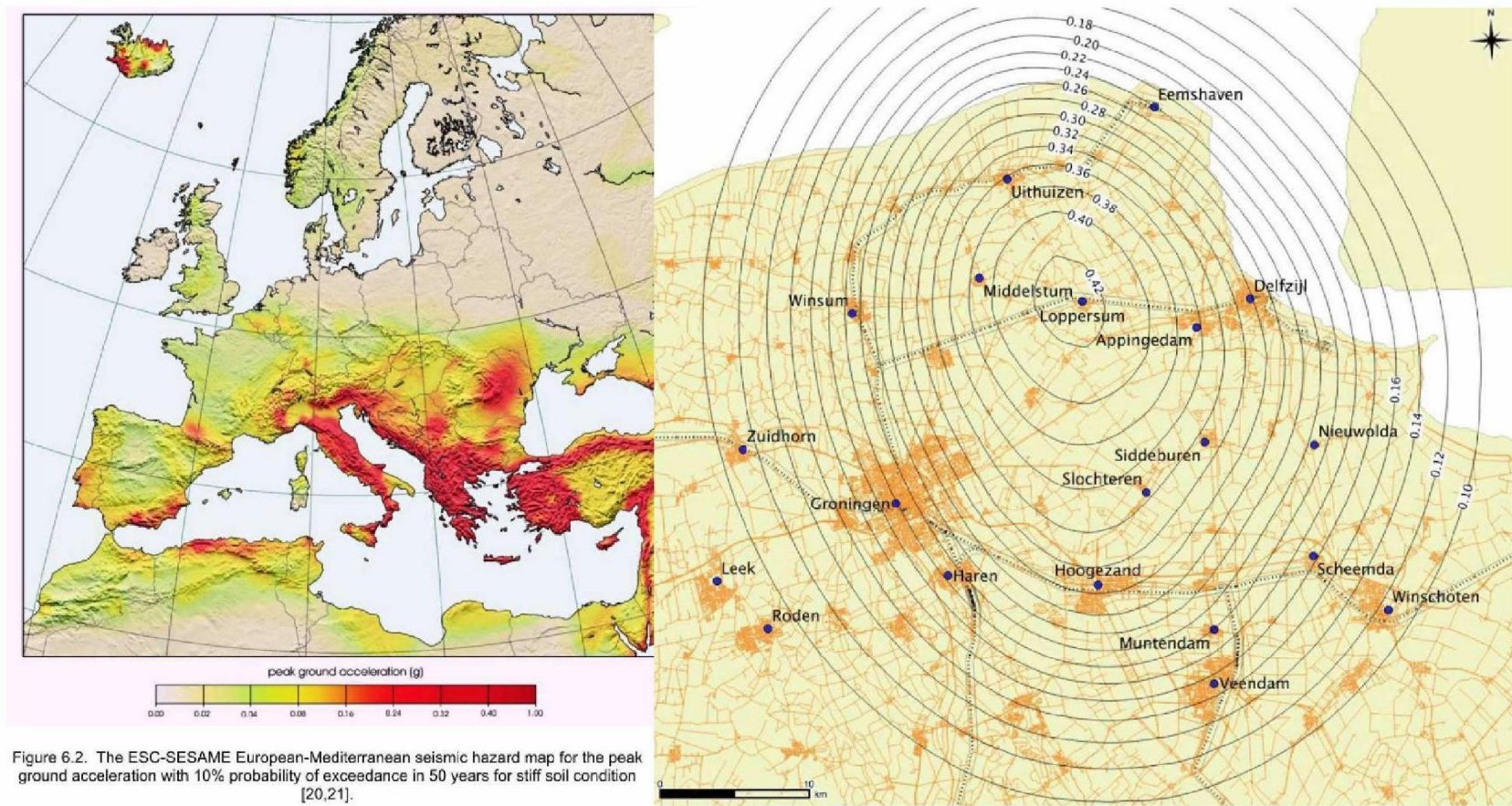
Nederlands Normalisatie Instituut

Voorlopige ontwerpuitgangspunten voor
nieuwbouw en verbouw
onder aardbevingsbelasting
ten gevolge van de gaswinning
in het Groningenveld



NEN
15 mei 2014

Vergelijking Europa



- Huidige bouwbesluit schrijft Eurocode's voor, maar EC8 (aardbevingen) is niet bindend;
- Er is géén Nationale Bijlage voor EC8;
- Een NPR wordt samengesteld. Deze zal op termijn leiden tot een Nationale Bijlage van de Eurocode.
- De eerste (groene) uitgave van de NPR wordt verwacht januari 2015.
- Het NNI heeft een voorlopige richtlijn gepubliceerd (15-05-2014). Deze voorlopige richtlijn betreft nieuwbouw en verbouw. Géén bestaande bouw!




1. Aardbevingen in Groningen
2. **Uitgangspunten**
3. Seismisch gedrag
4. Bestaande Gebouwen
 1. Seismische Scan
 2. Fema

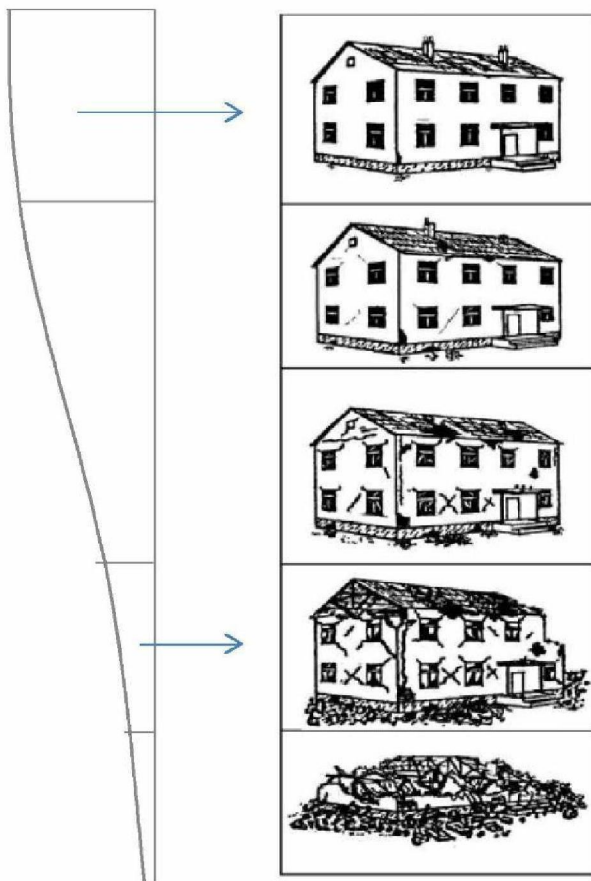
Gevolgklasse



seismisch advies

	NEN-EN 1990 (huidige norm)	Interim Advies 15 Mei 2014	NPR 9998 2014-12-01
CC1a	Loodsen, stallen		
CC1b	woningen		
CC2	Kantoren, scholen, appartementen gebouwen, winkels, etc.	scholen 	scholen 
CC3	Gebouwen waar het bezwijken van een deel van het gebouw kan leiden tot meer dan 500 slachtoffers		

Grote kans op voorkomen tijdens referentie periode, weinig schade acceptabel



Kleine kans op voorkomen tijdens referentie periode, schade acceptabel, levensgevaar niet acceptabel

Damage Limitation (DL)

De constructie is licht beschadigd. De constructie behoeft géén reparatie;

Significant Damage (SD)

De constructie is significant beschadigd met nog enige reststerkte;

Near Collapse (NC)

De bouwconstructie staat op instorten, maar met kan nog veilig vluchten.

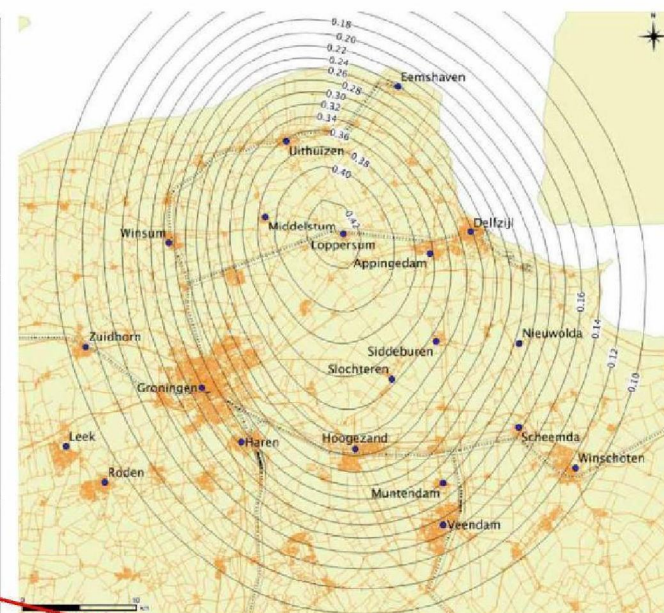
Kansverdeling

Gevolgklasse en grenstoestanden



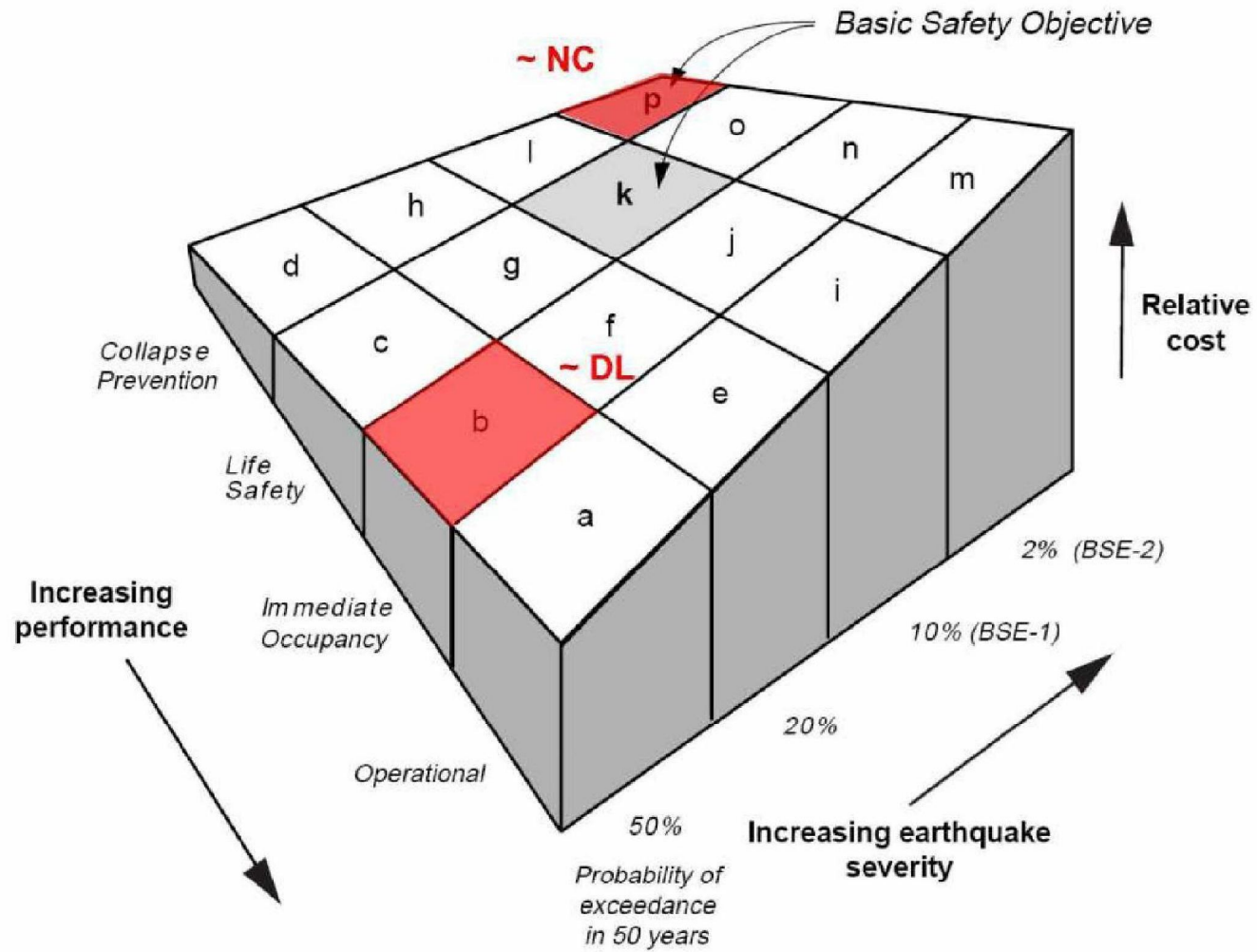
seismisch advies

Nieuwbouw en verbouw van constructies						
Gevolg-klasse	Grenstoestand					
	Near Collapse (NC)			Significant Damage (SD)		
	$P(a_g > \gamma_i \cdot a_{g,ref})$ [1/jaar]	γ_i [-]	q-factor [-]	$P(a_g > \gamma_i \cdot a_{g,ref})$ [1/jaar]	γ_i [-]	q-factor [-]
CC1A	-	0,9	Waarden uit NEN-EN 1998-1 vermenigvuldigd met 1,33	-	0,68	Waarden uit NEN-EN 1998-1
CC1B	$5 \cdot 10^{-4}$	1,58	Waarden uit NEN-EN 1998-1 vermenigvuldigd met 1,33	$1,4 \cdot 10^{-3}$	1,18	Waarden uit NEN-EN 1998-1
CC2	$2,5 \cdot 10^{-4}$	1,91	Waarden uit NEN-EN 1998-1 vermenigvuldigd met 1,33	$8,3 \cdot 10^{-4}$	1,43	Waarden uit NEN-EN 1998-1
CC3	$8,3 \cdot 10^{-5}$	2,48	Waarden uit NEN-EN 1998-1 vermenigvuldigd met 1,33	$3,3 \cdot 10^{-4}$	1,86	Waarden uit NEN-EN 1998-1
Gevolg-klasse	Grenstoestand					
	Damage Limitation (DL)					
	$P(a_g > \gamma_i \cdot a_{g,ref})$ [1/jaar]	γ_i [-]	q-factor [-]			
CC1/2/3	10^{-2}	0,52	1,0			



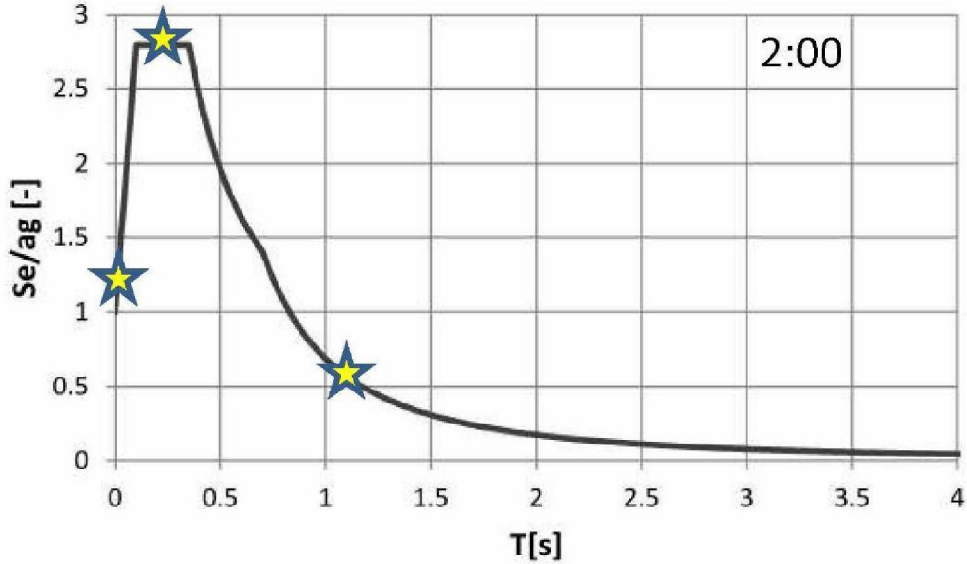
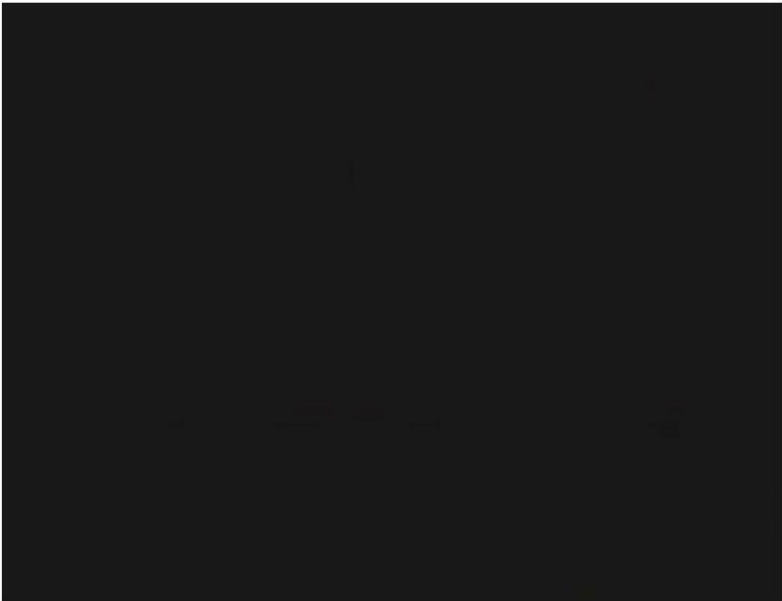
CC2, NC	Importance Factor γ_i	Herhalingstijd T_{NCR} [jaar]	Kans in 50 jaar levensduur
Interim Advies	1,91	4.000	1,25%
NPR 9998 (2014-09)	1,6	1.800	2,78%
NPR 9998 (2014-12)	1,5	1.800	2,78%

Prestatiedoelen

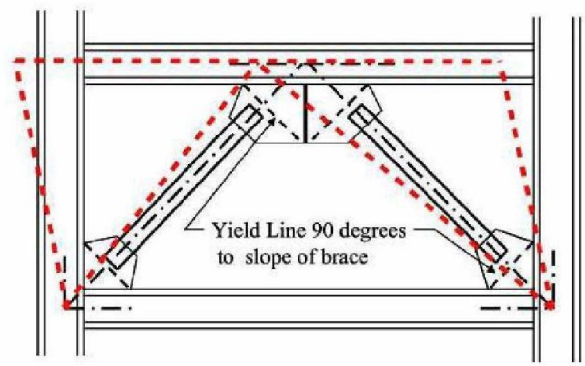




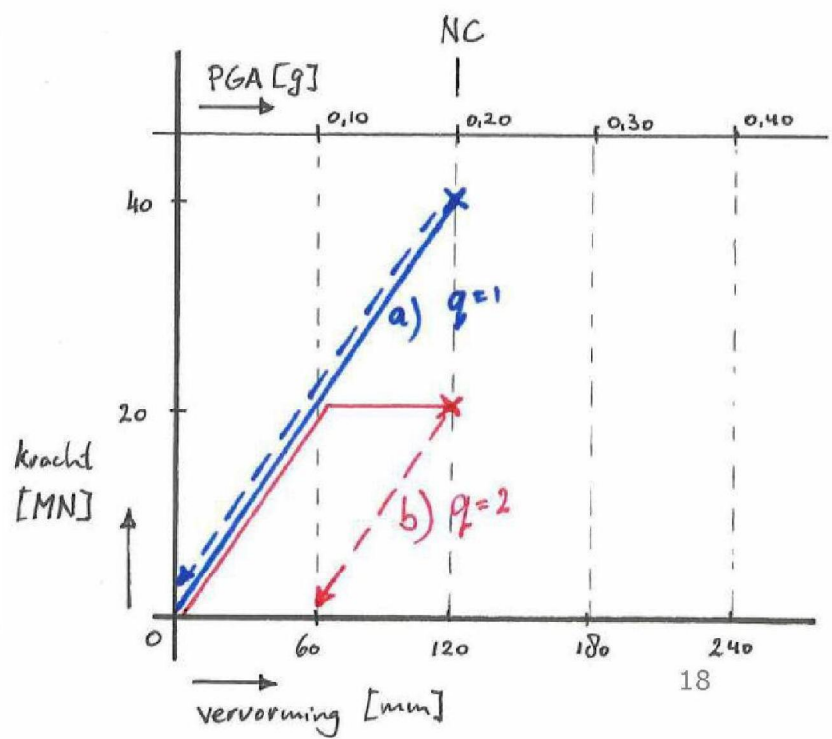
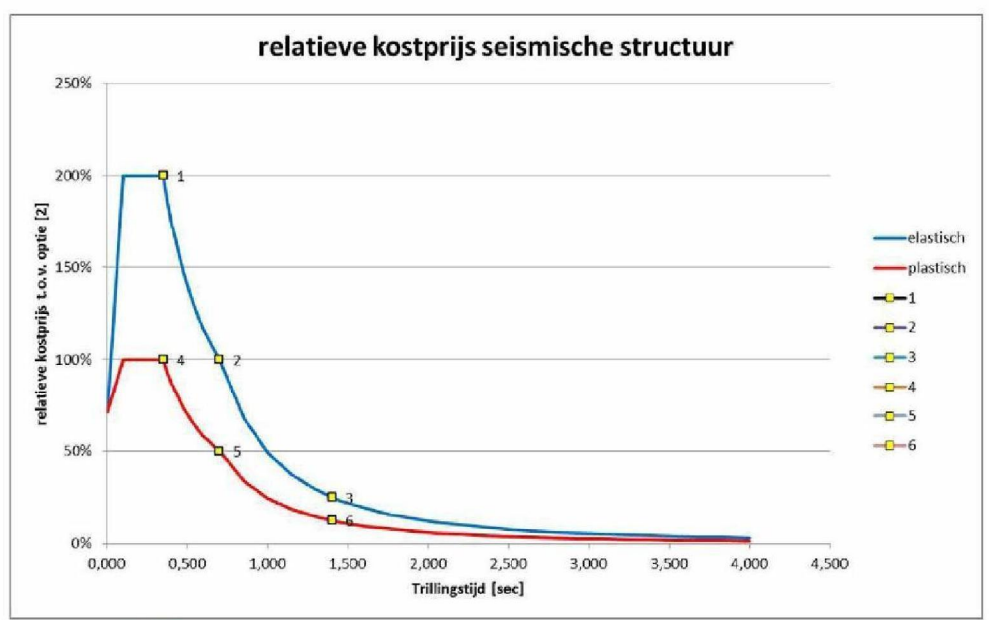
1. Aardbevingen in Groningen
2. Uitgangspunten
3. **Seismisch gedrag**
4. Bestaande Gebouwen
 1. Fema
 2. Conceptual Design of Buildings



Elastisch en plastisch gedrag



- Plastisch gedrag werkt als een “zekering”: het beperkt de krachten die een structuur aantrekt.
- **Plasticiteit = vervorming = lagere krachten!**



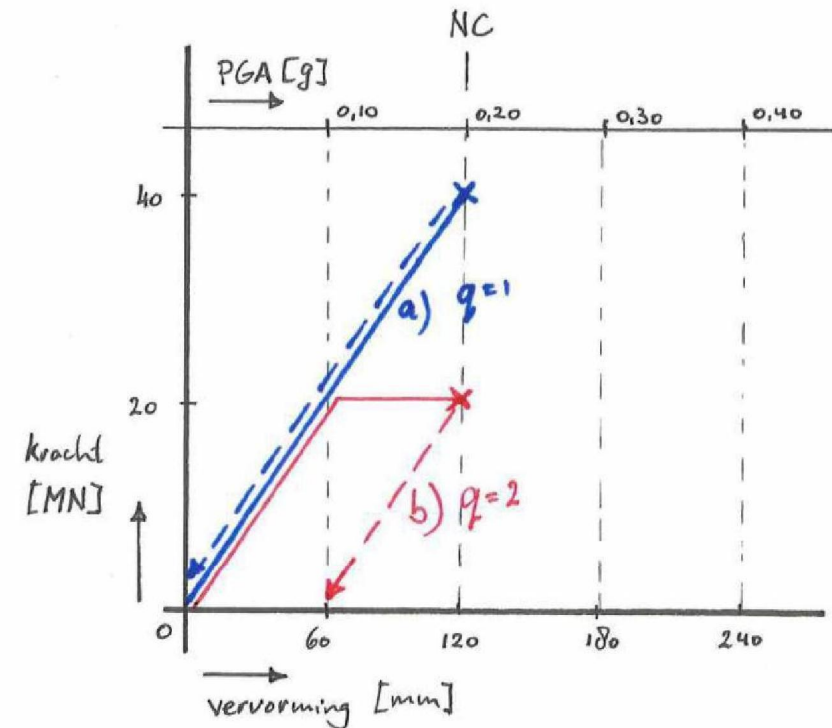
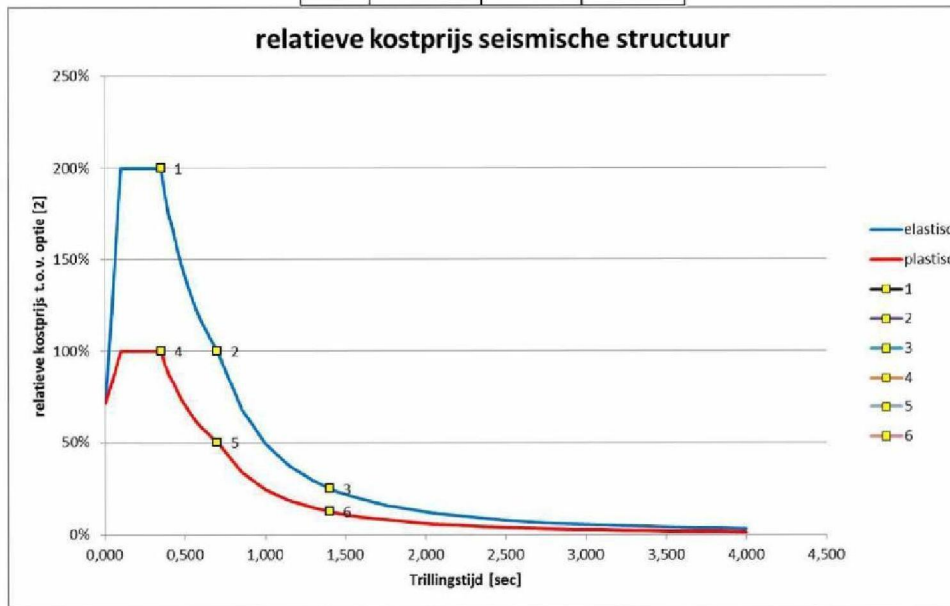
Ductiliteit en kostprijs



seismisch advies

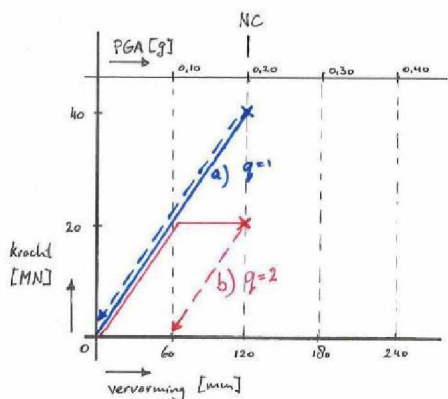
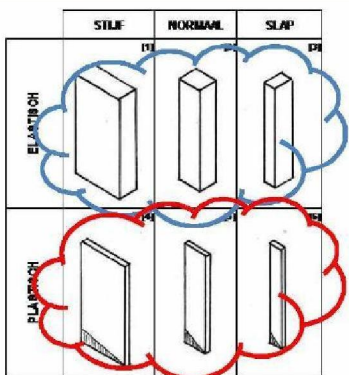
	STIJF	NORMAAL	SLAP
ELASTISCH			
PLASTISCH			

- Structuren die elastisch blijven zijn duurder dan structuren die plastisch worden. Het verschil kan groot worden;
- Slappere structuren zijn goedkoper dan stijvere structuren.

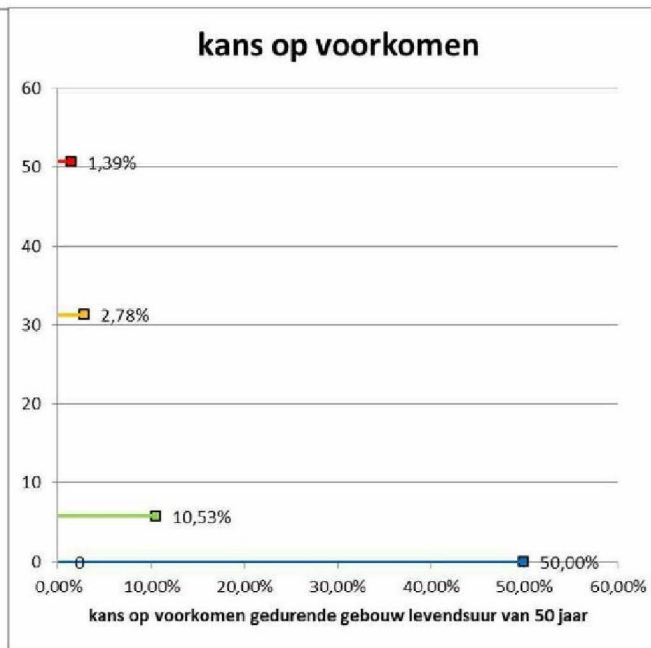
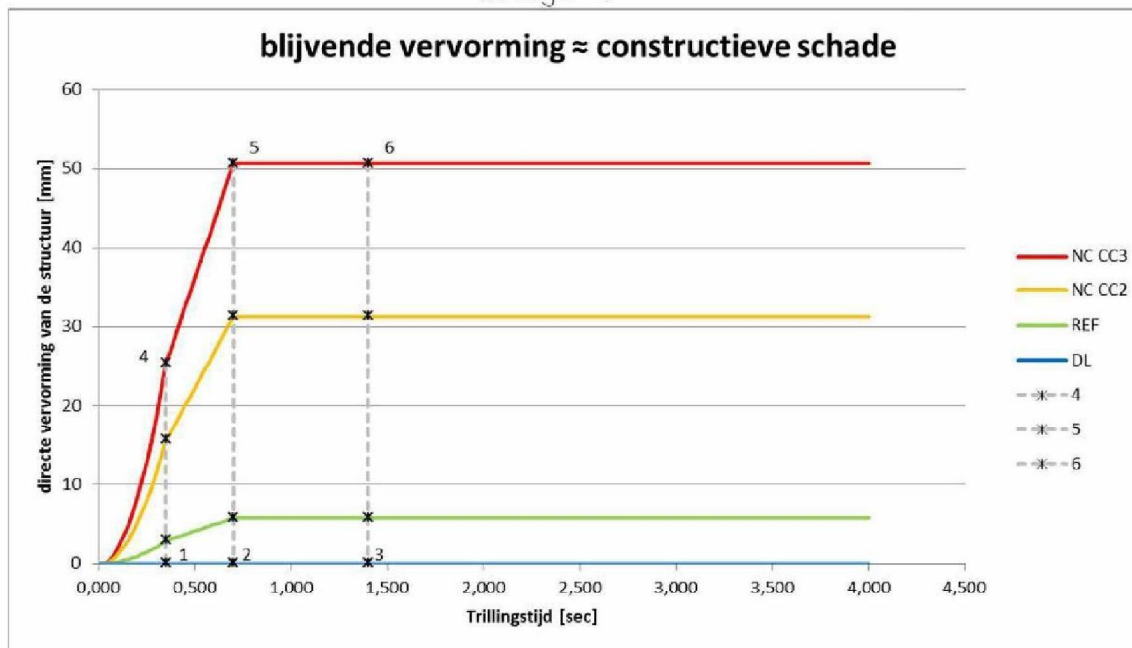


Constructie schade \approx blijvende vervorming

seismisch advies

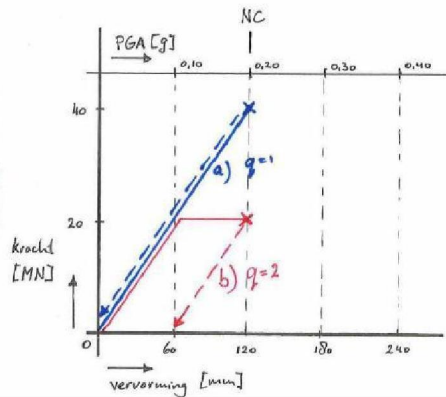
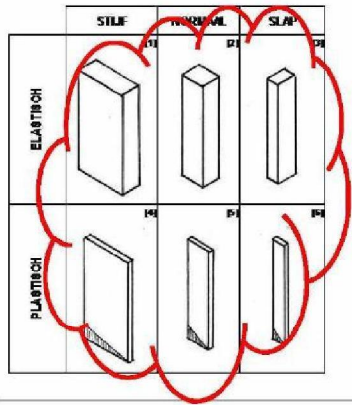


- Plastische structuren geven meer blijvende vervorming dan elastische structuren. Maar dit hoeft geen probleem voor het gebouw te zijn. Ze treedt pas op na een eerste (grotere) aardbeving;

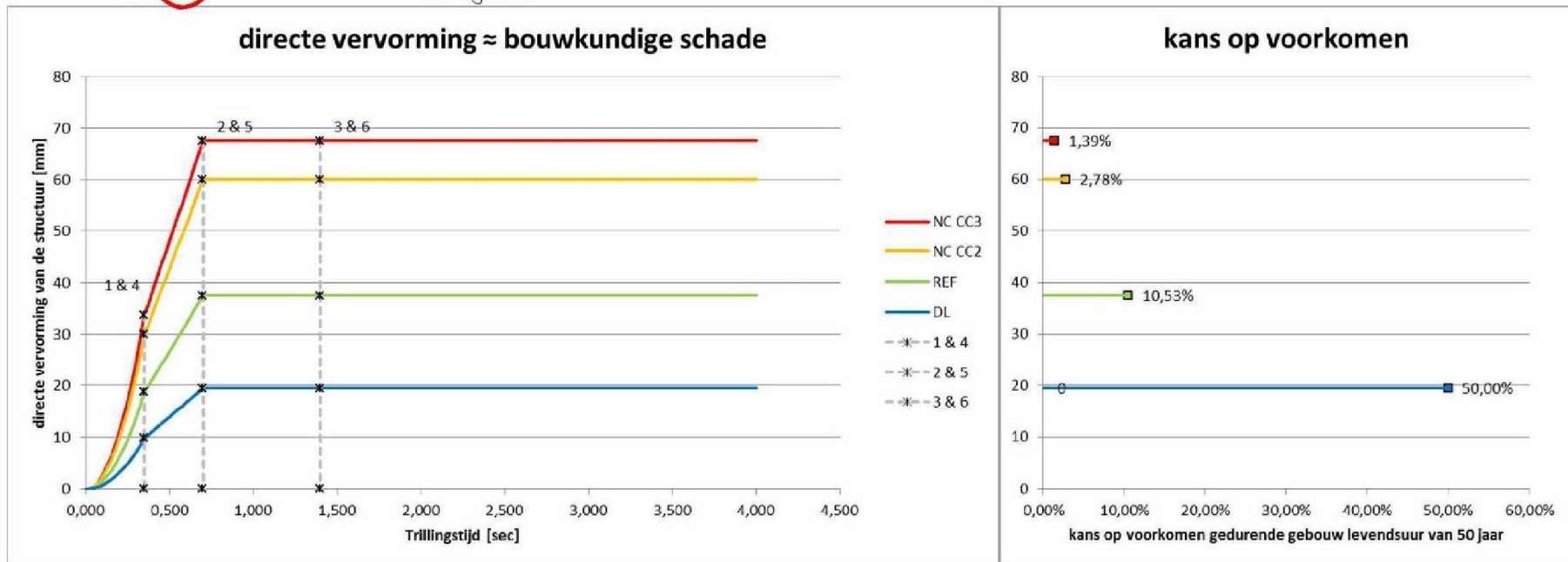


Bouwkundige schade \approx directe vervorming

seismisch advies



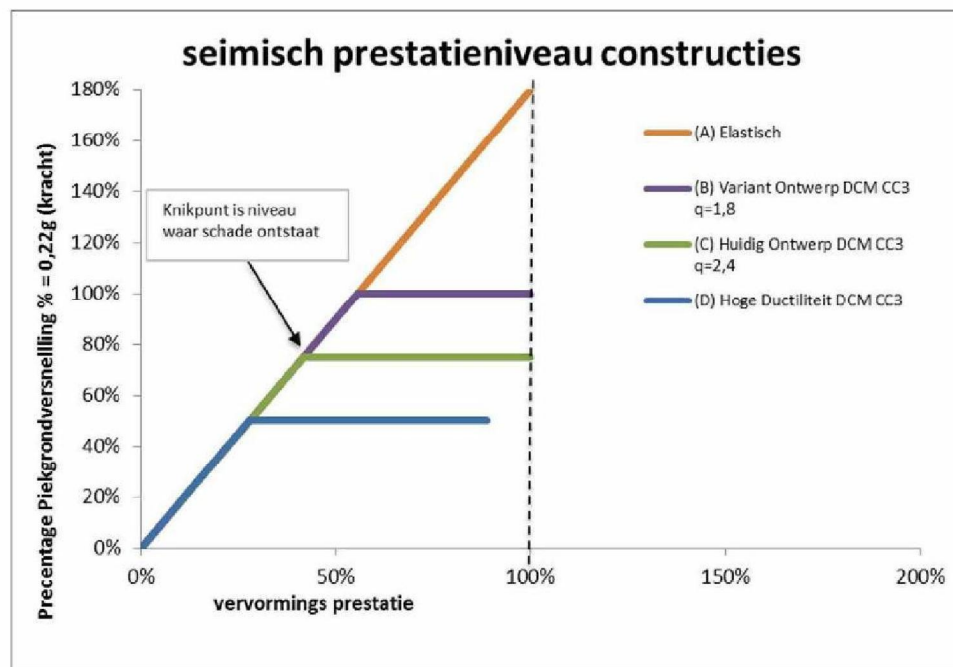
- **Elastische en plastische structuren geven evenveel bouwkundige schade!**
- Enkel zeer stijve structuren geven minder vervormingen en dus minder bouwkundige schade



Ontwerpvarianten, NPR 2014-09



seismisch advies

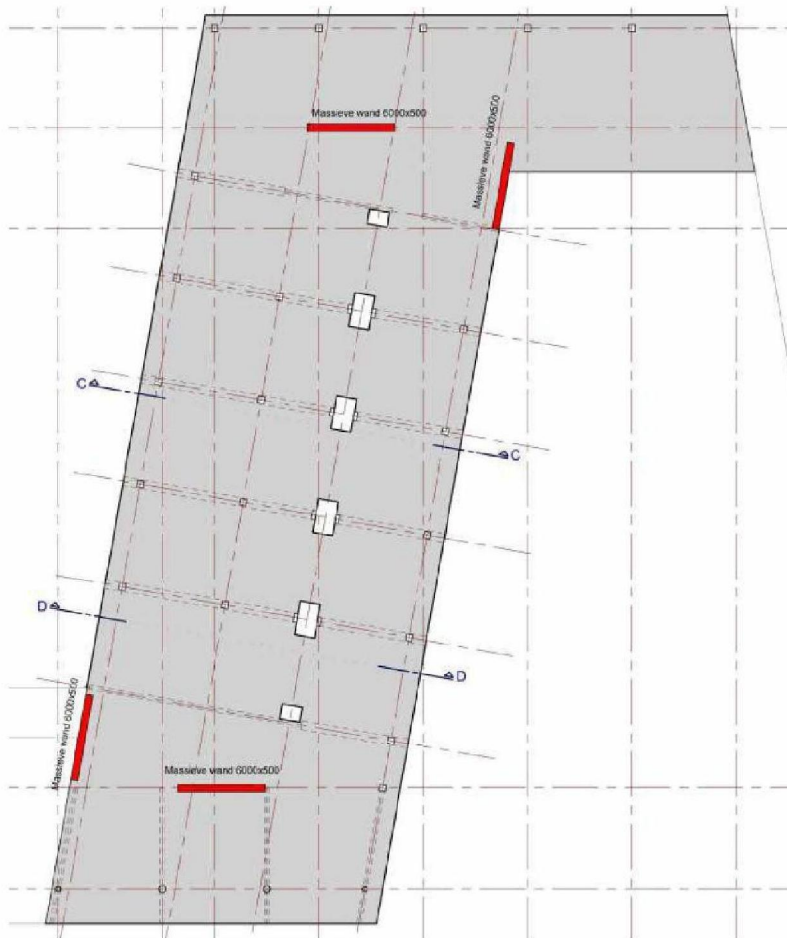


		q	gevolgklasse	Schade bij % PGA	Geschatte kostprijs
A	Elastisch	1,0	CC3	160%	€12,5M
B	Lage ductiliteit	1,8	CC3	100%	€7,5M
C	Gemiddelde ductiliteit	2,4	CC3	75%	€5,0M
D	Hoge ductiliteit	3,2	CC2	50%	€3,8M

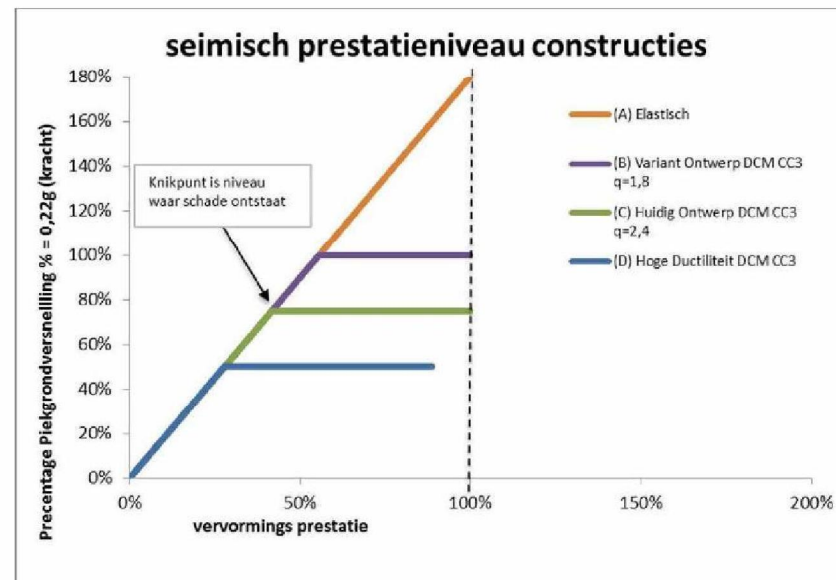
Basis variant (C)



seismisch advies



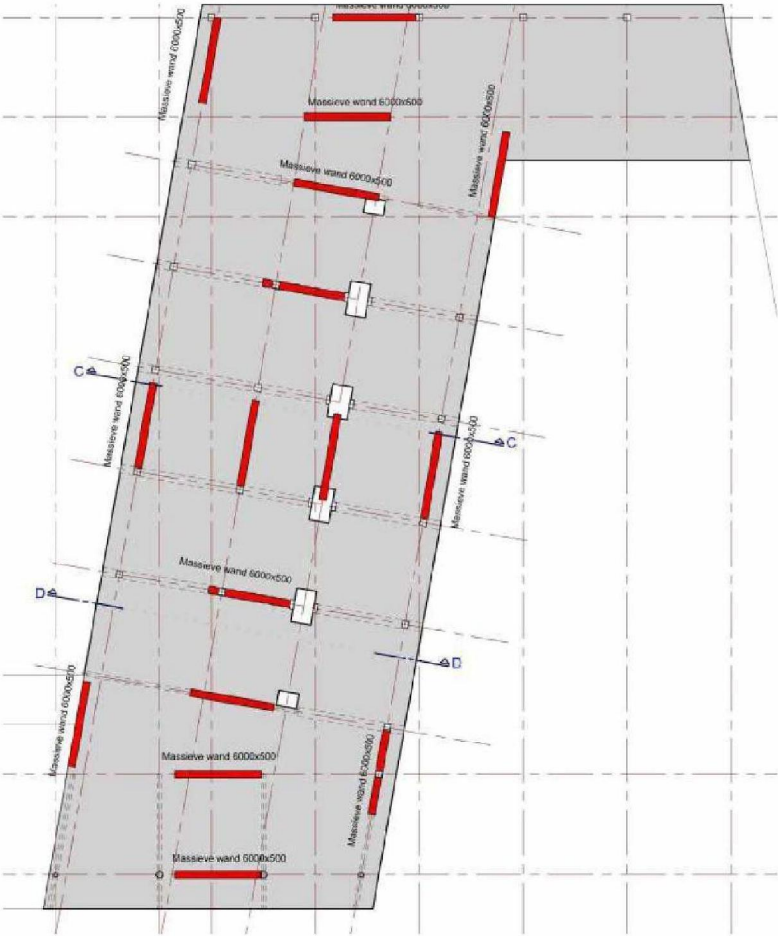
		q	Geschatte kostprijs
A	Elastisch	1,0	€12,5M
B	Lage ductiliteit	1,8	€7,5M
C	Gemiddelde ductiliteit	2,4	€5,0M
D	Hoge ductiliteit	3,2	€3,8M



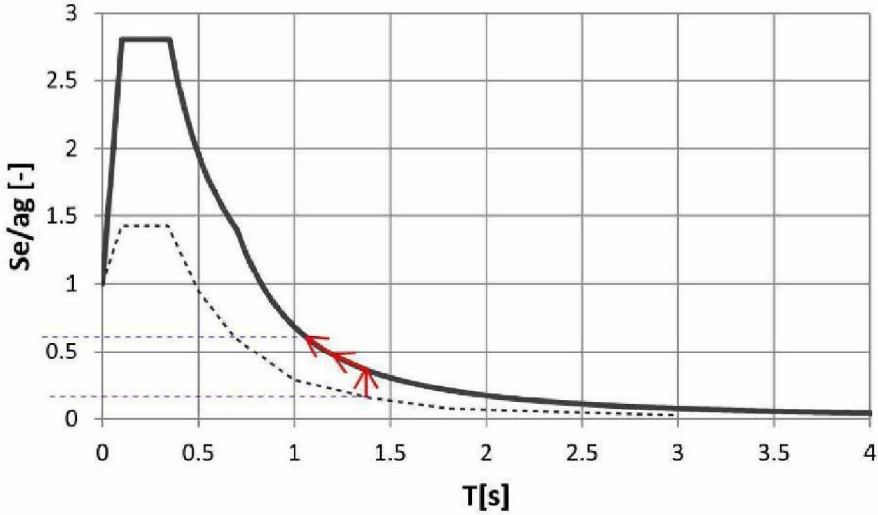
Elastisch (A)



seismisch advies



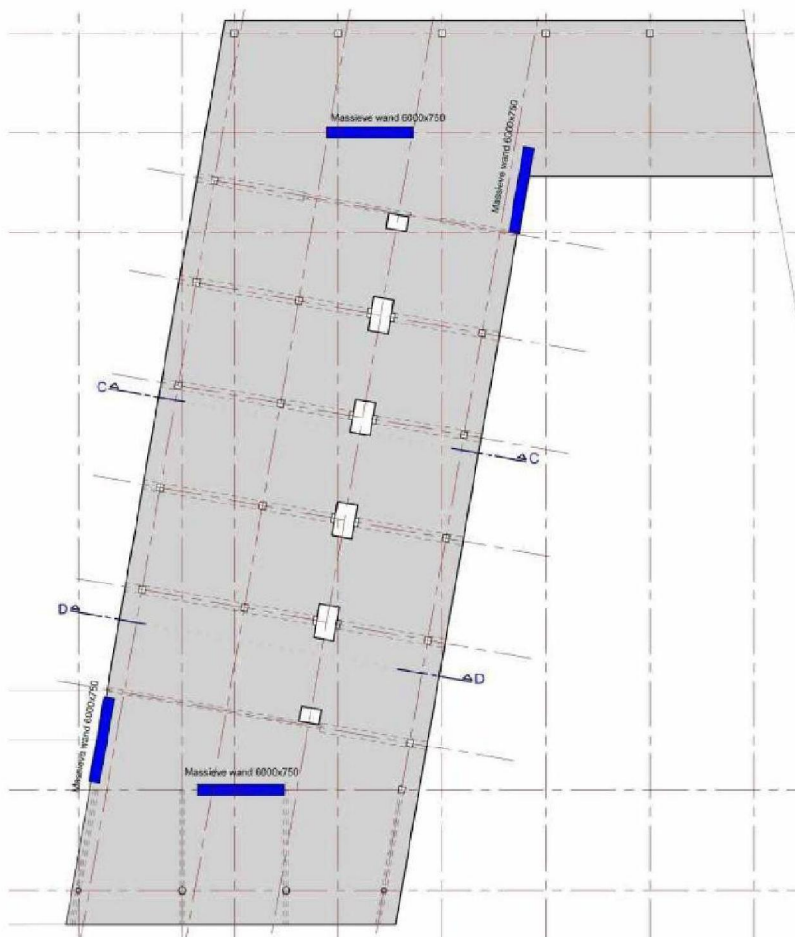
		q	Geschatte kostprijs
A	Elastisch	1,0	€12,5M
B	Lage ductiliteit	1,8	€7,5M
C	Gemiddelde ductiliteit	2,4	€5,0M
D	Hoge ductiliteit	3,2	€3,8M



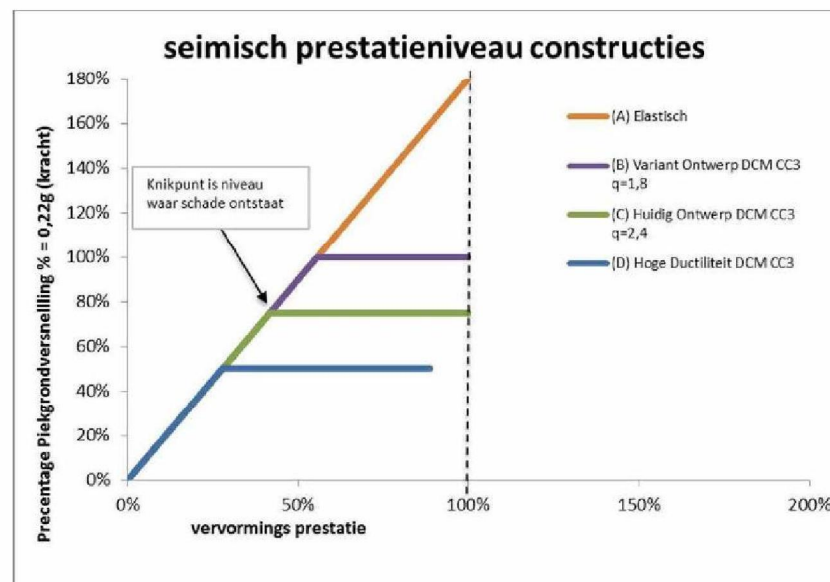
Lage ductiliteit (B)



seismisch advies



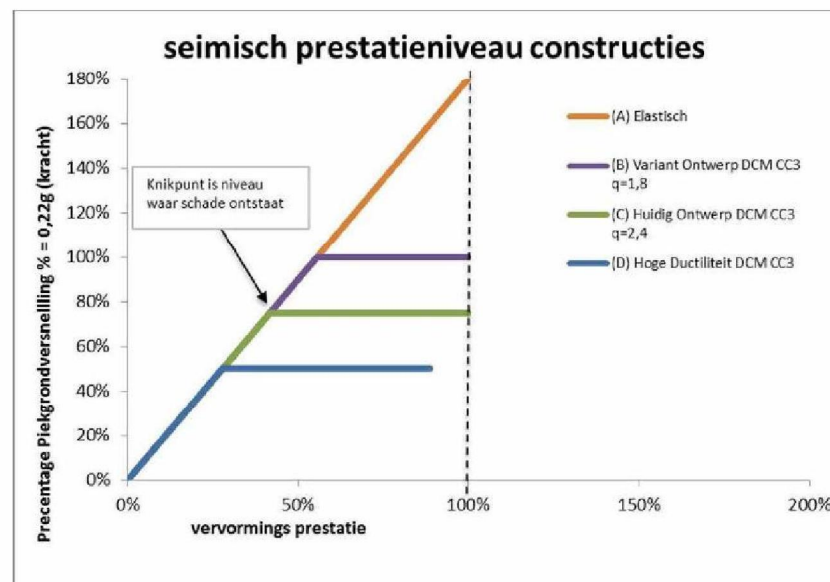
		q	Geschatte kostprijs
A	Elastisch	1,0	€12,5M
B	Lage ductiliteit	1,8	€7,5M
C	Gemiddelde ductiliteit	2,4	€5,0M
D	Hoge ductiliteit	3,2	€3,8M



Lage ductiliteit (B)

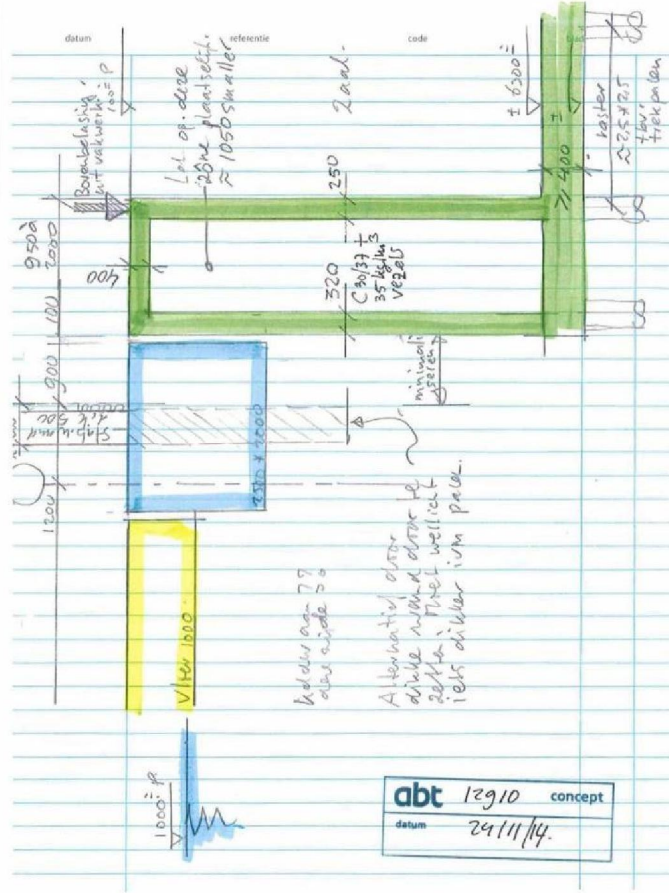


		q	Geschatte kostprijs
A	Elastisch	1,0	€12,5M
B	Lage ductiliteit	1,8	€7,5M
C	Gemiddelde ductiliteit	2,4	€5,0M
D	Hoge ductiliteit	3,2	€3,8M



Lage ductiliteit (B)

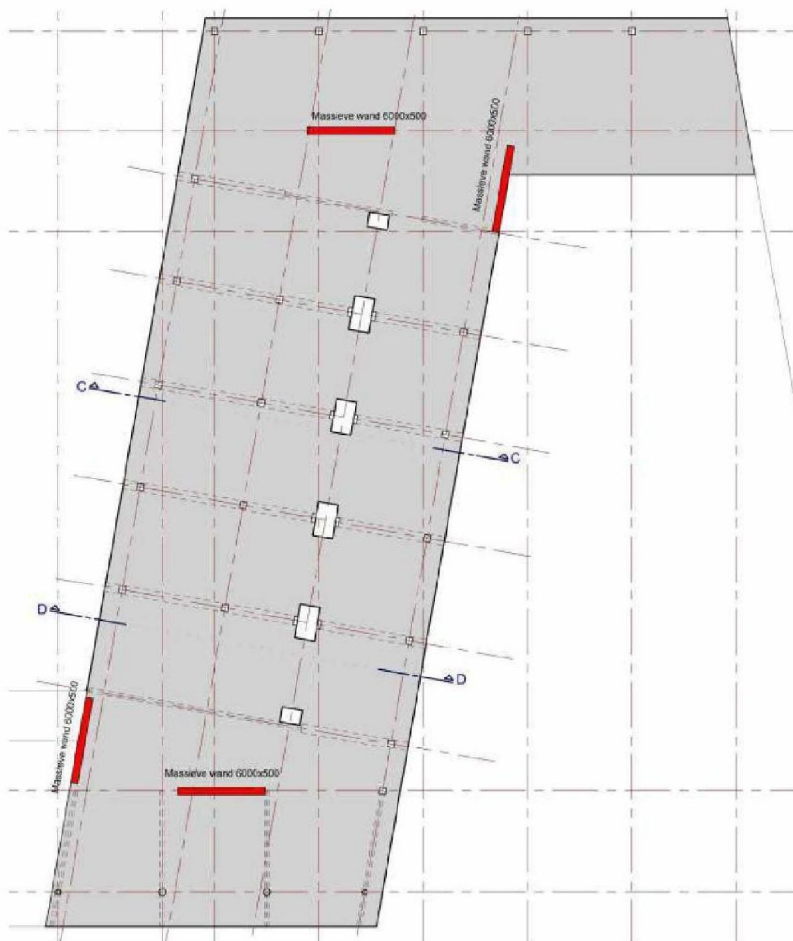
seismisch advies



Hoge ductiliteit (D)



seismisch advies



		q	Geschatte kostprijs
A	Elastisch	1,0	€12,5M
B	Lage ductiliteit	1,8	€7,5M
C	Gemiddelde ductiliteit	2,4	€5,0M
D	Hoge ductiliteit	3,2	€3,8M

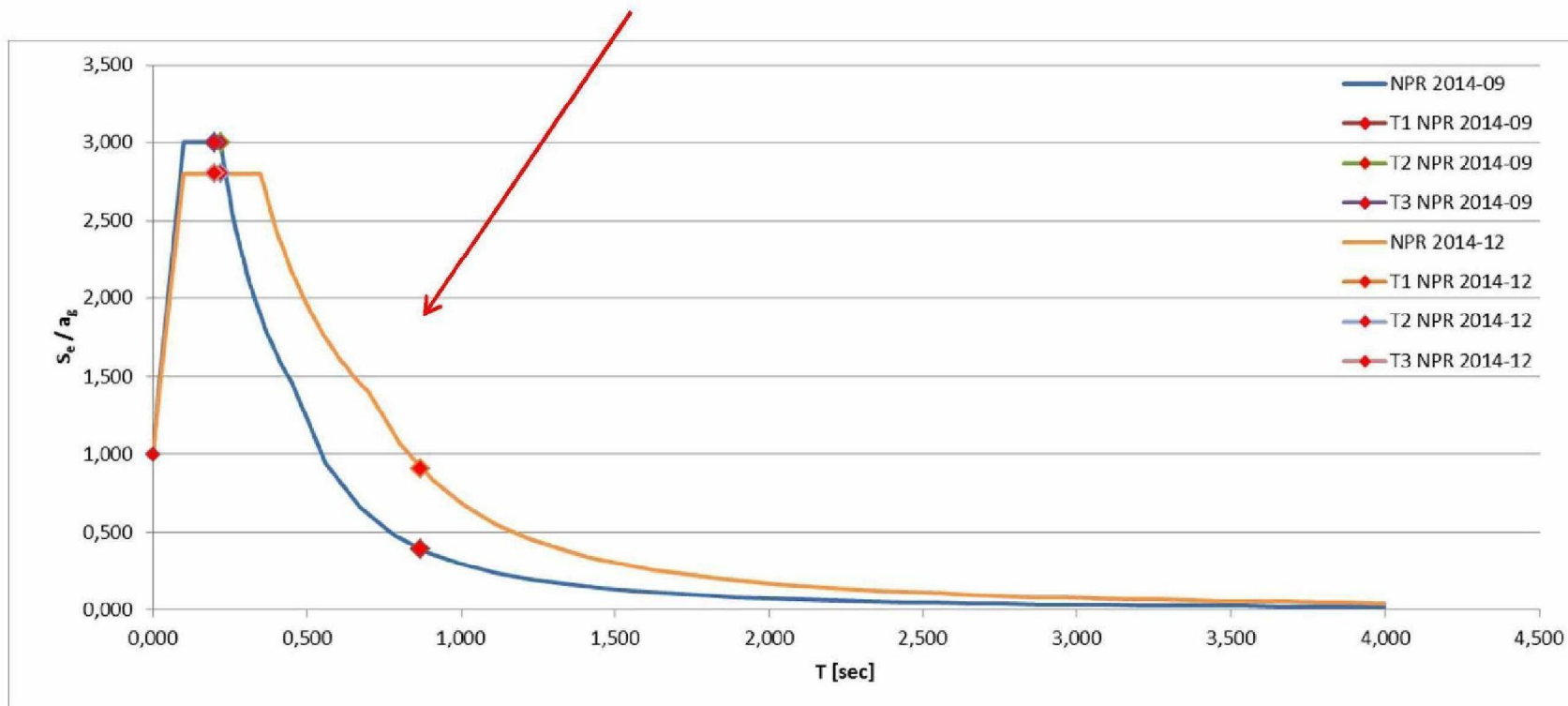
- Het gebouw wordt slapper en kan niet meer voldoen aan de eisen voor wind
- iets minder marge door keuze CC2

NPR 9998 t.o.v. referentie ontwerp



seismisch advies

	Importance Factor	Dynamic Response REFERENTIE ONTWERP !	Materiaal Factor	Totaal
Interim Advies	1,91	100%	100%	119%
NPR 9998 (2014-09)	1,6	100%	100%	100% (referentie)
NPR 9998 (2014-12)	1,5	~65%	120%	~75%





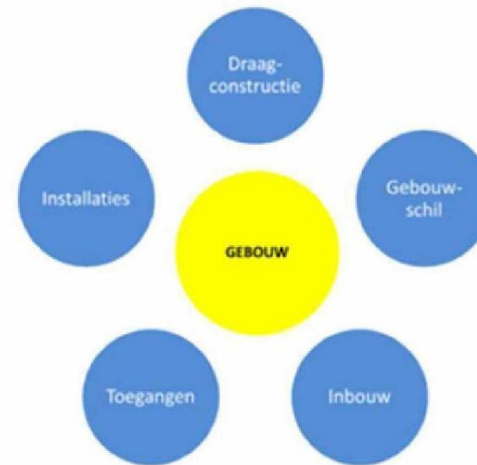
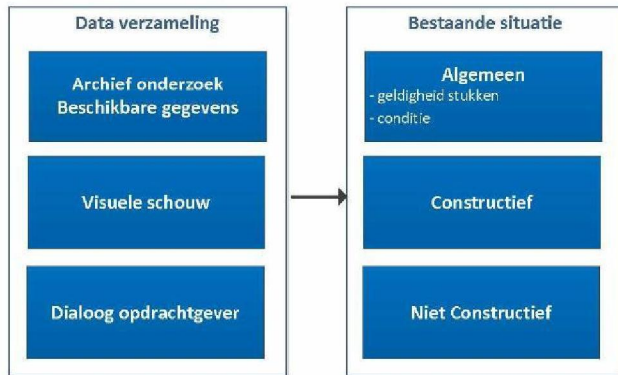
1. Aardbevingen in Groningen
2. Uitgangspunten
3. Seismisch gedrag
4. **Bestaande Gebouwen**
 1. **Seismische Scan**
 2. Fema

Proces seismische scan

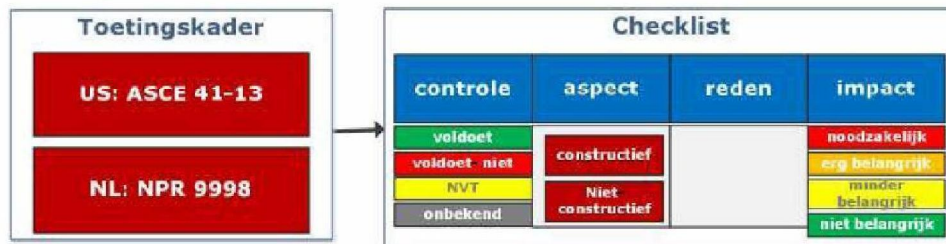


seismisch advies

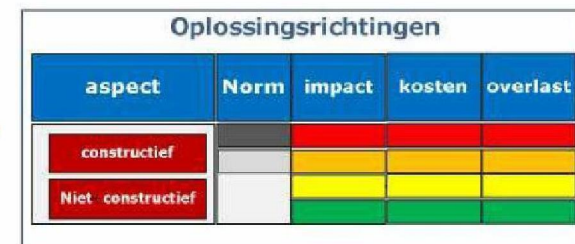
Inventariseren



Analyseren



Concluderen



Wiebenga



seismisch advies



Analyse: Toetsingskader



seismisch advies

NEN

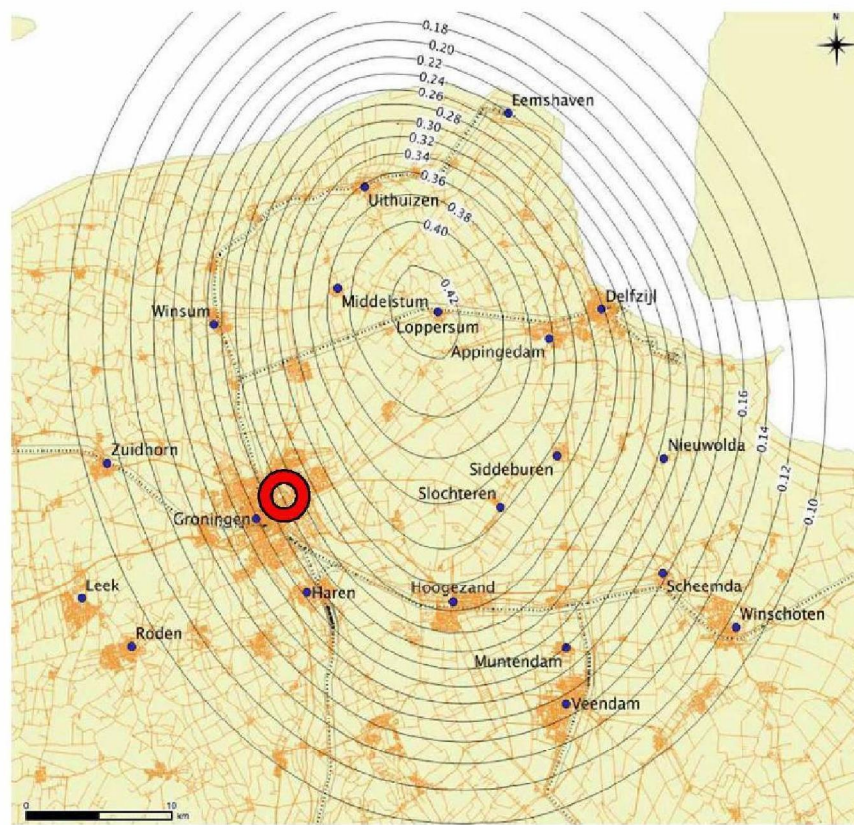
MEMO

Ten behoeve van de Minister van Economische Zaken

Nederlands Normalisatie Instituut

Voorlopige ontwerpuitgangspunten voor
 nieuwbouw en verbouw
 onder aardbevingsbelasting
 ten gevolge van de gaswinning
 in het Groningenveld

Uitgangspunten		bron
Plaatsnaam	Groningen	
Piekgrondversnelling $a_{d,ref}$	0,24	VU-NEN
Gevolgklasse (Consequence Class)	CC2	BB
Belangklasse (Importance Class)	III	VU-NEN
Toetsing in scan		ASCE
Uiterste Grenstoestand (UGT)	No Collapse	VU-NEN
Piekgrondversnelling UGT	0,43 g	VU-NEN
Seismisch Niveau	High	ASCE
Bruikbaarheids Grenstoestand (BGT)	Damage Limitation	VU-NEN
Grenstoestand bouwkundige elementen	Life Safety	ASCE
Piekgrondversnelling BGT	0,12 g	VU-NEN
Seismisch Niveau	Moderate	ASCE



Analyse > toetsen



seismisch advies

nr	seismicity	part	item	check	reden gebrek	impact
				Compliant (voldoet) Non Compliant (voldoet niet) Not Applicable (Niet van toepassing) Unknown (Onbekend)		
				V VN NVT O		Noodzakelijk Erg belangrijk Minder belangrijk Niet belangrijk

16.16LS LIFE SAFETY STRUCTURAL CHECKLIST FOR BUILDING TYPES URM: UNREINFORCED MASONRY BEARING WALLS WITH FLEXIBLE DIAPHRAGMS AND URMA: UNREINFORCED MASONRY BE

Low and Moderate Seismicity

Seismic-Force-Resisting System

16.16LS_a

V

REDUNDANCY: The number of lines of shear walls in each principal direction is greater than or equal to 2. (Commentary: Sec. A.3.2.1.1, Tier 2: Sec. 5.5.1.1)

Het aantal stabiliteitswanden in beide richtingen is per bouwvolume groter of gelijk aan 2

Noodzakelijk

16.16LS_b

V

SHEAR STRESS CHECK: The shear stress in the unreinforced masonry shear walls, calculated using the Quick Check procedure of Section 4.6.3.3, is less than $0,2 \text{ N/mm}^2$ for clay units and $0,5 \text{ N/mm}^2$ for concrete units. (Commentary: Sec. A.3.2.5.1, Tier 2: Sec. 5.5.3.1.1)

De afschuifspanning door de metselwerkwallen is lager dan $0,2 \text{ N/mm}^2$.

Noodzakelijk

Connections

16.16LS_c

VN

WALL ANCHORAGE: Exterior concrete or masonry walls that are dependent on the diaphragm for lateral support are anchored for out-of-plane forces at each diaphragm level with steel anchors, reinforcing dowels, or straps that are developed into the diaphragm. Connections shall have adequate strength to resist the connection force calculated in the Quick Check procedure of Section 4.5.3.7. (Commentary: Sec. A.5.1.1, Tier 2: Sec. 5.7.1.1)

De houten balklaag van de 1e verdiepingvloer is slechts ten dele verankerd aan de metselwerk buitenwanden

Noodzakelijk

16.16LS_d

VN

WOOD LEDGERS: The connection between the wall panels and the diaphragm does not induce cross-grain bending or tension in the wood ledgers. (Commentary: Sec. A.5.1.2, Tier 2: Sec. 5.7.1.3)

De strijkbalken zijn nog niet verankerd aan de kopgevels. De uitvoering hiervan dient zo te zijn dat er geen buiging of trek loodrecht in de strijkbalken ontstaat.

Erg belangrijk

16.16LS_e

VN

TRANSFER TO SHEAR WALLS: Diaphragms are connected for transfer of seismic forces to the shear walls. (Commentary: Sec. A.5.2.1, Tier 2: Sec. 5.7.2)

Er zijn onvoldoende verankeringen aanwezig tussen de metselwerk wanden en de houten verdiepingvloer

Noodzakelijk

16.16LS_f

VN

GIRDER-COLUMN CONNECTION: There is a positive connection using plates, connection hardware, or straps between the girder and the column support. (Commentary: Sec. A.5.4.1, Tier 2: Sec. 5.7.4.1)

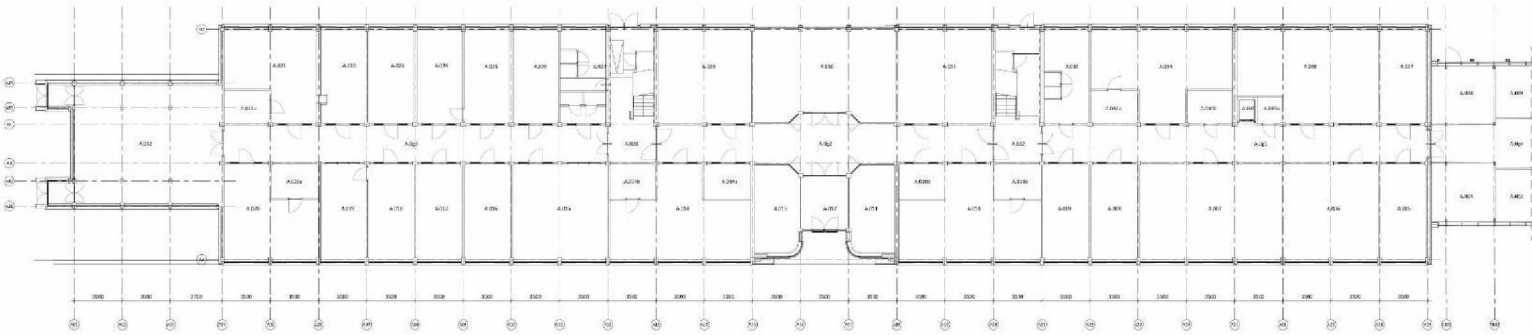
De kolom-ligger verbinding tussen de stiepen en de houten en stalen onderslagbalken op de begane grondvloer dient verankerd te worden d.m.v. stalen platen

Noodzakelijk

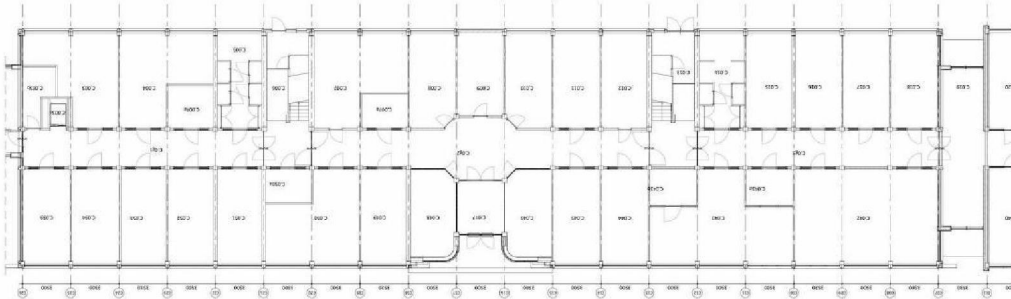
Plattegronden



seismisch advies



Bouwdeel A



Bouwdeel C

Doorsnede



seismisch advies



Dwarsdoorsnede



langdoorsnede

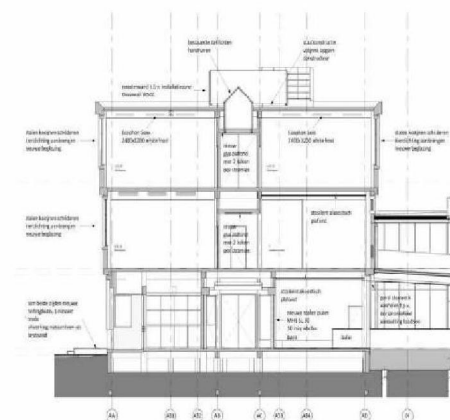
Oplossingsrichting Wiebenga



seismisch advies

Hoofddraagconstructie

Onderdeel	Toets criterium	Impact op veiligheid	kosten	overlast
Constructieve elementen				
<i>Hoofddraagconstructie</i>				
Aanbrengen stabiliteitselementen in langsrichting incl. fundering				
Aanbrengen stabiliteitselementen in dwarsrichting incl. fundering				
Aanbrengen dilatatie met de aansluitende bouwdelen				



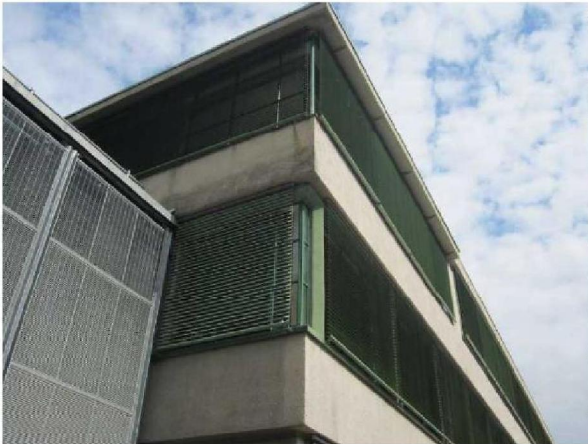
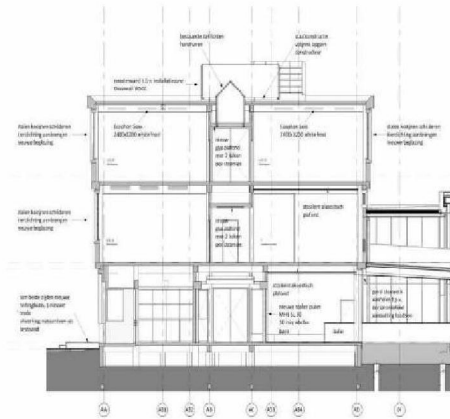
Oplossingsrichting Wiebenga



seismisch advies

Hoofddraagconstructie

Onderdeel	Toets criterium	Impact op veiligheid	kosten	overlast
Constructieve elementen				
<i>Hoofddraagconstructie</i>				
Aanbrengen stabiliteitselementen in langsrichting incl. fundering				
Aanbrengen stabiliteitselementen in dwarsrichting incl. fundering				
Aanbrengen dilatatie met de aansluitende bouwdelen				



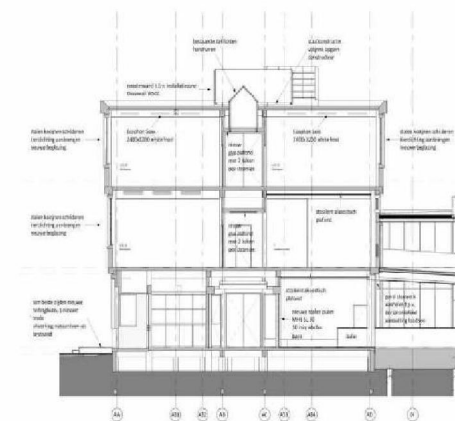
Oplossingsrichting Wiebenga



seismisch advies

Gebouwschil

Onderdeel	Toets criterium	Impact op veiligheid	kosten	overlast
Niet-Constructieve elementen				
Gebouwschil				
Glasruiten borgen tegen breuk en uitval				



Oplossingsrichting Wiebenga



seismisch advies

Inbouw

Onderdeel	Toets criterium	Impact op veiligheid	kosten	overlast
Inbouw				
Vervangen metselwerk binnenwanden		Red	Red	Red
Controle/verankeren stucplafond middengang		Yellow	Yellow	Yellow
Controle/verankeren overige plafonds		Yellow	Green	Yellow
Verankeren losse inrichting		Yellow	Green	Green



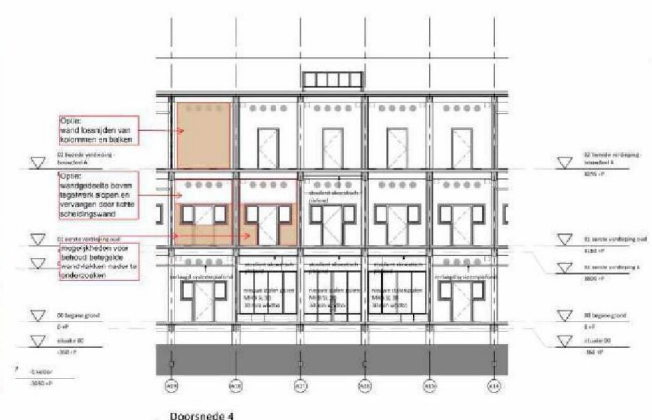
Oplossingsrichting Wiebenga



seismisch advies

Inbouw

Onderdeel	Toets criterium	Impact op veiligheid	kosten	overlast
<i>Inbouw</i>				
Vervangen metselwerk binnenwanden		Red	Red	Red
Controle/verankeren stucplafond middengang		Yellow	Yellow	Yellow
Controle/verankeren overige plafonds		Yellow	Green	Yellow
Verankeren losse inrichting		Yellow	Green	Green



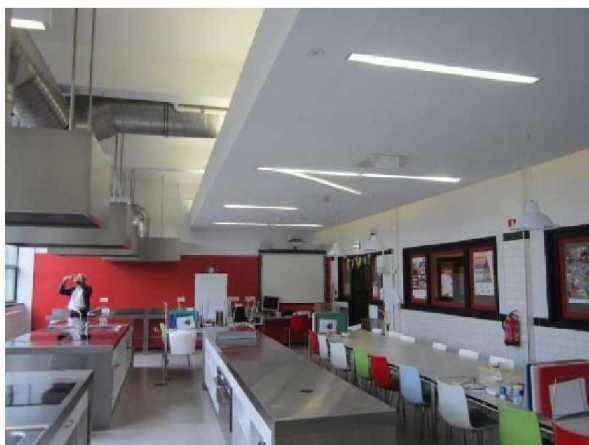
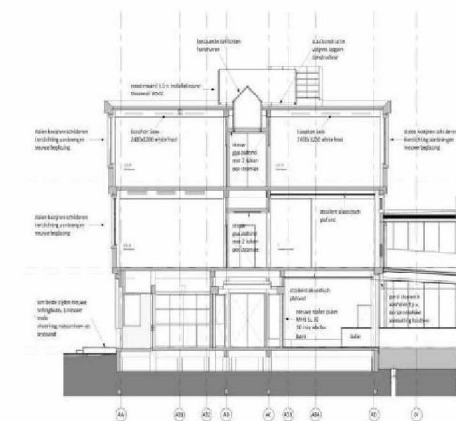
Oplossingsrichting Wiebenga



seismisch advies

installaties

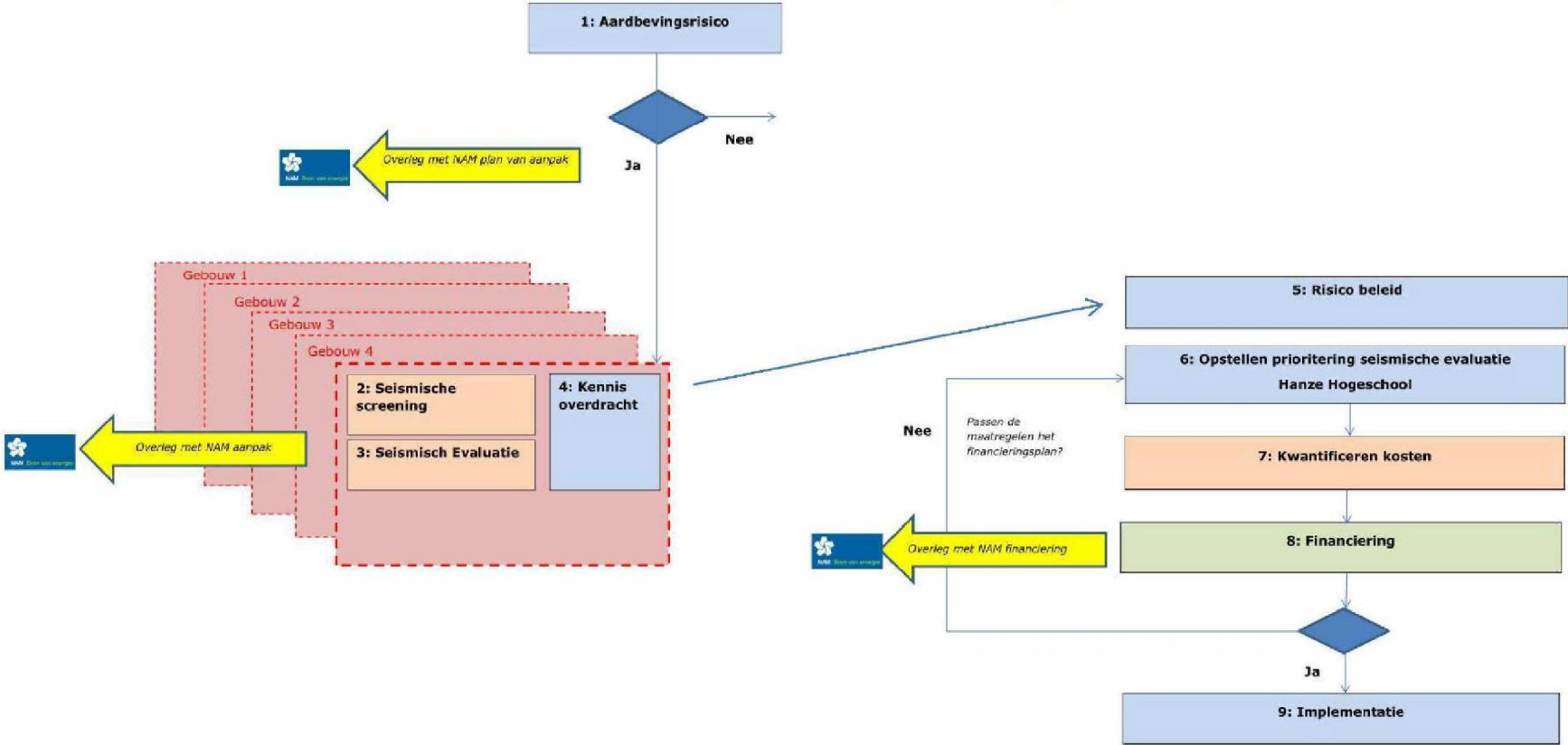
Onderdeel	Toets criterium	Impact op veiligheid	kosten	overlast
<i>Installaties</i>				
Verlichting verankeren				
Verankering leidingsystemen en koppelingen				
Transportinstallatie			??	



Stroomschema seismische scan



seismisch advies



- Actie Hanze Hogeschool + Adviseurs
- Actie Adviseurs
- Actie Hanze Hogeschool

Conclusie in groter verband



seismisch advies

- Leg ook een relatie naar de gehele gebouwen voorraad!
- Hoe verhoudt zich de veiligheid van dit gebouw tot overige gebouwen?
- Hoe urgent is de huidige situatie?
- Hoe wenselijk is (direct) ingrijpen?
- Is (direct) ingrijpen mogelijk?
- Hoeveel tijd geven we onszelf?



1. Aardbevingen in Groningen
2. Uitgangspunten
3. Seismisch gedrag
- 4. Bestaande Gebouwen**
 1. Seismische Scan
 - 2. Fema**

Ervaringen buitenland

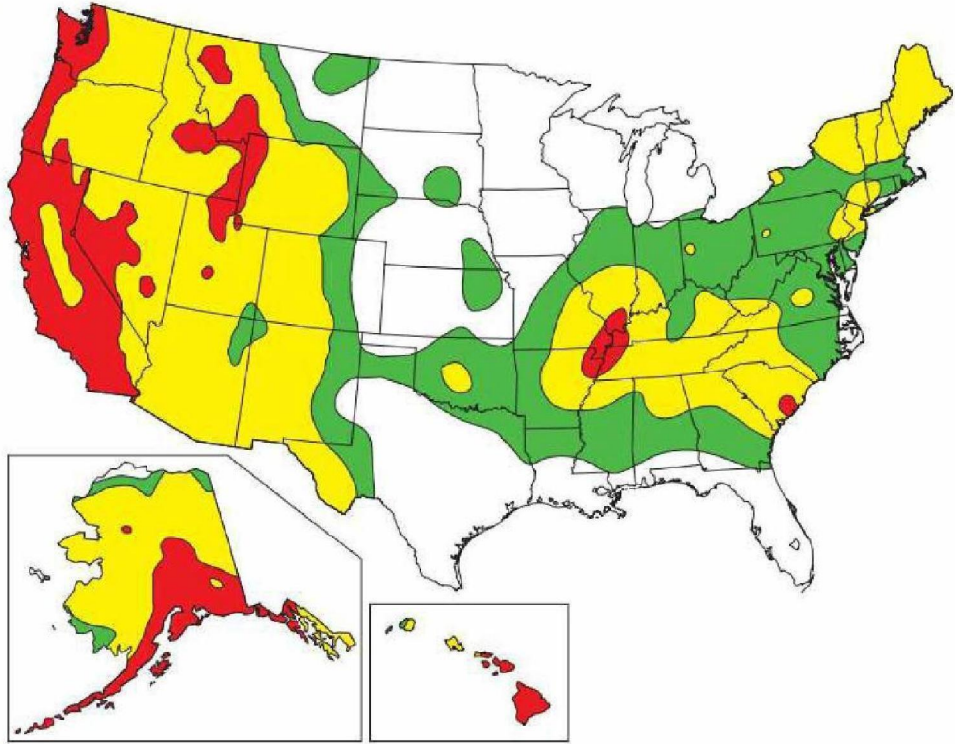


seismisch advies

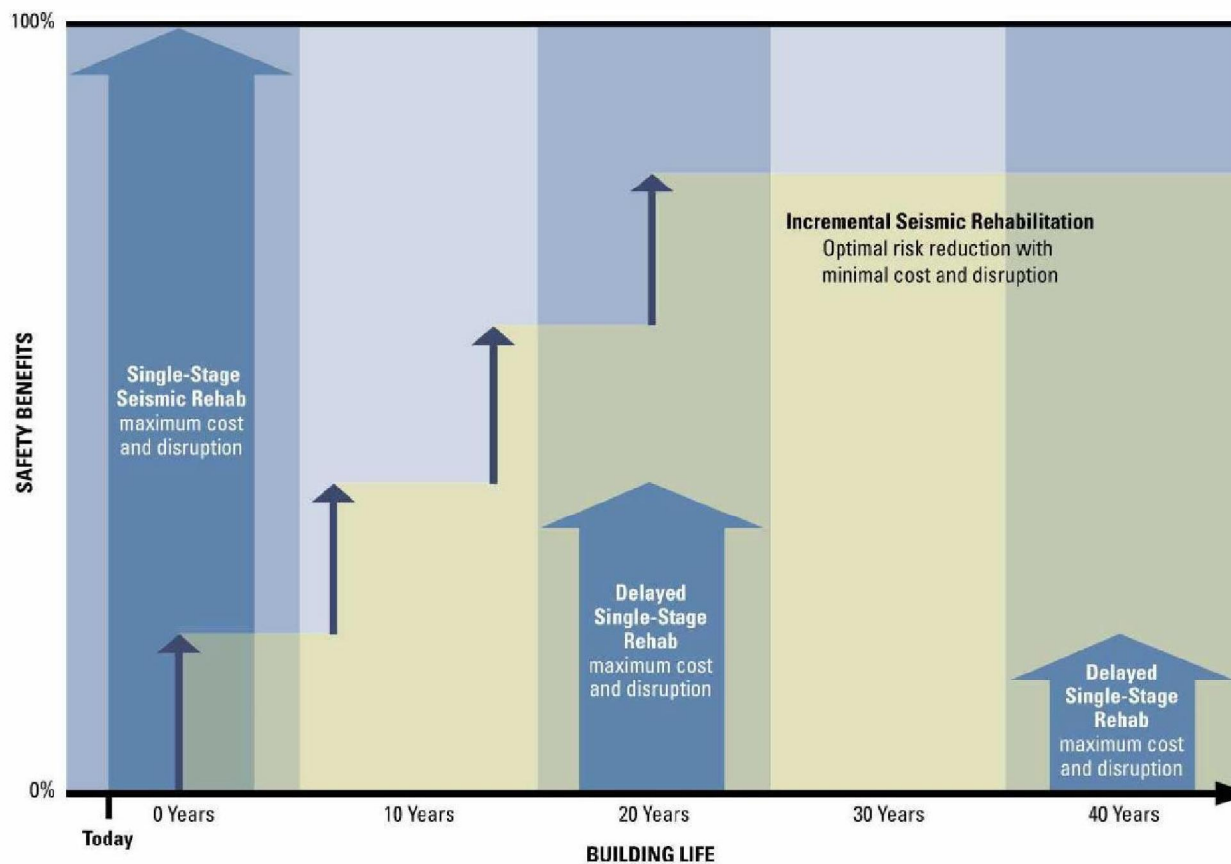
Risk Management Series
**Incremental Seismic Rehabilitation
of School Buildings (K-12)**
Providing Protection to People and Buildings
June 2003

FEMA

Seismic Hazard Map

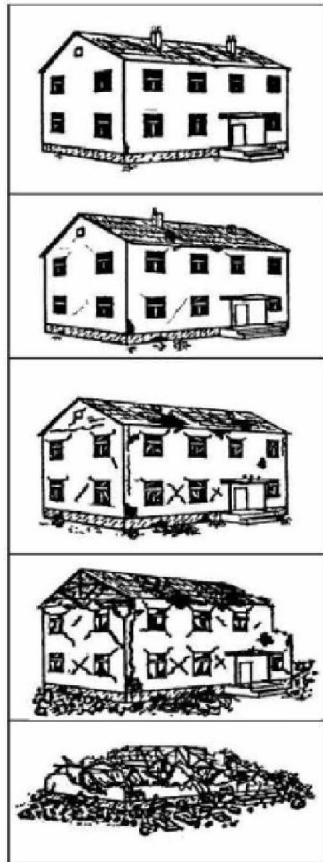


Veiligheid gedurende gebouwcyclus



Schade niveaus en gebouw functionaliteiten

seismisch advies



Damage Limitation (DL)

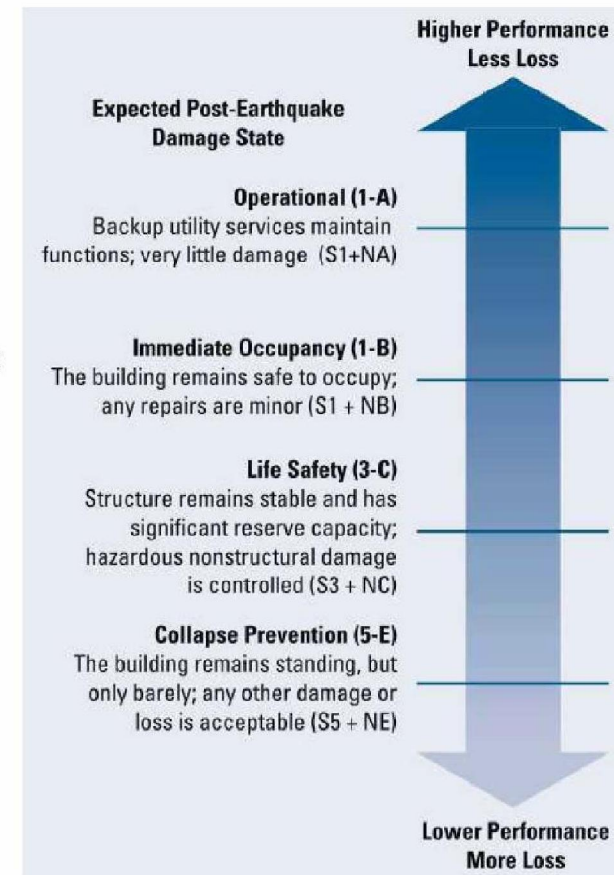
De constructie is licht beschadigd. De constructie behoeft géén reparatie;

Significant Damage (SD)

De constructie is significant beschadigd met nog enige reststerkte;

Near Collapse (NC)

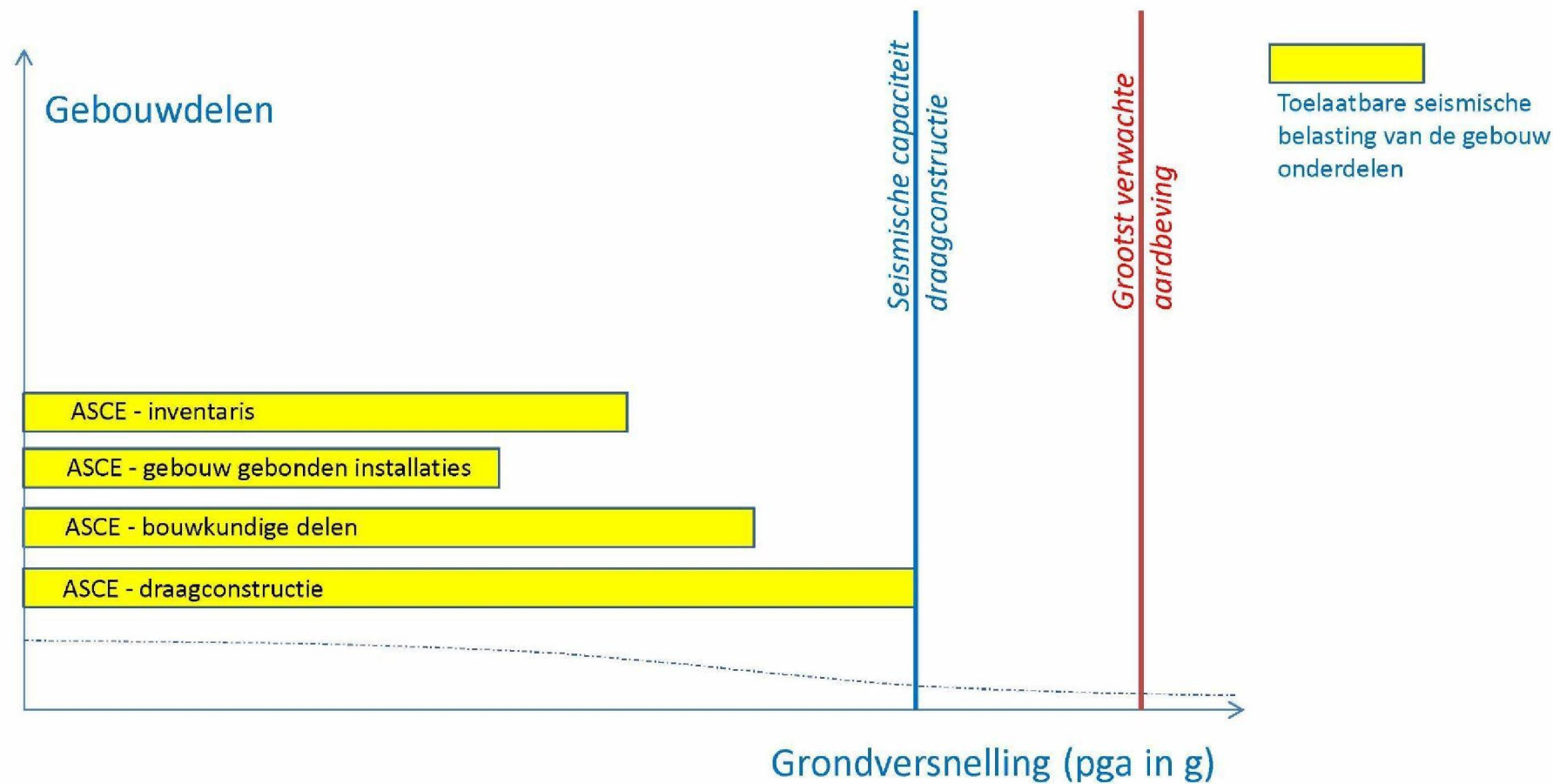
De bouwconstructie staat op instorten, maar met kan nog veilig vluchten.



Screening en Evaluatie



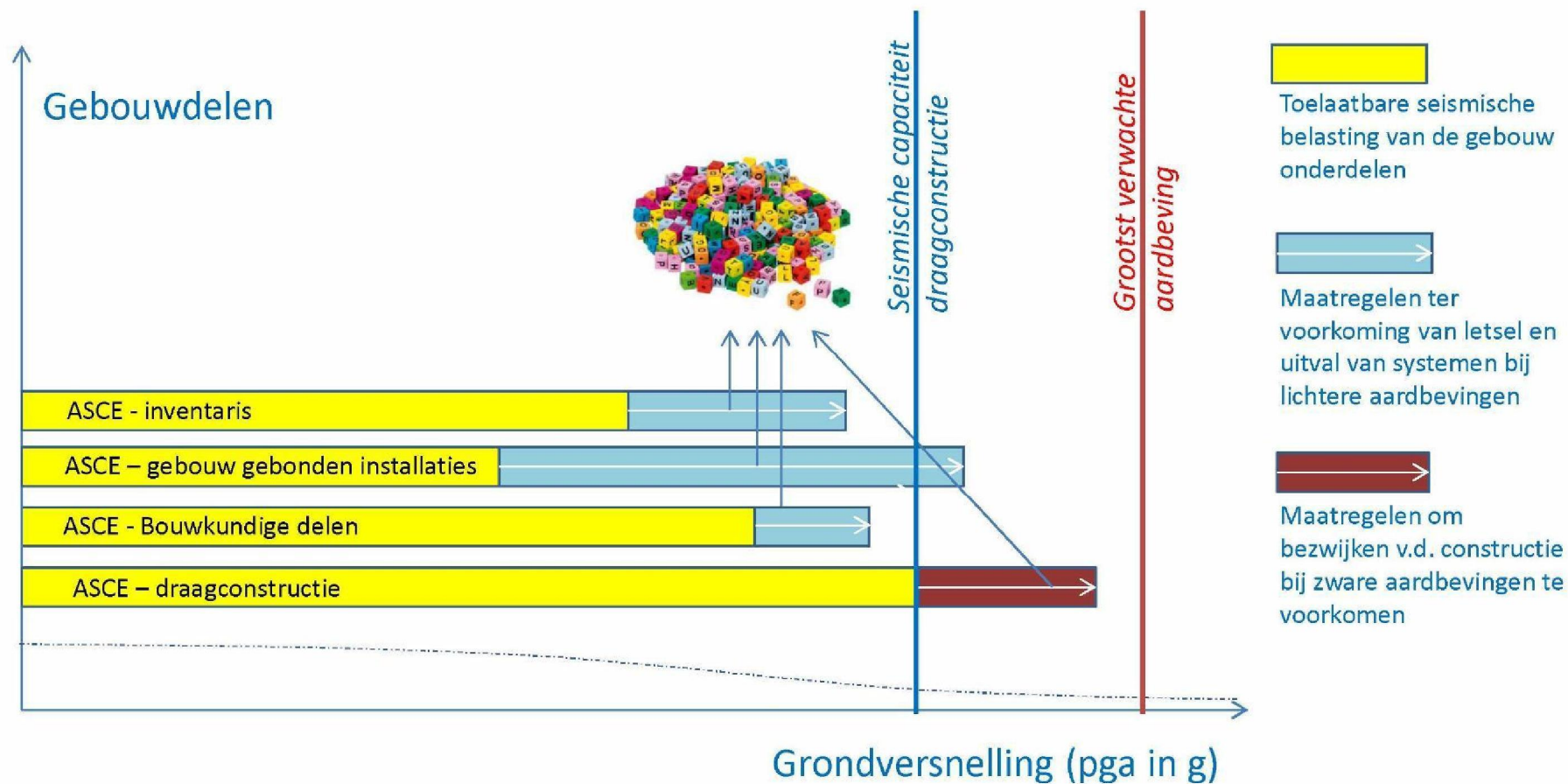
seismisch advies



Verbeterplan



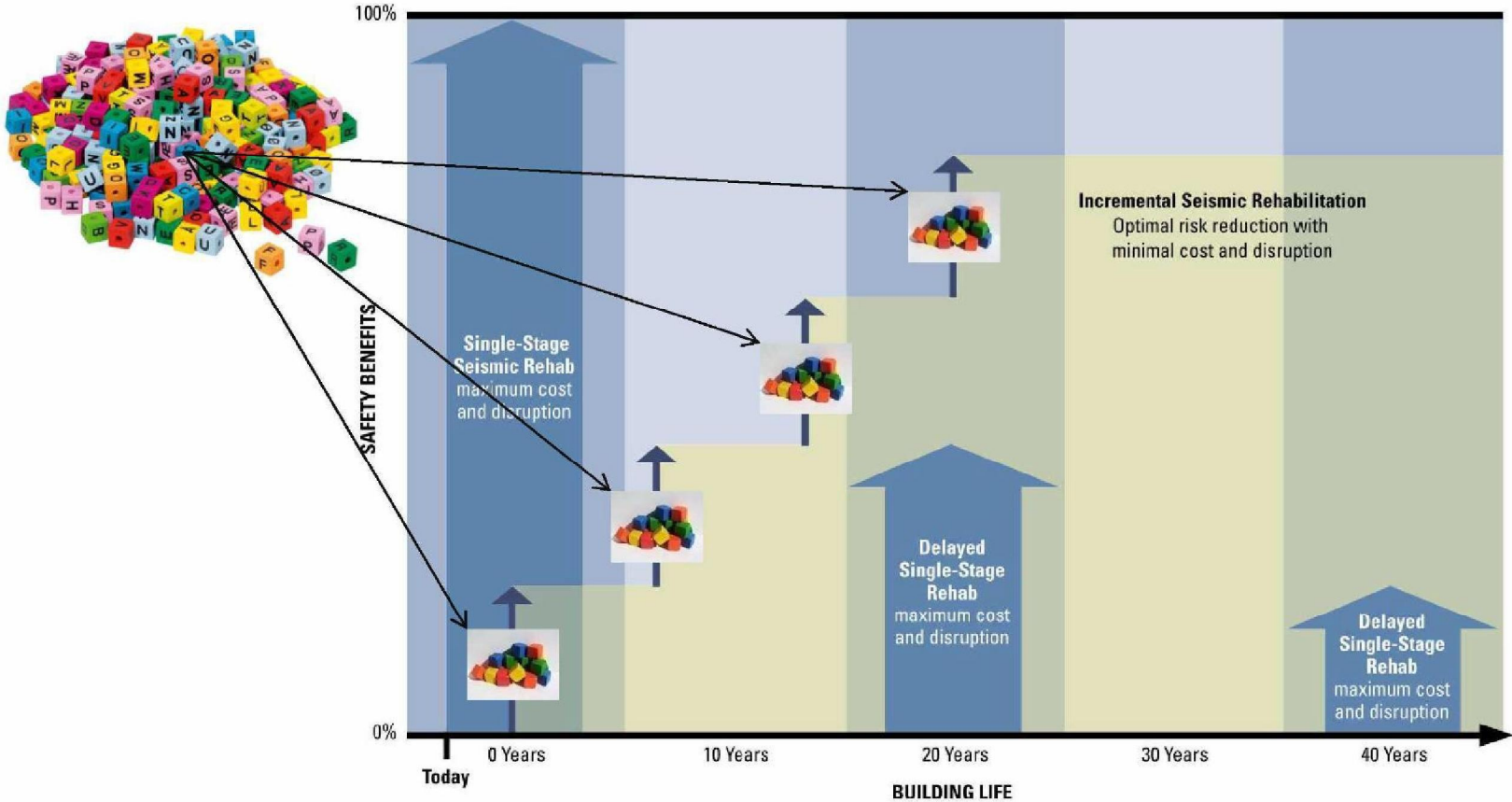
seismisch advies



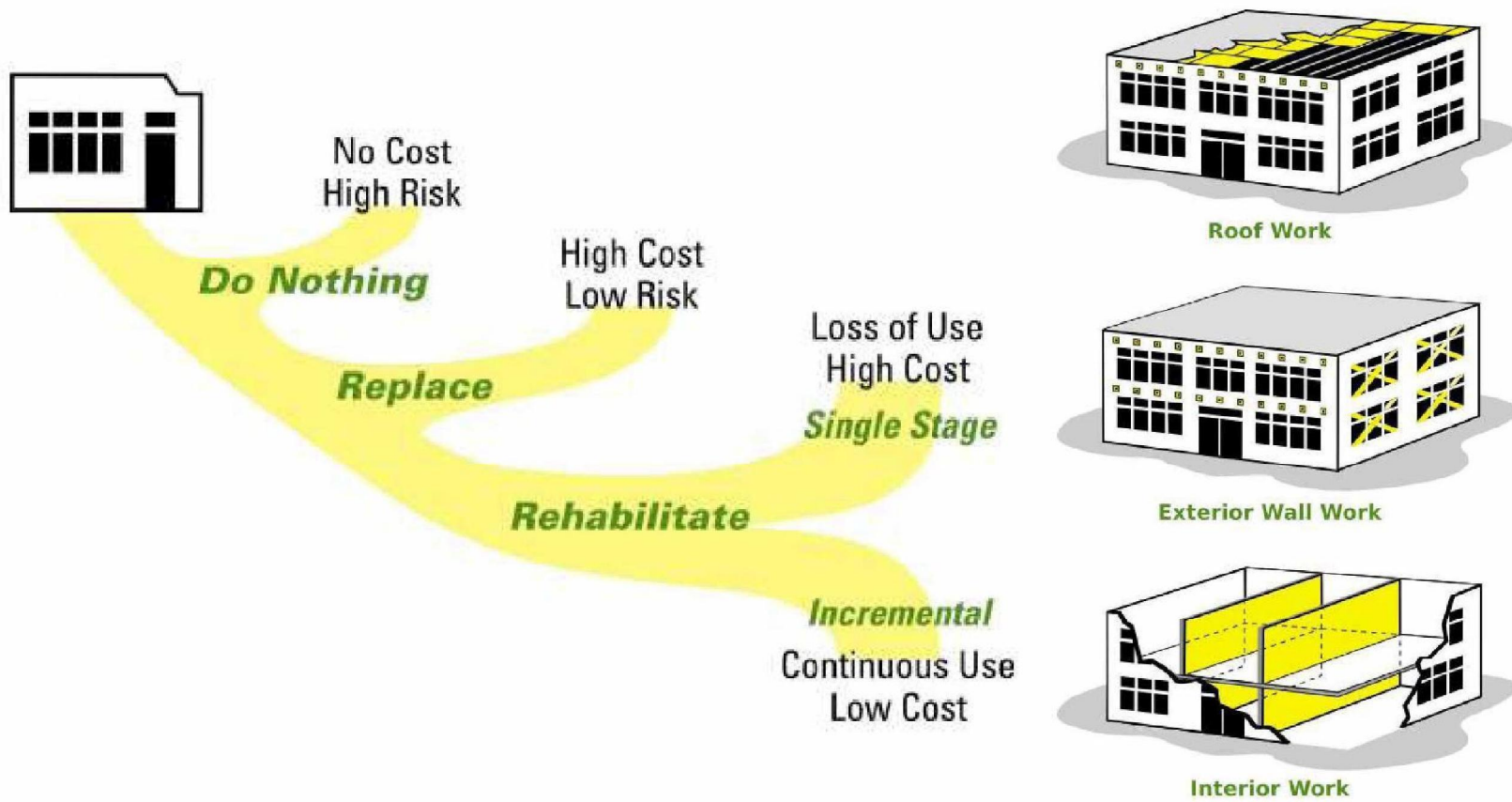
Stapsgewijze seismische verbetering



seismisch advies



Verbeteringen, lokaal niveau



Lange termijn huisvesting

seismisch advies

Lange termijn huisvestingsplan

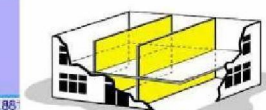
- Ingrepen instandhouding
- Ruimtelijke en functionele wensen
- Prestatie verbeteringen



Roof Work



Exterior Wall Work



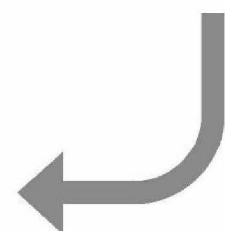
Interior Work

Inventarisatie	Vakgroep	Hvh	Een...	Kenge...	opst...	Cy...	Bouwjaar Startjaar	C' Inspectie 2014	Caljaar 1 Beurt	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Van Dooren Veste Bouwdeel A		4339	bvo		1,165		1996	1,600		10,111	11,861	12,247	190,275	10,713	158,339	10,111	11,861
Gevel dicht		0	gop					1,325					4,011	497			
Gevelmetselwerk baksteen	Verhuurde...	1536	m²	4				1									17,064
Reinigen metselwerk		1536	m²	7,90		12	2024		2024								17,064
Gevelmetselwerk voegwerk platvol	Verhuurde...	1536	m²	42				1									4,709
Onderhoud voegwerk platvol		1536	m²	2,18		12	2024		2024								4,709
Gevelpleisterwerk	Verhuurde...	80	m²	81				1									7,469
Reinigen gevelpleisterwerk		80	m²	5,91		12	2024		2024								665
Herstellen gevelpleisterwerk		80	m²	60,48		12	2024		2024								6,804
Builschilderwerk vlak steenachtig	Verhuurde...	80	m²	22			2010	2					2,250				2,250
Vervolgbeurt muurverf steenachtig		80	m²	20,00		6	2018		2018				2,250				2,250
Gevelbeplating zachthouten delen	Verhuurde...	114	m²	66				2					726	497			10,581
Reinigen zachthouten delen		114	m²	3,10		6	2013	1	2019					497			497
Onderhoud zachthouten delen		114	m²	4,53		12	2018		2018				726				
Vervangen zachthouten delen		114	m²	66,00		24	2024		2024								10,581
Waterslag beton	Verhuurde...	40	m³	15				2					1,035				
Onderhoud voegwerk beton		40	m³	12,61		12	2018		2018				709				
Reinigen waterslag beton		40	m³	5,79		12	2018		2018				326				
Gevel open		0	gop					1,550		3,248	3,248	5,384	6,509	3,353	5,384	3,248	3,248
																	5,384
																	39,089
																	3,353

Verbeteringen, gebouwen voorraad



seismisch advies



GIS database, gebouwenvoorraad



- Grote hoeveelheden gebouwen moeten wellicht gescand worden
- Data moet voor meerdere partijen toegankelijk zijn
- Data is erg locatie afhankelijk
- Normen blijven in beweging

The screenshot shows the website for the Geodienst at the University of Groningen. The header includes the university logo and name, along with navigation menus for Onderwijs, Onderzoek, Maatschappij/bedrijven, Alumni, Actueel, and Over ons. The main content area features a video player with the text "i love maps" and "Organization" below it. To the right of the video is a text block describing the Geodienst's mission and services, including links to "Geo services on Unifocus" and "Have a look at our interactive portfolio". Below the main content are three columns: "Portfolio" with a map image and links to "Projects" and "Courses"; "Data" with a network map image and a link to "Geoportal ArcGIS Online"; and "Organization" with a photo of people at a computer and a link to "About Geo Services...". On the far right, there is a sidebar with "Ga direct naar:" (Feedback, CIT op Twitter, Google+ Community) and "Tweets" from @CIT_RUG.