



opgesteld door ir. R.H.G. Roijackers RO
project Exemplarische Gebouwen Gemeente Groningen
opdrachtgever Gemeente Groningen
datum 7 december 2015
onderwerp Oplegger onderzoeksrapporten Exemplarische Gebouwen

Geachte lezer,

Bij het uitvoeren van de onderzoeken en het maken van de rapporten voor de exemplarische gebouwen is steeds gebruik gemaakt van de meest recente informatie en gegevens. Afgelopen jaar heeft reeds veel onderzoek naar seismiciteit door gaswinning plaatsgevonden en dit onderzoek is nog steeds in volle gang.

De belangrijkste richtlijnen die we bij het onderzoek hebben gebruikt betreffen de groene versie van de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR 9998) *“Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen”* met daarin de KNMI contourenkaart van 2014.

Inmiddels is er veel nieuwe informatie verschenen, al dan niet gevalideerd. Dit betreft bijvoorbeeld de KNMI-kaart van oktober 2015, het advies van de Commissie Meijdam en het NAM-onderzoek van november 2015. Daarnaast is ook het niveau van gaswinning nog voortdurend onderwerp van discussie.

Dit maakt dat de voorliggende studie slechts een momentopname betreft. Met de kennis van dit moment is de seismische weerbaarheid indicatief in beeld gebracht.

De komende jaren zal de kennis over geïnduceerde aardbevingen, over de opgewekte grondversnellingen, over de opslingering van de ondergrond en over de weerbaarheid van gebouwen in hoge mate toenemen. Dit betekent dat in de (nabije) toekomst een bijgestelde analyse tot andere conclusies en aanbevelingen kan leiden.

Ir. R.H.G. Roijackers
ABT|Wassenaar Seismisch Advies

Haren, 07-12-2015

Seismische scan
Basisschool Engelbert

1 september 2015



seismisch advies



Seismische scan basisschool 'De Driebond' in Engelbert

Project: **Seismische scan basisschool 'De Driebond'**

Betreft: Rapportage seismische scan

Datum: 1 september 2015

Code: 13663-003

Opdrachtgever: Gemeente Groningen



Contactpersoon: ir. E. van Deelen

Opgesteld door: ing. H. Winkels (constructief)
ir. F. Hofmans (bouwkundig)

Eindverantwoording: ABT Wassenaar Seismisch Advies BV
Rummerinkhof 6 Haren
Postbus 24 9750 AA Haren

Contactpersoon: ir. M. G. Krüse

Geautoriseerd: ir. R. Roijackers / ir. R. de Jong

| datum | versie | autorisatie constructief | | autorisatie bouwkundig | |
|------------|------------|--------------------------|--|------------------------|---|
| 27-02-2015 | concept | ir. R. Roijackers | | ir. F. Hofmans | |
| 01-09-2015 | definitief | ir. R. Roijackers |  | ir. F. Hofmans |  |



Inhoudsopgave

| | | |
|-----------------|---|-----------|
| 1. | Inleiding | 5 |
| 1.1. | Vraagstelling / Doelstelling | 5 |
| 1.2. | Achtergrond | 5 |
| 1.3. | Aanpak | 5 |
| 2. | Inventarisatie | 7 |
| 2.1. | Algemeen | 7 |
| 2.2. | Constructieve elementen | 9 |
| 2.3. | Niet-constructieve elementen | 10 |
| 3. | Analyse en oplossingsrichtingen | 11 |
| 3.1. | Toetsingskader | 11 |
| 3.2. | Uitgangspunten en randvoorwaarden | 11 |
| 3.3. | Analyse seismische gedrag | 15 |
| 3.4. | Analyse constructieve elementen | 17 |
| 3.5. | Analyse niet-constructieve elementen | 21 |
| 4. | Conclusies en aanbevelingen | 24 |
| 4.1. | Conclusies | 24 |
| 4.2. | Aanbevelingen | 26 |
| 4.3. | Nader onderzoek | 26 |
| Bijlagen | | 27 |
| Bijlage 1 | Checklist constructieve en niet-constructieve elementen | 27 |
| Bijlage 2 | Constructieve berekening | 33 |
| Bijlage 3 | Tekeningen | 47 |
| Bijlage 4 | Foto's | 53 |
| Bijlage 5 | Aardbevingen, achtergrondinformatie en begrippen | 71 |



1. Inleiding

1.1. Vraagstelling / Doelstelling

De Gemeente Groningen heeft adviesbureau ABT|Wassenaar Seismisch Advies BV gevraagd onderzoek te doen naar de kwetsbaarheden van een aantal geselecteerde gebouwen onder invloed van aardbevingen. Een van deze gebouwen betreft de basisschool 'De Driebond' aan de Engelbertweg 38 in de gemeente Groningen waarvan de rapportage voor u ligt.

Doel van het onderzoek is om op een snelle en efficiënte manier inzicht te krijgen in de weerbaarheid van het gebouw tegen seismische invloeden, zonder dat hiervoor complexe en tijdrovende rekenmodellen en analyses worden toegepast. Onderzocht wordt hiertoe in welke mate verschillende gebouwonderdelen voldoen aan gestelde richtlijnen ten aanzien van seismische invloeden. Tevens worden indicatieve oplossingsrichtingen aangedragen voor gebouwonderdelen die niet lijken te voldoen aan de huidige richtlijn. Hiermee wordt een inzicht gegeven in de impact die het zou hebben om de weerbaarheid van het gebouw te vergroten.

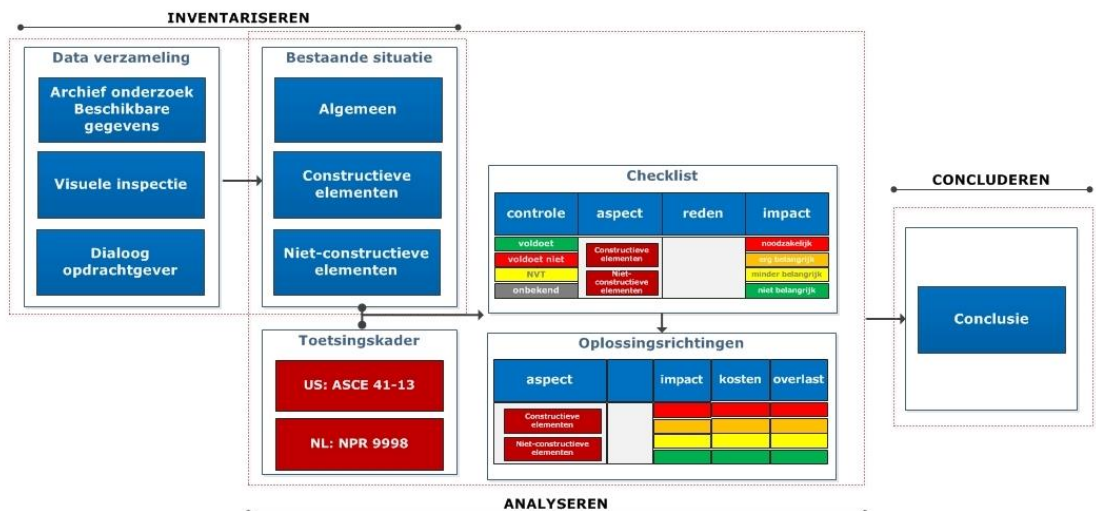
Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de laatste kennis betreffende de seismische activiteit in de regio. Voortschrijdend inzicht in de verwachte aardbevingen en grondversnellingen, gekoppeld aan de voorziene gasproductie, kan in de (nabije) toekomst tot andere conclusies en aanbevelingen leiden.

1.2. Achtergrond

De vraagstelling komt voort uit de seismische activiteit in de regio Groningen als gevolg van gaswinning uit de bodem. Voor meer informatie over aardbevingen wordt verwezen naar bijlage 5.

1.3. Aanpak

De uitgevoerde scan bevat drie stappen: inventariseren, analyseren en concluderen. In figuur 1 zijn de stappen in samenhang weergegeven.



Figuur 1: Relatie van ontwerpstappen

Hieronder wordt per stap aangegeven welke activiteiten zijn uitgevoerd:

Inventariseren

Het inventariseren bestaat uit:

- het verzamelen van beschikbare bouwkundige en constructieve tekeningen;
- het bestuderen van deze stukken op mogelijke aandachtspunten voor de gebouwinspectie;
- een gebouwinspectie ter plaatse, waarbij wordt gecontroleerd of het gebouw niet is gewijzigd ten opzichte van de tekeningen. Eventuele wijzigingen worden gedocumenteerd;
- het vastleggen van de technische staat van het gebouw.

Analyseren

Bij het analyseren:

- worden het toetsingskader en de uitgangspunten bepaald;
- worden de geïnventariseerde gegevens gespiegeld aan het toetsingskader. Dit gebeurt met behulp van een checklist gebaseerd op de Amerikaanse ASCE 41-13 "Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings". Gecontroleerd wordt of de genoemde aspecten uit de checklist voldoen aan de norm;
- wordt een dynamische berekening gemaakt voor het bepalen van de respons van de constructie op een aardbeving, zoals die op de locatie van het gebouw zou kunnen optreden. Uitgangspunt voor deze berekeningen is de in conceptvorm uitgegeven "NPR 9998, Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen";
- worden, waar nodig voor het invullen van de checklist, eenvoudige constructieve berekeningen gemaakt. Deze berekeningen worden als bijlage bijgevoegd;
- worden voor de checklistaspecten die niet voldoen aan de richtlijnen oplossingsrichtingen aangedragen.
- worden voor sommige checklistaspecten die wel voldoen aan de richtlijnen, maar die eenvoudig een verbetering kunnen geven aanvullende adviezen gegeven

Concluderen

In de conclusie wordt een globale inschatting gegeven van de seismische weerbaarheid van het beschouwde gebouw. Aansluitend wordt een samenvatting gegeven van aangedragen oplossingsrichtingen, waarmee de weerbaarheid kan worden verhoogd. Tevens wordt hierbij een indicatie gegeven van de relatieve kosten en overlast die verwacht kunnen worden bij het uitvoeren van de ingrepen.

Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat het opgeven van de aangedragen oplossingsrichtingen met name bedoeld is om inzichtelijk te maken hoe ingrijpend het uitvoeren van maatregelen voor het verhogen van de weerbaarheid van het gebouw kan zijn. Het definitief vaststellen van oplossingen is enkel mogelijk na het uitvoeren van diepgaander onderzoek en het doen van aanvullende berekeningen.

De conclusies in dit rapport zijn gebonden aan de uitgangspunten zoals die in paragraaf 3.1 zijn vastgelegd. Voortschrijdend inzicht in de seismische activiteit of in de weerbaarheid van gebouwen kan op termijn herziening van de conclusies vereisen. Het onderzoek naar aardbevingen in Groningen heeft in het afgelopen jaar al tot vele nieuwe inzichten geleid en het is de verwachting dat ook de komende jaren de kennis zich verder zal ontwikkelen.



2. Inventarisatie

2.1. Algemeen

2.1.1. Beschikbare gebouwdocumenten

De volgende beschikbare documenten uit het gemeente archief zijn gebruikt:

- Oorspronkelijke bouwtekeningen niet beschikbaar.
- Tekening verbouwing in 1933: Aanpassingen gevel, trapopgang en privaten.
- Tekening verbouwing in 1938: Aanpassingen gevel, uitbreiding met één lokaal, aanbrengen kelder inpandig, uitbreiding houtenkapconstructie middendeel.
- Gewapende betontekening mei 1939: vervangen houten vloer lokaal C door betonvloer

Geconstateerd wordt dat er in het archief geen constructieve overzichten en andere gegevens (meer) beschikbaar zijn. Dit heeft grote impact op de zekerheid voor de in dit rapport weergegeven beschouwingen. De resultaten en conclusies dienen dus met de nodige terughoudendheid te worden beschouwd.

2.1.2. Beschrijving van het gebouw

Het schoolgebouw is weergegeven op de luchtfoto en foto 1 tot en met 3 in bijlage 4. De school is niet volledig vrijstaand. Aan de Noord-Westzijde is het gebouw plaatselijk verbonden met een schuur/carport op het naastgelegen perceel. De hoofdentree van het schoolgebouw, met een centrale verkeerszone, bevindt zich tussen beide hoofdbeuken, zie plattegrond in bijlage 3. In de twee hoofdvolumes zijn op begane grondniveau drie leslokalen, een toiletgroep en een kantoorruimte ondergebracht. Onder de toiletruimte en het kantoor is een kelder aanwezig. Op de eerste verdieping, onder de twee zadeldaken, bevinden zich enkele kantoorruimten en bergruimte. Los van het hoofdgebouw is op het schoolplein een unit geplaatst waarin een 4^e onderwijsruimte is opgenomen.

Het schoolgebouw is opgebouwd uit metselwerkwallen en is aan de buitenzijde voorzien van een stuclaag. Beide zadeldaken hebben een houten dakconstructie. De nokhoogte bedraagt 9,0 m.



Figuur 2: Basisschool Engelbert [bron: Wikipedia]

- Het oorspronkelijke bouwjaar is niet bekend. De aanwezige verbouwingstekeningen dateren uit 1933 en 1938.
- Het gebouw heeft geen monumentale status.
- Het gebouw is in gebruik als schoolgebouw met drie onderwijslokalen op begane grondniveau, gescheiden door een verkeersruimte. Op de begane grond zijn eveneens de toiletgroepen gesitueerd en een kantoorruimte. Op niveau 1^e verdieping bevinden zich diverse kantoorruimten en bergruimte. In de unit op het schoolplein is een vierde onderwijsruimte geplaatst.
- Gegevens over de ondergrond ontbreken. De omliggende grond is vast (vergelijkbaar met grondtype B volgens NEN-EN 1998-1 tabel 3.1).
- De hoofdafmetingen van het gebouw, zijn vastgelegd op de plattegronden en in de doorsnede.
- In de bouwvolumes is geen dilatatie aanwezig.
- Het gebouw heeft op basis van de beschikbare gegevens de volgende verbouwingen en uitbreidingen ondergaan t.o.v. het oorspronkelijke ontwerp:
 - de toevoeging van een kelder onder een deel van het gebouw
 - de plaatsing van een lift
 - de toevoeging van een derde leslokaal
 - de raampartijen gevels zijn aangepast
 - het aanbrengen van plaatselijk een houten entresolvloer in alle drie lokalen
 - de trappen zijn verplaatst en er zijn vluchttrappen aan de buitenzijde toegevoegd
 - een uitbreiding van de 1^e verdieping door middel van een verbinding tussen beide hoofdkappen. Dit bouwvolume met zadeldak is later gewijzigd in een plat dak.

2.1.3.

Geldigheid van de beschikbare stukken

Tijdens de visuele inspectie ter plaatse op 19 augustus 2014 is geconstateerd dat het gebouw niet volledig overeenkomt met de situatie zoals deze op de genoemde tekeningen is weergegeven. Niet alle boven genoemde verbouwingen staan op de tekeningen aangegeven. Ook is de vloerconstructie van een lokaal als een houtenvloerconstructie uitgevoerd in plaats van de op tekening aangegeven betonconstructie (zie tekening bijlage 3).

2.1.4.

Algemene conditie

De bouwkundige en constructieve staat van het gebouw is beoordeeld op verschillende onderdelen:

- Aantasting van de materialen en/of de interne verbindingen
De kelder en kruipruimte waren droog. Voorziening voor ventilatie van de ruimte is aanwezig.
Bij de visueel waarneembare houten constructiedelen is geen vochtaantasting waargenomen.
- Scheurvorming
Afgezien van de scheurvorming in de gevelpenant aan de achterzijde (foto 17, 18), is er geen van belang zijnde scheurvorming waargenomen.
- Verplaatsingen
Er zijn geen verplaatsingen van onderdelen ten opzichte van elkaar geconstateerd.
- Uitgevoerde herstelwerkzaamheden
Er zijn geen ingrijpende herstelwerkzaamheden waargenomen.

Enkele kenmerkende onderdelen van het gebouw zijn op foto vastgelegd en toegevoegd in bijlage 4 van dit rapport.



2.2. *Constructieve elementen*

De verticale belasting wordt via de houten dakconstructie, de houten- en betonnen vloerconstructies en de dragende metselwerkwallen naar de fundering afgedragen. De stabiliteit wordt verzorgd door de metselwerkwallen in combinatie met de schijfwerking in de vloeren en daken.

2.2.1. *Daken*

De verticale belasting van beide zadeldaken, met een nokhoogte van 9,0 m en een bekleding van dakpannen, wordt afgedragen middels de houten dakconstructie. Deze bestaat uit houten A-spanten gecombineerd met gordingen en houten beplanking als dakbeschot. Aan de onderzijde zijn de spantbenen gekoppeld door de houten balklaag van de 1^e verdiepingsvloer (4.200+P). Tussen de twee zadeldaken in bevindt zich een plat dak, uitgevoerd met een houten draagconstructie (foto 1). In horizontale zin dient het dakvlak te zorgen voor de standzekerheid van de vier topgevels. Er is geen verankering aanwezig tussen het dakvlak en de topgevels. D.w.z. de gordingen zijn op wrijving in de topgevels opgelegd, wat voldoende voor de windbelasting blijkt te zijn.

2.2.2. *Vloeren*

Verdiepingsvloer

De verticale belasting uit de verdiepingsvloer wordt via een houten balklaag met beplanking afgedragen naar stalen onderslagbalken. De stalen balken zijn opgelegd op de metselwerk penanten in de kopgevel, de houten balken dragen op de metselwerk langsgevel (zie bijlage 3). De beplanking is door middel van vernageling verbonden met de houtenbalklaag. De vloerconstructie is vanuit aardbevingsperspectief niet uitgevoerd als stijve vloerschijf. Ter plaatse van de Noord-Oostgevel en de Zuid-Westgevel (plaatselijk) is het gevelmetselwerk door middel van gevelankers gekoppeld aan de houten balklaag (zie foto 22 en 23). Koppeling van de houten vloerconstructie aan de kopgevels is niet waargenomen. De stalen onderslagliggers zijn ingemetseld zonder een aanvullende koppeling aan het metselwerk.

Begane grondvloer

De begane grondvloer bestaat deels uit een houten vloerconstructie (lokaal A en B) en deels uit een betonnen vloerconstructie (lokaal C). Ook de vloer boven de kelder is een betonvloer (zie bijlage 3). De houten vloerconstructie is niet uitgevoerd als stijve vloerschijf. Er is geen verankering waargenomen tussen vloerschijf en metselwerk. Dit geldt ook voor de aansluiting van het metselwerk met de betonvloer.

2.2.3. *Wanden*

De metselwerk wanden zorgen voor de afdracht van de verticale belasting naar de fundering en waarborgen in beide richtingen de stabiliteit. De dikte van de metselwerkwallen varieert (zie bijlage 3). In de buitengevel van lokaal B is een spouwmuur toegepast. Het lijkt er op dat in lokaal A en C bij de verbouwing in 1938 aan de binnenzijde een halfsteens wand is toegevoegd. Niet duidelijk is in hoeverre het binnen- en buitenspouwblad aan elkaar gekoppeld zijn. De massieve metselwerk penanten in de raamopening worden onderbroken door een betonnen dorpel. De afmeting van de penanten varieert van ca. 250x400 mm in de langsgevel tot 250x325/420 mm in de voor- en achtergevel. De metselwerkwallen zijn alleen op enkele plaatsen aan de verdiepingsvloer verankerd.

2.2.4. *Fundering*

Het totale gebouw is door middel van de dragende wanden gefundeerd op staal. Ter plaatse van leslokaal A draagt de begane grondvloer middels houten onderslagbalken af op metselwerk stiepen. Er is geen verankering van de onderslagen aan de stiepen. (zie foto 4 en 5).

2.3. *Niet-constructieve elementen*

2.3.1. *Gebouwschil*

De gebouwschil is opgebouwd met metselwerk en voorzien van stuclaag afwerking. Er zijn geen dilataties aanwezig. De buitenwandopeningen zijn voorzien van houten kozijnen en over het algemeen voorzien van enkel glas. Enkele raamkozijnen bevatten te openen delen, sommige delen zijn voorzien van glasroeden (foto 1). In het platte dak boven het trappenhuis is een daklichtkoepel geplaatst. In het hellend dak zijn enkele Velux dakramen aanwezig (foto 2 en 28). Het hellend dak is voorzien van een dakpanafwerking. Ter plaatse van de achtergevel is een tweede entree gerealiseerd. Dit volume is een houten constructie met een houten gevelbekleding (foto 3).

2.3.2. *Inbouw*

In het gebouw zijn verschillende plafondsysteem aanwezig (foto 13 en 14). Er is geen eenduidige structuur. De plafondplaten zijn uitgevoerd in houtwolcementplaten en als gipskartonplaten. In enkele lokalen is een houten tussenvloer gerealiseerd. De ruimte scheidende gemetselde wanden hebben over het algemeen een constructieve en dragende functie. De toilet scheidende wanden zijn van kunststof. In het gebouw zijn ten aanzien van losse inrichting enkele voorzieningen, zoals stellingkasten, aanwezig voor opslag van materialen (foto 27).

2.3.3. *Toegangen*

Een houten vaste trap zorgt voor verbinding van de begane grond naar de eerste verdieping (foto 9 en 10). Een tweede vluchtweg vanaf de verdieping is gerealiseerd door het plaatsen van een buitentrap tegen de 'achtergevel' (foto 3). Voor de integrale toegankelijkheid is een liftinstallatie aanwezig die begane grond en eerste verdieping met elkaar verbindt (foto 8).

2.3.4. *Installaties*

Het schoolgebouw wordt verwarmd met radiatoren. Ventilatie vindt op natuurlijke wijze plaats. In het gebouw zijn geen gevaarlijke stoffen aanwezig. Verlichting wordt gerealiseerd door diverse soorten armaturen (foto 11 en 12) opgenomen in het verlaagde systeemplafond of gemonteerd tegen het vaste plafond of ander constructiedelen.



3. Analyse en oplossingsrichtingen

3.1. Toetsingskader

De documenten zoals genoemd in tabel 1 vormen het toetsingskader, op basis waarvan het gebouw wordt getoetst op aardbevingsbestendigheid.

| Titel document | Afkorting |
|--|-----------------------|
| Bouwbesluit 2012 | BB |
| NPR 9998:2015 d.d. februari 2015, Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen | NPR 9998 ¹ |
| Memo ten behoeve van de minister van economische zaken, NNI, Voorlopige ontwerpuitgangspunten voor nieuwbouw en verbouw onder aardbevingsbelasting ten gevolge van de gaswinning in het Groningerveld d.d. 15 mei 2014 | VU-NEN |
| NEN EN 1998-1, (Eurocode 8) Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 1: Algemene regels, seismische belastingen en regels voor gebouwen | NEN-EN 1998-1 |
| NEN EN 1998-3, Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 3: Beoordeling en vernieuwing van gebouwen | NEN-EN 1998-3 |
| NEN EN 1998-5, Ontwerp en berekening van aardbevingsbestendige constructies – Deel 5: Funderingen, grondkerende constructies en geotechnische aspecten | NEN-EN 1998-5 |
| ASCE 41-13, Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings | ASCE |

Tabel 1: Toetsingskader

3.2. Uitgangspunten en randvoorwaarden

3.2.1. Gebouw-specifieke uitgangspunten

De gebouw-specifieke uitgangspunten die benodigd zijn voor het vaststellen van de randvoorwaarden voor de scan worden benoemd in tabel 2.

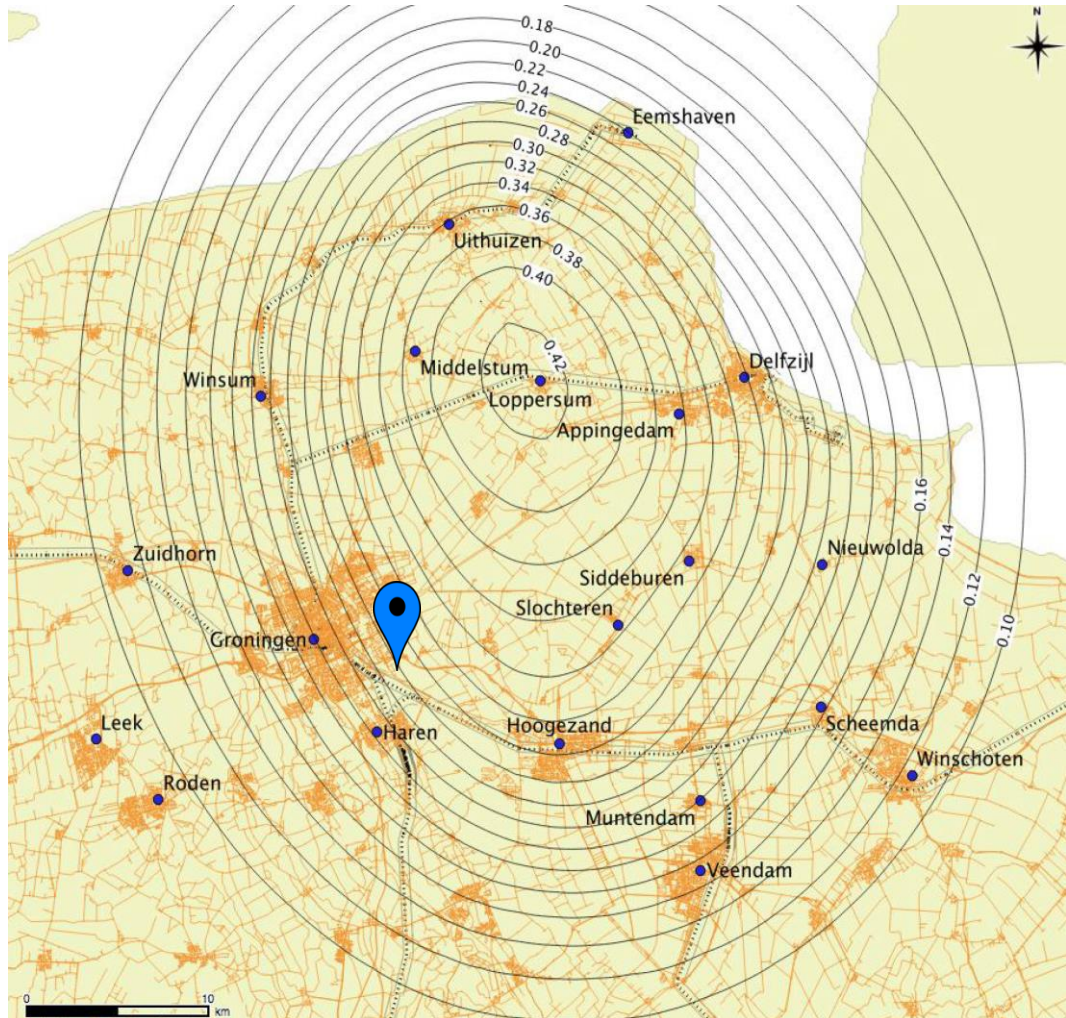
| Uitgangspunt | Invoer | Bron |
|----------------------------------|--------|-----------------------|
| Piekgrondversnelling $a_{a,ref}$ | 0,28 g | NPR 9998 (3.2.1) |
| Gevolklasse (Consequence Class) | CC2 | NEN-EN 1990 (2.3) |
| Belangklasse (Importance Class) | III | NEN-EN 1998-1 (4.2.5) |

Tabel 2: Uitgangspunten seismische scan

¹ De NPR 9998 is in februari 2015 uitgegeven als commentaar versie. De definitieve versie van de NPR wordt pas verwacht in het najaar van 2015

Piekgrondversnelling²

De piekgrondversnelling met een standaard-herhalingsstijd van 475 jaar ($a_{g,ref}$) wordt voor de locatie van het gebouw vastgesteld aan de hand van figuur 3.



Figuur 3: Contourplot van de piekgrondversnellingen $a_{g,ref}$ met een herhalingsstijd van 475 jaar

Gevolgklasse

Gevolgklasse CC2 is aangehouden zoals minimaal vereist is voor onderwijsgebouwen. Hierbij wordt het uitgangspunt gehanteerd dat bij bezwijken van de constructie minder dan 500 mensen tegelijkertijd gevaar lopen.

Belangklasse

Belangklasse III is gehanteerd voor dit gebouw, waarbij verondersteld dat er meer dan 10 leerlingen jonger dan 12 jaar tegelijkertijd aanwezig kunnen zijn.

² Op dit moment wordt er onderzoek uitgevoerd naar de p_g -waarden in het aardbevingsgebied. Mogelijk wordt de contourplot van piekgrondversnellingen binnenkort herwerkt. Mocht dat het geval zijn, dan kan het noodzakelijk zijn dat de conclusies en aanbevelingen hierop worden aangepast



3.2.2.

Grenstoestanden

In de analyse wordt gekeken naar twee grenstoestanden; de "Near Collapse" en de "Damage Limitation" grenstoestand. Beide grenstoestanden beschrijven een specifieke aardbevings situatie waar het gebouw en de constructie aan getoetst moeten worden. Onderstaande teksten geven een nadere toelichting.

Toets van de constructieve elementen:

Bij de "Near Collapse" grenstoestand wordt getoetst of bij een extreme beving de structuur nog *nét* blijft staan, zodat veilig uit het gebouw gevlucht kan worden. De grenstoestand "Near Collapse" staat beschreven in de NPR. De berekening kan worden gemaakt met de in de NPR gegeven "importance factoren". De ASCE kent niet de benaming "Near Collapse", maar voor de controle met de ASCE checklisten kan het vergelijkbare toetsniveau "Lifesafety" worden gebruikt, behorend bij de beschouwde extreme aardbeving.

Toets van de bouwkundige elementen:

Bij de "Damage Limitation" grenstoestand wordt nagegaan of de structuur onbeschadigd blijft bij een lichtere aardbeving die een hogere kans op plaatsvinden heeft. De bouwkundige elementen mogen hierbij wel enige schade ondervinden. De grenstoestand "Damage Limitation" staat niet voldoende beschreven in de NPR. De bij deze grenstoestand behorende "importance factor" stond eerder wel in de "VU-NEN", maar deze is niet in de NPR terug gekomen. Vandaar dat we voor deze toetsing terug verwijzen naar de oudere "VU-NEN". De ASCE kent niet de benaming "Damage Limitation", maar voor de controle met de ASCE checklisten kan het vergelijkbare toetsniveau "Lifesafety" worden gebruikt, behorend bij de beschouwde lichtere aardbeving.

Nadere uitleg over de verschillende grenstoestanden wordt gegeven in bijlage 5.

| | Bron | Grenstoestand | Waarde |
|--------------------------------|----------|-------------------|-----------|
| Constructieve toets | | | |
| Berekening | NPR 9998 | Near Collapse | |
| Herhalingstijd | | | 1500 jaar |
| Piekgrondversnelling $a_{g,d}$ | | | 0,39 g |
| Checklist | ASCE | Life Safety | |
| Seismisch niveau | | | high |
| Bouwkundige toets | | | |
| Berekening | VU-NEN | Damage Limitation | |
| Herhalingstijd | | | 100 jaar |
| Piekgrondversnelling $a_{g,d}$ | | | 0,15 g |
| Checklist | ASCE | Life Safety | |
| Seismisch niveau | | | moderate |

Tabel 3: Gekozen toetsingsniveaus binnen de grenstoestanden

3.2.3.

Relevante ASCE checklists

Op basis van het beschreven randvoorwaarden en gebouwstructuur (een constructie met dragende metselwerk wanden en flexibele vloerschijven) zijn de onderstaande ASCE checklists gebruikt. De checklist voor niet-constructieve elementen is opgedeeld in de onderdelen 'gebouwschil', 'inbouw', 'toegangen' en 'installaties'.

| Checklist omschrijving | Aanduiding |
|---|------------|
| Constructieve elementen | |
| Basic checklist | 16.1 |
| Life safety basic configuration checklist | 16.1.2 LS |
| Life safety structural checklist for building types URM: 'Unreinforced masonry bearing walls with stiff/flexible diaphragms' | 16.16 LS |
| Niet-constructieve elementen | |
| Nonstructural checklist | 16.17 |

Tabel 4: Relevante ASCE checklists voor toetsing van constructieve elementen



3.3. Analyse seismische gedrag

Voor de toetsing van verschillende gebouwonderdelen is een beschrijving van het dynamische gedrag van de constructie vereist. Tevens dient hierbij te worden bepaald wat de respons van de constructie is op een aardbeving, zoals die op de locatie van het gebouw zou kunnen optreden.

Er zijn meerdere wijzen van berekenen mogelijk. Variërend van het berekenen van eenvoudige één massa-veer systemen tot volledige 3d-modellen in geavanceerde software.

Voor deze seismische scan hebben we twee eenvoudige rekenmethodes gebruikt om de weerbaarheid van de constructie te toetsen:

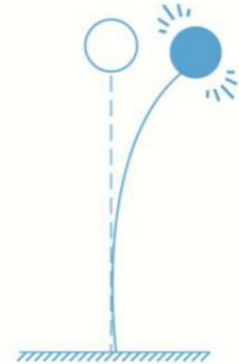
- a) Zijdelingse Belasting Methode met een eenvoudige benadering van de trillingstijd conform de NPR 9998
- b) Spectrale Modale Responsieberekening met een exacte berekening van de trillingstijden, gebaseerd op aannames naar de stijfheden van de constructie.

Onderstaand wordt de belangrijkste in- en uitvoer van de modellen beschreven. De berekening is opgenomen in bijlage 2.

3.3.1. Zijdelingse Belasting Methode

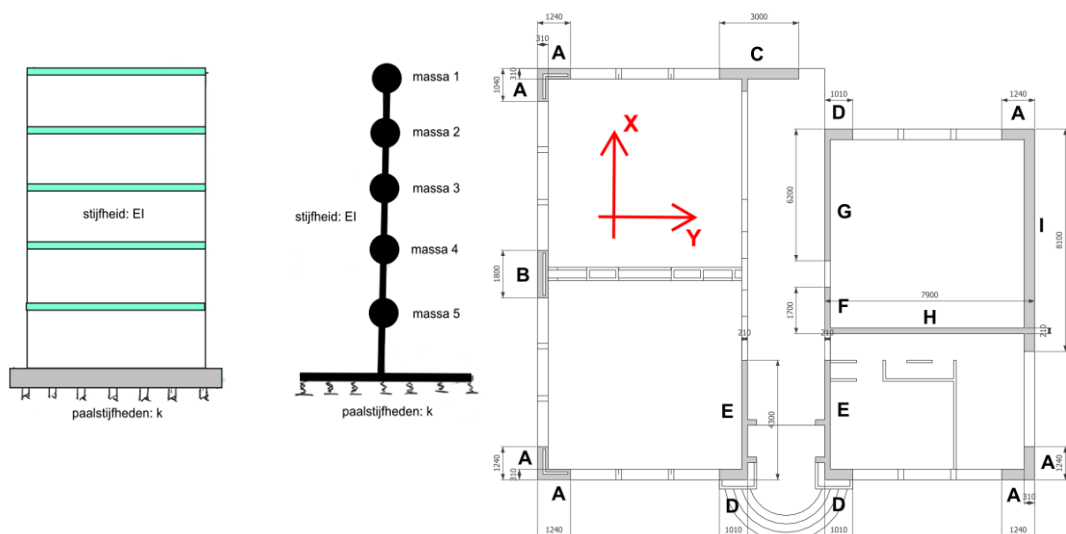
Bij de Zijdelingse Belasting Methode wordt enkel gekeken naar de eerste eigenfrequentie van de structuur. Deze wordt geschat met eenvoudige formules uit de NPR. De schatting houdt geen rekening met specifieke stijfheden van onderdelen van de structuur, maar met generieke eigenschappen van het betreffende type gebouw. De uitkomst is vaak conservatief, maar is minder gevoelig voor exacte invoer van stijfheden van de structuur.

In sommige gevallen (met name als de 1^e eigenfrequentie een geringe respons geeft) kan deze methode echter tot te gunstige resultaten leiden.



3.3.2. Spectrale Modale Responsie Berekening

Voor de bepaling van het dynamische gedrag wordt het gebouw in de twee hoofdrichtingen gemodelleerd tot een massa-veersysteem, waarbij elke massa een bouwlaag representeert. De massa's zijn onderling verbonden door elementen met een buigstijfheid, die model staan voor het stabiliteitssysteem tussen de verdiepingvloeren. Het massa-veersysteem wordt ondersteund door een rotatieveer, waarvan de stijfheid wordt bepaald door de funderingsconstructie.



Figuur 5: Gebouw schematisering en stabiliteitssystemen in twee hoofdrichtingen

De massa's van de bouwlagen worden bepaald aan de hand van een eenvoudige gewichtsberekening, welke is opgenomen in bijlage 2. Voor de bepaling van de stijfheid van de rotatieveer is gebruik gemaakt van een fundering op staal. De stabiliteitselementen die zijn meegenomen voor de bepaling van de buigstijfheid in de twee hoofdrichtingen zijn aangegeven in figuur 5.

In tegenstelling tot de berekening volgens de Zijdelingse Belasting Methode worden specifieke stijfheden van individuele constructie elementen nu wel meegenomen. Maar de berekening is voor de meeste gebouwen nog steeds een eenvoudige benadering. Vooral als een gebouw torsiegevoelig is of als het gebouw niet regelmatig over de hoogte is zijn er nauwkeurigere rekenmethodes die het gedrag beter beschrijven. Deze vergen echter meer tijd, maar ook meer exacte kennis over de berekende structuur.

3.3.3.

Uitvoer model

De meest belangrijke uitvoer van de spectrale modale analyse is de maximaal optredende horizontale seismische belasting. Deze belasting grijpt aan in de massazwaartepunten van de verdiepingsvloeren, en dient via het stabiliteitssysteem te worden overgebracht naar de fundering. In de constructieve toetsing wordt beoordeeld of verschillende elementen in het stabiliteitssysteem voldoende capaciteit hebben om deze belasting af te dragen. Bij het beoordelen van de van de resultaten is het van belang te realiseren dat er in het archief geen constructieve overzichten en andere gegevens (meer) beschikbaar zijn. Dit heeft grote impact op de zekerheid van de hier berekende resultaten. Deze dienen dus met de nodige terughoudendheid te worden beschouwd.

| Horizontale belasting op funderingsniveau [kN] | Optredende belastingen | | Capaciteit van de wanden |
|--|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| | Zijdelingse Belasting Methode | Spectrale Modale Responsie Berekening | |
| x-richting | 2840 | 2370 | 567 |
| y-richting | 2840 | 1940 | 341 |

Tabel 5: Uitvoer horizontale belasting op funderingsniveau



3.4. Analyse constructieve elementen

Met de geïnventariseerde gegevens en vastgestelde randvoorwaarden kan het gebouw worden gespiegeld aan het toetsingskader, zijnde de ASCE checklists en de voorlopige versie van de NPR 9998, zoals genoemd in tabel 4. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen uit de constructieve analyse toegelicht, waarbij direct een oplossingsrichting wordt aangedragen voor elementen die naar alle waarschijnlijkheid niet voldoen aan de gestelde richtlijnen. De volledige analyse is bijgevoegd in bijlage 1.

3.4.1. Funderingsconstructie

Voor de beoordeling van de capaciteit van de fundering bij aardbevingsbelasting is de kans op liquefactie, het verweken van de bodem, een belangrijk aspect. Voor de totale fundering geldt dat losgepakte zandhoudende grondlagen de kans verhogen op het verweken van de grond tijdens een aardbeving.

Op dit moment is het lastig het risico op verweking goed te bepalen. En dat om meerdere redenen:

- Voor een goede beoordeling van het verwekingsrisico is detail informatie nodig van de ondergrond. Hiervoor zijn ten minste elektrische sonderingen noodzakelijk met registratie van de lokale wrijving. Deze zijn niet van het betreffende gebouw voorhanden. Bij voorkeur worden deze sondeergegevens aangevuld met grondboringen en zeefkrommes, waarin ook het aandeel van fijne fracties (hoeveelheid fijne deeltjes in de grond) wordt bepaald.
- Ook is detailinformatie noodzakelijk van de fundering. Hierbij moet gedacht worden aan paaltypes, paalafmetingen, paaldieptes etc.

Het onderzoek naar verweking in Groningen is volop bezig, maar de nu voorgestelde rekenmethodieken leveren nog niet voldoende betrouwbare resultaten op. De stuurgroep NPR zegt in de impact assessment op de NPR het volgende: "*Ondergrond: Het gedrag van de ondergrond en bovengrond onder invloed van aardbevingen dient onderzocht te worden. Het gevaar van liquefaction (vloeiing) van zandlagen, die de stabiliteit van funderingen van gebouwen en infrastructuur bedreigt, is een voorbeeld van een te onderzoeken fenomeen. De in de NPR aangegeven werkwijze leidt in de praktijk tot onwerkbaar conclusies.*";

Oplossingsrichting

Het effect dat liquefactie op de fundering heeft dient nader onderzocht te worden. Dit kan na gereedkomen van aanvullend geotechnisch onderzoek en nadat de normgeving op dit gebied verder is geëvolueerd.

3.4.2. Hoofddraagconstructie

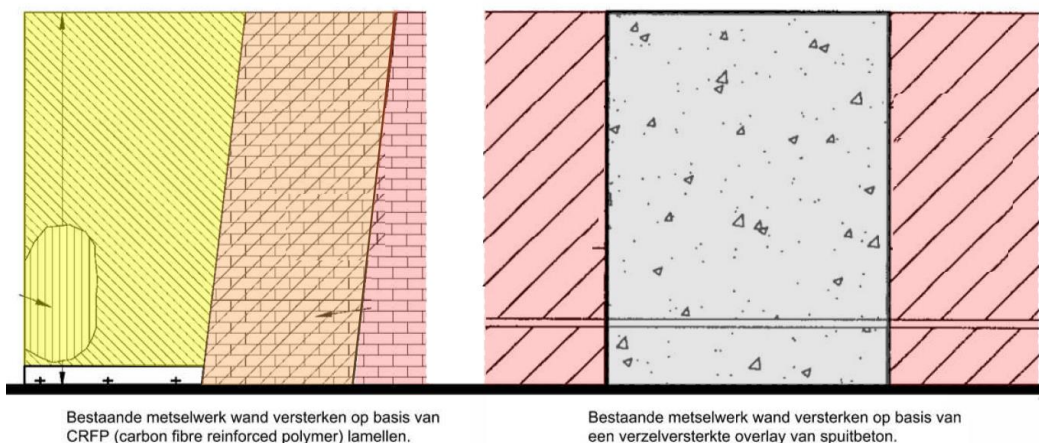
De horizontale seismische belasting, als gegeven in tabel 5, moet via het stabiliteitssysteem worden afgedragen naar de fundering. Uit de toetsing van hierbij optredende afschuifspanningen blijkt dat de metselwerk wanden niet aan de (sterkte)eisen voldoen. Het hoogfrequente gedrag van de constructie leidt tot relatief hoge afschuifbelastingen op het metselwerk, veroorzaakt door de lange metselwerk wanden. Daarbij zijn eveneens kanttekeningen te plaatsen bij de aansluitingen tussen de verschillende constructieve elementen, welke hieronder worden toegelicht.

| Schuifspanning [N/mm ²] | Optredende spanningen | | Capaciteit van de wanden |
|--|-------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| | Zijdelingse Belasting Methode | Spectrale Modale Responsie Berekening | |
| x-richting | 0,74 | 0,62 | 0,08 |
| y-richting | 1,55 | 1,06 | 0,08 |

Tabel 6: Toetsing van stabiliteitssysteem op afschuiving

Oplossingsrichting

Om de wanden trekken door hun hoge stijfheid veel seismische last aan. Deze kunnen versterkt worden met vezelversterkt spuitbeton of een structurele versterking met CFRP lamellen en doek (figuur 6). Verder dient de aansluiting met, en de (gemetselde) fundering zelf mogelijk versterkt te worden. Dit kan met behulp van een nieuwe betonnen aanstort aan de bestaande fundering. De keuze van de juiste versterkingsmaatregel (of combinatie van maatregelen) zal vastgesteld moeten worden met een verfijndere rekenmethodiek.



Figuur 6: Versterking op basis van CFRP lamellen of met vezelversterkt spuitbeton.

Dragende metselwerkwallen en vloerschijven

Metselwerkwallen zijn kwetsbaar bij aardbevingen. Dragende metselwerk wallen dienen uit het vlak van de wand voldoende gesteund te zijn door "stijve" vloerschijven. Door het ontbreken van een 2^e draagweg kan onvoldoende steun leiden tot bezwijken van de wallen. Om de krachten in de aansluiting met de vloerschijf op een goede wijze te kunnen overgedragen dient de metselwerkwand door middel van ankers en/of stekken aan de vloerschijf te zijn gekoppeld. De vloerschijf zelf dient daarbij voldoende capaciteit te hebben om deze belasting verder af te dragen naar de stabiliserende elementen.

Aan bovenstaande eisen wordt niet voldaan. Afgezien van de plaatselijk aanwezige gevelankers bij de aansluiting met de houten verdiepingsvloer is er verder geen koppeling waargenomen tussen het metselwerk en de houten vloerconstructie. Daarnaast is de houten vloerconstructie niet als vloerschijf uitgevoerd. Voor de veiligheid in het gebouw zijn aanvullende maatregelen noodzakelijk.

Oplossingsrichting

Voor het versterken van de vloerschijf kunnen één of twee lagen multiplex beplating te worden aangebracht bovenop de houtenvloerdelen met voldoende bevestiging naar de onderconstructie en een extra randbalk onder de vloer bij de aansluiting tegen het metselwerk met goede verankering.

Het verbeteren van de aansluiting van het metselwerk aan de houten en betonnen vloerschijf kan door het aanbrengen van gevelankers. Het gevelanker dient aan de binnenzijde constructief te zijn verbonden met de vloerschijf. Op een aantal plekken in de gevel zijn deze ankers reeds aanwezig (foto 22, 23 en 24).

De keuze van de hiervoor benoemde versterkingsmaatregelen zullen vastgesteld kunnen worden met een verfijndere rekenmethodiek.

Aansluiting metselwerk topgevel aan houten dakvlak.

De huidige topgevels aan de voor- en achterzijde zijn niet verankerd aan het dakvlak. Vanwege de kwetsbaarheid van metselwerkwallen is het noodzakelijk om hier iets aan te doen.



Oplossingsrichting

Het aanbrengen en vastzetten van een (bijvoorbeeld houten) regel aan binnen- en buitenzijde van het metselwerk onder tegen de houten dakschijf. De wand wordt op deze wijze in twee richtingen over de volle lengte afgesteund op de dakschijf.

Dragende metselwerk binnenwanden

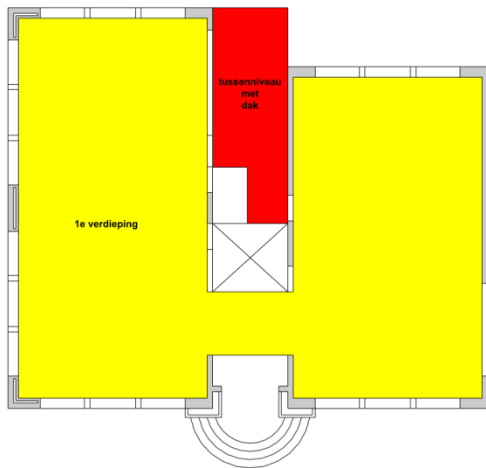
Net zoals voor het gevelmetselwerk is het belangrijk dat de dragende metselwerk binnenwanden goed verankerd zijn aan en/of opgesloten zitten tussen de stijve vloerschijven.

Oplossingsrichting

Het aanbrengen van regels en/of klossen om de binnenwanden op te sluiten.

Niveaueverschillen

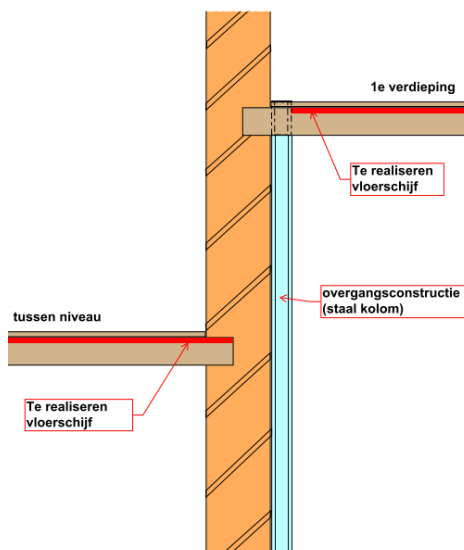
De eerste verdiepingvloer ligt niet op gelijk niveau met het tussengelegen platte dak en het daarop aansluitende bordes (zie figuur 7). Daardoor zal het metselwerk ten gevolge van een seismische horizontaal last aangestoten kunnen worden.



Figuur 7: Niveaueverschil 1^e verdiepingvloer(geel) en bordes/platdak(rood).

Oplossingsrichting

Een oplossing voor dit probleem kan gerealiseerd worden door het aanbrengen van een overgangsconstructie met bijvoorbeeld stijlen voor het metselwerk (zie figuur 8).



Figuur 8: Overgangsconstructie met verticale stijl.

Metselwerk stiepen onder begane grondvloer leslokaal A

De houten vloerconstructie in een van de lokalen wordt gedragen door metselwerk stiepen. De houten balken zijn niet verankerd aan de gemetselde stiepen en wanden (foto 4, 5 en 6). Het uitvallen van een of meerdere stiepen kan het bezwijken van de vloerschijf tot gevolg hebben. Voor de veiligheid van de constructie is het noodzakelijk dat die functie in tact blijft.

Oplossingsrichting

Extra verankering aanbrengen tussen stiepen en de vloerschijf.

Torsie

De torsiestijfheid van het gebouw is een aandachtspunt. Met name in de y-richting van de plattegrond is er een behoorlijk excentrische massazwaartepunt. Dit maakt het bouwdeel gevoelig voor torsie.

Oplossingsrichting

Een nauwkeuriger berekening is noodzakelijk om een betere krachtsverdeling over de wanden te kunnen bepalen.

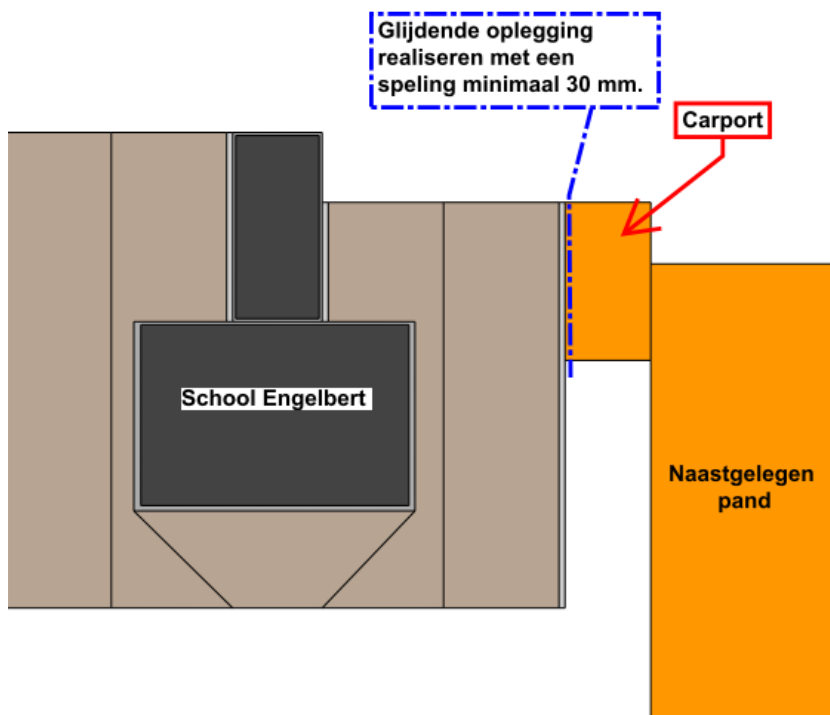
3.4.3.

Dilataties

Door een geringe afmeting van dilataties naar belendingen kan gevolgschade optreden. Om "aanstoten" te voorkomen moet een minimale tussenruimte van circa 30 mm (NC) worden aangehouden ($=\sqrt{(21^2+21^2)}$ uitgaande van een maximale seismische vervorming behorend bij $a_{g;d} = 0,39g$ en de NEN EN 1998-1: Artikel 4.4.2.7). Dit geldt met name voor de aansluitende carport, die de zijgevel aanstoot.

Oplossingsrichting

Om aanstoten met de naastgelegen carport te voorkomen kan een glijoplegging gerealiseerd worden met een vrije ruimte van tenminste 30 mm (zie figuur 9).



Figuur 9: Aanbrengen dilatatie naar de carport.



3.5. Analyse niet-constructieve elementen

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen uit de analyse voor niet-constructieve elementen toegelicht, waarbij direct een oplossingsrichting wordt aangedragen voor elementen die naar alle waarschijnlijkheid niet voldoen aan de gestelde richtlijnen. De volledige analyse is bijgevoegd in bijlage 1.

| Maximale vervorming | Damage Limitation |
|---------------------|-------------------|
| Per verdieping | 9 mm |
| Over totale gebouw | 9 mm |

Tabel 7: Vervormingen in the Damage Limitation grenstoestand

3.5.1. Gebouwschil

Buitenwanden

Volgens tekening is er een smalle luchtsponw aanwezig tussen het gemetselde binnen- en buitenblad. Niet bekend is of en in welke mate beide metselwerkbladen aan elkaar verankerd zijn. Dit kan in nader onderzoek worden vastgesteld.

Oplossingsrichting

Indien uit onderzoek blijkt dat onvoldoende verankering aanwezig is kan met behulp van renovatieankers binnen- en buitensponwblad eenvoudig aan elkaar worden verankerd.

Buitenwanden, scheurvorming in de achtergevel

Ter plaatse van twee penanten in de achtergevel is scheurvorming waargenomen. Voor een goede samenhang is een niet gescheurde doorsnede belangrijk.

Oplossingsrichting

Dit gebrek kan worden opgelost door scheuren te injecteren.

Buitenwandopeningen

De gehanteerde norm stelt eisen aan beglazing indien glaspanelen een oppervlakte hebben $>1,6 \text{ m}^2$. In dat geval wordt geadviseerd veiligheidsglas toe te passen. Feitelijk is het treffen van voorzieningen volgens de norm niet noodzakelijk in het schoolgebouw. Het enkel glas zal bij een beving, afhankelijk van de intensiteit, breken.

Oplossingsrichting

De prestatie kan worden verbeterd door het vervangen van de bestaande beglazing. Een alternatief is het plaatsen van een voorzetraam, met bijvoorbeeld gelaagd glas. In beide situaties kan letsel in het gebouw door vallend glas worden voorkomen. Bovendien kan met een dergelijke voorziening de energetische prestatie worden verbeterd.

Houten uitbouw achtergevel

De houten uitbouw aan de achterzijde lijkt erg gevoelig voor zijdelingse verplaatsingen. Ten behoeve van de vluchtweg is het belangrijk dat de uitbouw niet bezwijkt.

Oplossingsrichting

De houten uitbouw ondersteunen en afschoren naar de vloer.

3.5.2. *Inbouw*

Plafonds

In het gebouw zijn verschillende soort systeemplafonds aanwezig. De gehanteerde norm stelt alleen een eis aan het aantal zekeringen. Niet waargenomen is of het stucplafond voldoet aan deze eis. De plafondankers zijn lokaal gemonteerd in het oorspronkelijke gipsplafond. Onbekend is of deze verankering voldoende kwalitatief is. In enkele lokalen zijn houtwolcementplaten als plafondplaten opgenomen.

Oplossingsrichting

De bestaande platen zijn relatief zwaar en vormvast. Geadviseerd wordt deze platen te vervangen door lichtere plafond.

Met nader onderzoek kan worden vast gesteld of het huidige plafond systeem presteert volgens de eis.

Inrichting

Sommige inventaris, zoals bijvoorbeeld enkele voorraadkasten, vormen een valrisico.

Oplossingsrichting

Losse inventaris zoals magazijnrekken of andere valgevoelige zwaardere (10 kg) apparatuur met een zwaartepunt boven 1,2 m kunnen worden verankerd aan de draagconstructie.

3.5.3. *Toegangen*

Buitentrap aan achterzijde

De buitentrap aan de achterzijde is bij de ingangen op 1^e verdiepingsniveau bevestigd aan de metselwerk buitengevel. Het is belangrijk dat een vluchtweg behouden blijft.

Oplossingsrichting

Onder het bordes een extra stalen kolom met fundatie aanbrengen (2 stuks) en de verankering aan de gevel nader op seismische belasting controleren.

3.5.4. *Installaties*

Veiligheidssystemen

De norm stelt specifieke eisen aan veiligheidssystemen, zoals aan een sprinklerinstallatie, een noodstroomvoorzieningen en de noodverlichting. In het gebouw zijn geen geavanceerde veiligheidssystemen waargenomen.

Oplossingsrichting

Veiligheidssystemen kunnen worden aangelegd.

Verlichting

In het schoolgebouw zijn verschillende soorten armaturen aanwezig. De armaturen dienen te worden gezekerd door middel van een eigen constructie.

Oplossingsrichting

De armaturen kunnen worden gezekerd door middel van een eigen constructie.



E- en W-installatie

Het zwaartepunt van de CV ketel ligt vermoedelijk boven de 1.2 meter boven vloerniveau. Installaties met een gewicht boven (>10kg) wordt gekwalificeerd als valgevoelig en dienen extra te worden gezekeerd.

Oplossingsrichting

De CV ketel kan vanwege het gewicht (>10kg) extra te worden gezekeerd.

Leidingen en kanalen

Voor 'life-safety' is het niet vereist om bestaande vloeistof- en gasleidingen voldoende te verankeren en te voorzien van flexibele koppelingen.

Oplossingsrichting

Gelet op de relatief beperkte infrastructuur wordt geadviseerd om bestaande vloeistof- en gasleidingen voldoende te verankeren en te voorzien van flexibele koppelingen

Transportinstallatie

Voor een transportinstallatie is het relevant dat katrollen en wielen worden beschermd en dat veiligheidsplaten aanwezig zijn. Dit dient voor de aanwezige liftinstallatie nader onderzocht en gecontroleerd te worden.

Oplossingsrichting

De aanwezigheid veiligheidsplaten kan voor de aanwezige liftinstallatie nader onderzocht en gecontroleerd te worden.

3.5.5.

Unit (tijdelijke huisvesting)

Dit bouwvolume is minder kwetsbaar voor aardbevingen. Er lijkt voldoende samenhang tussen vloer, wanden en dak. Aandachtspunt in dit bouwvolume is het glasoppervlak van de buitenwandopeningen. Volgens de norm dient beglazing met deze afmeting uitgevoerd te zijn als gelaagd of veiligheidsglas. Dit is zeer waarschijnlijk niet het geval.

Advies

Geadviseerd word de glasvlakken te vervangen door gelaagd glas. Een alternatief is om op de glasvlakken folie aan te brengen zodat het ongelaagd glas in de sponning blijft hangen

4. Conclusies en aanbevelingen

4.1. Conclusies

Onderstaande conclusies zijn gebaseerd op de in hoofdstuk 3 gegeven analyses. De conclusies kunnen in twee groepen worden onderverdeeld:

- Conclusies naar aanleiding van de constructieve berekening
- Conclusies naar aanleiding van de constructieve en bouwkundige checklists in de ASCE

De conclusies uit de checklists geven inzicht in de sterke en zwakke kanten van de aardbevingsbestendigheid van het gebouw. Het zijn kwalitatieve toetsen.

De berekening is daarentegen een kwantitatieve toets, die het gedrag in een getal probeert te vangen.

Met nadruk wijzen we erop dat deze kwantitatieve toets gebaseerd is op eenvoudige rekenwijzen, bedoeld voor een snelle, eerste controle. De berekening is geenszins bedoeld om een eindoordeel te vellen over de mate waarin de constructie voldoet aan de genoemde richtlijnen. Daarvoor zijn nader en meer gedetailleerd onderzoek en uitvoeriger berekeningen noodzakelijk.

De kwantitatieve toets geeft wel samen met de overige checklists een goed algemeen beeld van de weerbaarheid van het gebouw.

4.1.1. Constructieve berekening

Op basis van de indicatieve constructieve berekening en de resultaten van de checklist concluderen we dat de constructie naar alle waarschijnlijkheid niet voldoet aan de gestelde voorlopige richtlijnen naar aardbevingsbestendigheid.

Om het gebouw definitief te kunnen toetsen aan de (nu nog slechts in concept uitgebrachte) NPR dienen nadere berekeningen te worden gemaakt. Bij deze berekeningen:

- Kan het werkelijke (niet-lineaire) materiaalgedrag in rekening gebracht worden;
- Kan de torsie beter in beeld gebracht worden door het gebruiken van een 3d model
- Kan de bijdrage van het betonnen raamwerk van kolommen en balken in de aardbevingsbestendigheid beter in beeld worden gebracht.

Om deze berekeningen te kunnen maken is betere informatie noodzakelijk van de constructie. Zo dient onder andere de wapening en de betonkwaliteit van de structuur uitgezocht te worden.

Een nadere berekening dient ten allen tijde uit te gaan van de dan geldende (of dan meest recente) uitgave van de NPR. Dit kan verschillen geven, zowel in positieve als negatieve zin.

4.1.2. Checklists

Het gebouw voldoet naar alle waarschijnlijkheid niet aan de eisen voor aardbevingsbestendigheid zoals vastgelegd in de ASCE checklists. Er zijn verbeteringen mogelijk aan zowel de bouwkundige als de constructieve elementen. Met name de gemetselde gevel dient hierbij aandacht te krijgen, omdat deze ook de werking van de structuur bij een aardbeving beïnvloedt.

4.1.3. Indicatieve Oplossingsrichtingen

In de analyse is voor een aantal gebouwonderdelen een indicatieve oplossingsrichting aangegeven, waarmee de weerbaarheid van het gebouw ten aanzien van seismische activiteit kan worden verhoogd. Een overzicht van de genoemde oplossingsrichtingen is gegeven in tabel 8. Bij elke oplossingsrichting is aangegeven wat de impact van het doorvoeren van de maatregel is op de weerbaarheid. Daarnaast is een indicatie gegeven van de relatieve kosten en overlast die verwacht kunnen worden bij het uitvoeren van de ingreep. Onder kosten wordt verstaan de bouwkosten voor het uitvoeren van de maatregel. Met overlast wordt bedoeld het effect van het aanbrengen van de maatregel op het bedrijfsproces.

Opgemerkt dient nog wel te worden dat er in het archief geen constructieve overzichten en andere gegevens (meer) beschikbaar zijn. Dit heeft grote impact op de zekerheid voor deze resultaten. Deze dienen met de nodige terughoudendheid te worden beschouwd.



| Oplossingsrichting | impact | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| | veiligheid | kosten | overlast |
| Constructieve elementen | | | |
| <i>Hoofddraagconstructie</i> | | | |
| Versterken en koppelen dragende wanden met funderingen | hoog-veel | hoog-veel | hoog-veel |
| Versterken vloerschijven | beperkt | hoog-veel | hoog-veel |
| Aansluiting metselwerk gevel aan de vloerschijven | hoog-veel | hoog-veel | hoog-veel |
| Aansluiting metselwerk topgevel aan de dakschijf | aanzienlijk | beperkt | beperkt |
| Verankering/opsluiten metselwerk binnenwanden | hoog-veel | beperkt | beperkt |
| Ongelijke vloernivaus onderlig afsteunen met stijlen | hoog-veel | aanzienlijk | aanzienlijk |
| Verankering stiepen onder begane grondvloer | aanzienlijk | beperkt | beperkt |
| Glij-oplegging realiseren voor de carportaansluiting van tenminste 30 mm | aanzienlijk | beperkt | beperkt |
| Niet-Constructieve elementen | | | |
| <i>Gebouwschil</i> | | | |
| Verankering binnenblad aan buitenblad | aanzienlijk | aanzienlijk | hoog-veel |
| Injecteren scheurvorming penant achtergevel | beperkt | laag-weinig | laag-weinig |
| Glasvervanging of voorzetrampen voor glasbreuk | aanzienlijk | aanzienlijk | beperkt |
| Afschoren houten uitbouw achtergevel | aanzienlijk | beperkt | beperkt |
| <i>Toegangen</i> | | | |
| Ondersteunen buitentrap achterzijde | aanzienlijk | beperkt | laag-weinig |
| <i>Inbouw</i> | | | |
| Vervangen plafondplaten systeemplafond | aanzienlijk | beperkt | beperkt |
| Controle/verankeren plafondsysteem | beperkt | beperkt | aanzienlijk |
| Verankeren stellingkasten | laag-weinig | laag-weinig | laag-weinig |
| <i>Installaties</i> | | | |
| Verlichting verankeren | aanzienlijk | beperkt | aanzienlijk |
| Warmte opwekking installatie verankeren | laag-weinig | laag-weinig | laag-weinig |
| Verankering leidingsystemen en koppelingen | aanzienlijk | beperkt | beperkt |
| Transportinstallatie | beperkt | beperkt | beperkt |

Tabel 8: Samenvatting oplossingsrichtingen

| | |
|-------------|-------------|
| hoog-veel | hoog-veel |
| aanzienlijk | aanzienlijk |
| beperkt | beperkt |
| laag-weinig | laag-weinig |

4.2.

Aanbevelingen

Met de conclusies uit dit rapport kan een inschatting worden gemaakt van de weerbaarheid van het gebouw tijdens een aardbeving. Tevens worden voor gebouwonderdelen die niet voldoen aan de gestelde eisen oplossingsrichtingen gegeven.

Voor zover nu bekend wordt in het najaar van 2015 de NPR 9998 uitgegeven. Deze zal dan als norm ook de eisen gaan vastleggen die aan bestaande gebouwen gesteld gaan worden. Deze eisen bepalen bij welk niveau de constructie van een gebouw nog voldoet en bij welk niveau niet meer.

Er zal waarschijnlijk een zogenaamde "afkeurnorm" worden aangeduid, die als minimum eis voor bestaande gebouwen zal gaan gelden. Op dit moment is het nog onzeker op welk veiligheidsniveau deze afkeurnorm gesteld zal gaan worden.

Om een goede afweging voor nadere acties bij de verdere uitwerking van dit betreffende gebouw te kunnen maken is zekerheid over deze normering gewenst. Op basis daarvan kan nader onderzoek meer inzicht geven in de vraag welke maatregelen aan de orde zijn.

4.3.

Nader onderzoek

Voor sommige onderdelen is nu nog te weinig informatie voorhanden om goede conclusies betreffende de aardbevingsbestendigheid te kunnen trekken. In deze paragraaf worden enkele belangrijke punten hiervan aangehaald. Zie ook de detailteksten in de eerdere paragrafen voor meer detailpunten die nader onderzoek vergen.

- Gegevens bestaande fundering.
- Het vaststellen van de grondsamenstelling door het uitvoeren van een nader bodemonderzoek;
- Nadere informatie over de rekenwijze van en de mogelijke schadebeelden bij liquefactie.
- Controle spouwankers.



Bijlagen

Bijlage 1

Checklist constructieve en niet-constructieve elementen

| | | | | |
|---------------|------------------------------------|----------------|-------------|-------------|
| Project | Seismische scan bestaande gebouwen | School Engbert | Werkcode | 13863-SA003 |
| Opdrachtgever | Hanzhogeschool Groningen | | Referentie | rtg |
| Onderwerp | ASCE 41-13 Checklist | | Printdatum | 28-05-15 |
| Versienummer | nr. 2 | | Adviesgroep | SA |

| nr | seismicity | part | item | Compliant (voldoet) | Non Compliant (voldoet niet) | Not Applicable (NVT, komt niet voor) | Unknown (Onbekend) | check | reden gebrek | Impact |
|--|------------|------|------|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-------|--------------|--|
| | | | | V | YN | NVT | O | | | <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="background-color: #ffff00; padding: 2px;">Erg belangrijk</div> <div style="background-color: #ffff99; padding: 2px;">Belangrijk</div> <div style="background-color: #ffff66; padding: 2px;">Minder belangrijk</div> <div style="background-color: #ffff33; padding: 2px;">Niet belangrijk</div> </div> |
| Het beschouwde element is [...] voor de weerbaarheid van het gebouw tegen een aardbevingsbelasting | | | | | | | | | | |

16.0 SPECIFIEKE AANDACHTPUNTEN

16.0b Aandachtpunten volgend uit screening gebouw

| tekst | | | |
|---------|----|--|----------------|
| 16.0b_a | YN | balklaagverankering met het metselwerk | Erg belangrijk |
| 16.0b_b | YN | scheefstaande steppen | Erg belangrijk |
| 16.0b_c | YN | vluchtrap buitenzijde | Belangrijk |

16.17 NIET CONSTRUCTIEVE ELEMENTEN

16.17a GEBOUWSCHIL

| Cladding and Glazing | | | | | |
|----------------------|-----|--|--|--|-------------------|
| 16.17a_a | NVT | LS-MH; PR-MH. CLADDING ANCHORS: Cladding components weighing more than 50 kg/m ² are mechanically anchored to the structure at a spacing equal to or less than the following: for Life Safety in Moderate Seismicity, 2 m; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 1.2 m. (Commentary: Sec. A.7.4.1. Tier 2: Sec. 13.6.1) | | | |
| 16.17a_b | NVT | LS-MH; PR-MH. CLADDING ISOLATION: For steel or concrete moment frame buildings, panel connections are detailed to accommodate a story drift ratio of at least the following: for Life Safety in Moderate Seismicity, 0.01; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 0.02. (Commentary: Sec. A.7.4.3. Tier 2: Section 13.6.1) | | | |
| 16.17a_c | NVT | LS-MH; PR-MH. MULTI-STORY PANELS: For multi-story panels attached at more than one floor level, panel connections are detailed to accommodate a story drift ratio of at least the following: for Life Safety in Moderate Seismicity, 0.01; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 0.02. (Commentary: Sec. A.7.4.4. Tier 2: Sec. 13.6.1) | geen gevelbekleding elementen verankerd over meerdere verdiepingen. | | |
| 16.17a_d | NVT | LS-MH; PR-MH. PANEL CONNECTIONS: Cladding panels are anchored out-of-plane with a minimum number of connections for each wall panel, as follows: for Life Safety in Moderate Seismicity, 2 connections; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 4 connections. (Commentary: Sec. A.7.4.5. Tier 2: Sec. 13.6.1.4) | geen gevelpanelen | | |
| 16.17a_e | NVT | LS-MH; PR-MH. BEARING CONNECTIONS: Where bearing connections are used, there is a minimum of two bearing connections for each cladding panel. (Commentary: Sec. A.7.4.6. Tier 2: Sec. 13.6.1.4) | | | |
| 16.17a_f | NVT | LS-MH; PR-MH. INSERTS: Where concrete cladding components use inserts, the inserts have positive anchorage or are anchored to reinforcing steel. (Commentary: Sec. A.7.4.7. Tier 2: Sec. 13.6.1.4) | kleine panelen voldoende verankerd? Aantal ankers onbekend | | |
| 16.17a_g | NVT | LS-MH; PR-MH. OVERHEAD GLAZING: Glazing panes of any size in curtain walls and individual interior or exterior panes over 1.6 m ² in area are laminated annealed or laminated heat-strengthened glass and are detailed to remain in the frame when cracked. (Commentary: Sec. A.7.4.8. Tier 2: Sec. 13.6.1.5) | | | |
| Masonry Veneer | | LS- | | | |
| 16.17a_h | O | LS-LMH; PR-LMH. TIES: Masonry veneer is connected to the backup with corrosion-resistant ties. There is a minimum of one tie for every 0.25 m ² , and the ties have spacing no greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 900 mm.; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 600 mm. (Commentary: Sec. A.7.5.1. Tier 2: Sec. 13.6.1.2) | Aanwezigheid van ankers is niet bekend. Er is géén destructief onderzoek uitgevoerd. | | Belangrijk |
| 16.17a_i | YN | LS-LMH; PR-LMH. SHELF ANGLES: Masonry veneer is supported by shelf angles or other elements at each floor above the ground floor. (Commentary: Sec. A.7.5.2. Tier 2: Sec. 13.6.1.2) | Steens uitgevoerd metselwerk doorgestapeld en niet gedilateerd per bouwlaag. | | Belangrijk |
| 16.17a_j | O | LS-LMH; PR-LMH. WEAKENED PLANES: Masonry veneer is anchored to the backup adjacent to weakened planes, such as at the locations of flashing. (Commentary: Sec. A.7.5.3. Tier 2: Sec. 13.6.1.2) | Verankering niet bekend. | | Belangrijk |
| 16.17a_k | YN | LS-LMH; PR-LMH. UNREINFORCED MASONRY BACKUP: There is no unreinforced masonry backup. (Commentary: Sec. A.7.7.2. Tier 2: Section 13.6.1.1 and 13.6.1.2) | | | Minder belangrijk |
| 16.17a_l | NVT | LS-MH; PR-MH. STUD TRACKS: For veneer with metal stud backup, stud tracks are fastened to the structure at a spacing equal to or less than 600 mm, on center. (Commentary: Sec. A.7.6.1. Tier 2: Section 13.6.1.1 and 13.6.1.2) | | | |
| 16.17a_m | O | LS-MH; PR-MH. ANCHORAGE: For veneer with concrete block or masonry backup, the backup is positively anchored to the structure at a horizontal spacing equal to or less than 1.2 m along the floors and roof. (Commentary: Sec. A.7.7.1. Tier 2: Section 13.6.1.1 and 13.6.1.2) | Verankering onbekend | | Belangrijk |
| Parapets 16.17a_n | | LS- | | | |
| 16.17a_o | NVT | LS-LMH; PR-LMH. URM PARAPETS OR CORNICES: Laterally unsupported unreinforced masonry parapets or cornices have height-to-thickness ratios no greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 2.5; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 1.5. (Commentary: Sec. A.7.8.1. Tier 2: Sec. 13.6.5) | | | |
| 16.17a_p | nvt | LS-LMH; PR-LMH. CANOPIES: Canopies at building exits are anchored to the structure at a spacing no greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 3 m; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 2 m. (Commentary: Sec. A.7.8.2. Tier 2: Sec. 13.6.6) | | | |
| 16.17a_q | NVT | LS-MH; PR-LMH. CONCRETE PARAPETS: Concrete parapets with height-to-thickness ratios greater than 2.5 have vertical reinforcement. (Commentary: Sec. A.7.8.3. Tier 2: Sec. 13.6.5) | | | |
| 16.17a_r | nvt | LS-MH; PR-LMH. APPENDAGES: Cornices, parapets, signs, and other ornamentation or appendages that extend above the highest point of anchorage to the structure or cantilever from components are reinforced and anchored to the structural system at a spacing equal to or less than 6 ft. This checklist item does not apply to parapets or cornices covered by other checklist items. (Commentary: Sec. A.7.8.4. Tier 2: Sec. 13.6.6) | Verankering van vluchtrap is beperkt. Constructief | | |
| Masonry Chimneys | | LS- | | | |
| 16.17a_s | NVT | LS-LMH; PR-LMH. URM CHIMNEYS: Unreinforced masonry chimneys extend above the roof surface no more than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 3 times the least dimension of the chimney; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 2 times the least dimension of the chimney. (Commentary: Sec. A.7.9.1. Tier 2: 13.6.7) | geen schoorsteen aanwezig | | |
| 16.17a_t | NVT | LS-LMH; PR-LMH. ANCHORAGE: Masonry chimneys are anchored at each floor level, at the topmost ceiling level, and at the roof. (Commentary: Sec. A.7.9.2. Tier 2: 13.6.7) | geen schoorsteen aanwezig | | |

| | | | | |
|---------------|------------------------------------|------------------|-------------|-------------|
| Project | Seismische scan bestaande gebouwen | School Engelbert | Werkcode | 13863-SA003 |
| Opdrachtgever | Hanzhöggeschool Groningen | | Referentie | Rfg |
| Onderwerp | ASCE 41-13 Checklist | | Printdatum | 28-05-19 |
| Versienummer | nr. 2 | | Adviesgroep | SA |

| nr | seismicity | part | item | Compliant (voldoet) | Non Compliant (voldoet niet) | Not Applicable (NVT, komt niet voor) | Unknown (Onbekend) | check | reden gebrek | Impact |
|------------------------------|------------|------|-----------|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------|---|---|-------------------|
| | | | | V | YN | NVT | O | | | |
| 16.17b INBOUW | | | | | | | | | | |
| Partitions | | | | | | | | | | |
| | | | 16.17b_a | YN | O | | | LS- LS-LMH; PR-LMH. UNREINFORCED MASONRY: Unreinforced masonry or hollow-clay tile partitions are braced at a spacing of at most 3 m in Low or Moderate Seismicity, or at most 2 m in High Seismicity. (Commentary: Sec. A.7.1.1, Tier 2: Sec. 13.6.2) | scheidingswanden vermoedelijk niet verankerd wanden zijn dragend | Erg belangrijk |
| | | | 16.17b_b | | O | | | LS-LMH; PR-LMH. HEAVY PARTITIONS SUPPORTED BY CEILINGS: The tops of masonry or hollow-clay tile partitions are not laterally supported by an integrated ceiling system. (Commentary: Sec. A.7.2.1, Tier 2: Sec. 13.6.2) | | Minder belangrijk |
| | | | 16.17b_c | | O | | | LS-MH; PR-MH. DRIFT: Rigid cementitious partitions are detailed to accommodate the following drift ratios: in steel moment frame, concrete moment frame, and wood frame buildings, 0.02; in other buildings, 0.005. (Commentary A.7.1.2 Tier 2: Sec. 13.6.2) | | Minder belangrijk |
| Ceilings | | | | | | | | | | |
| | | | 16.17b_d | | O | | | LS- LS-MH; PR-LMH. SUSPENDED LATH AND PLASTER: Suspended lath and plaster ceilings have attachments that resist seismic forces for every 1,2 m ² of area. (Commentary: Sec. A.7.2.3, Tier 2: Sec. 13.6.4) | geen destructiefonderzoek uitgevoerd. | Belangrijk |
| | | | 16.17b_h | YN | O | | | LS-MH; PR-LMH. SUSPENDED GYPSUM BOARD: Suspended gypsum board ceilings have attachments that resist seismic forces for every 1,2 m ² of area. (Commentary: Sec. A.7.2.3, Tier 2: Sec. 13.6.4) | In het gebouw zijn diverse soorten verlaagde plafondsystemen aanwezig. De HWC platen zijn zwaar. | Belangrijk |
| Contents and Furnishings | | | | | | | | | | |
| | | | 16.17b_n | | NVT | | | LS- LS-MH; PR-MH. INDUSTRIAL STORAGE RACKS: Industrial storage racks or pallet racks more than 4 m high meet the requirements of ANSI/MH 16.1 as modified by ASCE 7 Chapter 15. (Commentary: Sec. A.7.11.1, Tier 2: Sec. 13.8.1) | | |
| 16.17c TOEGANGEN | | | | | | | | | | |
| Stairs | | | | | | | | | | |
| | | | 16.17c_ay | YN | O | | | LS- LS-LMH; PR-LMH. STAIR ENCLOSURES: Hollow-clay tile or unreinforced masonry walls around stair enclosures are restrained out-of-plane and have height-to-thickness ratios not greater than the following: for Life Safety in Low or Moderate Seismicity, 15-to-1; for Life Safety in High Seismicity and for Position Retention in any seismicity, 12-to-1. (Commentary: Sec. A.7.10.1, Tier 2: Sec. 13.6.2 and 13.6.8) | | Belangrijk |
| | | | 16.17c_b | | O | | | LS-LMH; PR-LMH. STAIR DETAILS: In moment frame structures, the connection between the stairs and the structure does not rely on shallow anchors in concrete. Alternatively, the stair details are capable of accommodating the drift calculated using the Quick Check procedure of Section 4.5.3.1 without including any lateral stiffness contribution from the stairs. (Commentary: Sec. A.7.10.2, Tier 2: 13.6.8) | | Belangrijk |
| 16.17d INSTALLATIES | | | | | | | | | | |
| Life Safety Systems | | | | | | | | | | |
| | | | 16.17d_a | | NVT | | | LS- LS-LMH; PR-LMH. FIRE SUPPRESSION PIPING: Fire suppression piping is anchored and braced in accordance with NFPA-13. (Commentary: Sec. A.7.13.1, Tier 2: Sec. 13.7.4) | | |
| | | | 16.17d_b | | NVT | | | LS-LMH; PR-LMH. FLEXIBLE COUPLINGS: Fire suppression piping has flexible couplings in accordance with NFPA-13. (Commentary: Sec. A.7.13.2, Tier 2: Sec. 13.7.4) | | |
| | | | 16.17d_c | | NVT | | | LS-LMH; PR-LMH. EMERGENCY POWER: Equipment used to power or control life safety systems is anchored or braced. (Commentary: Sec. A.7.12.1, Tier 2: Sec. 13.7.7) | | |
| | | | 16.17d_d | | NVT | | | LS-LMH; PR-LMH. STAIR AND SMOKE DUCTS: Stair pressurization and smoke control ducts are braced and have flexible connections at seismic joints. (Commentary: Sec. A.7.14.1, Tier 2: Sec. 13.7.6) | | |
| | | | 16.17d_e | | NVT | | | LS-MH; PR-MH. SPRINKLER CEILING CLEARANCE: Penetrations through panelized ceilings for fire suppression devices provide clearances in accordance with NFPA-13. (Commentary: Sec. A.7.13.3, Tier 2: Sec. 13.7.4) | | |
| Hazardous Materials | | | | | | | | | | |
| | | | 16.17d_g | | NVT | | | LS- LS-LMH; PR-LMH. HAZARDOUS MATERIAL EQUIPMENT: Equipment mounted on vibration isolators and containing hazardous material is equipped with restraints or snubbers. (Commentary: Sec. A.7.12.2, Tier 2: 13.7.1) | | |
| | | | 16.17d_h | | NVT | | | LS-LMH; PR-LMH. HAZARDOUS MATERIAL STORAGE: Breakable containers that hold hazardous material, including gas cylinders, are restrained by latched doors, shelf lips, wires, or other methods. (Commentary: Sec. A.7.15.1, Tier 2: Sec. 13.8.4) | | |
| | | | 16.17d_i | | NVT | | | LS-MH; PR-MH. HAZARDOUS MATERIAL DISTRIBUTION: Piping or ductwork conveying hazardous materials is braced or otherwise protected from damage that would allow hazardous material release. (Commentary: Sec. A.7.13.4, Tier 2: Sec. 13.7.3 and 13.7.5) | | |
| | | | 16.17d_j | | NVT | | | LS-MH; PR-MH. SHUT-OFF VALVES: Piping containing hazardous material, including natural gas, has shut-off valves or other devices to limit spills or leaks. (Commentary: Sec. A.7.13.3, Tier 2: Sec. 13.7.3 and 13.7.5) | | |
| | | | 16.17d_k | | NVT | | | LS-LMH; PR-LMH. FLEXIBLE COUPLINGS: Hazardous material ductwork and piping, including natural gas piping, has flexible couplings. (Commentary: Sec. A.7.15.4, Tier 2: Sec. 13.7.3 and 13.7.5) | | |
| | | | 16.17d_l | | NVT | | | LS-MH; PR-MH. PIPING OR DUCTS CROSSING SEISMIC JOINTS: Piping or ductwork carrying hazardous material that either crosses seismic joints or isolation planes or is connected to independent structures has couplings or other details to accommodate the relative seismic displacements. (Commentary: Sec. A.7.13.6, Tier 2: Sec. 13.7.3, 13.7.5, and 13.7.6) | | |
| Light Fixtures | | | | | | | | | | |
| | | | 16.17d_m | YN | | | | LS- LS-MH; PR-MH. INDEPENDENT SUPPORT: Light fixtures that weigh more per square foot than the ceiling they penetrate are supported independent of the grid ceiling suspension system by a minimum of two wires at diagonally opposite corners of each fixture. (Commentary: Sec. A.7.3.2, Tier 2: Sec. 13.6.4 and 13.7.9) | Verschillende armatuursystemen aanwezig. | Belangrijk |
| 16.1 DRAAGCONSTRUCTIE | | | | | | | | | | |
| 16.1 BASIC CHECKLIST | | | | | | | | | | |
| Very Low Seismicity | | | | | | | | | | |
| Structural Components | | | | | | | | | | |
| | | | 16.1_a | | V | | | LOAD PATH: The structure shall contain a complete, well-defined load path, including structural elements and connections, that serves to transfer the inertial forces associated with the mass of all elements of the building to the foundation. (Commentary: Sec. A.2.1.1, Tier 2: Sec. 5.4.1.1) | De de verticale krachtsafdracht van de hoofdconstructie is duidelijk gedefinieerd; er zijn geen verstoring horizontale sprongen aanwezig. | Erg belangrijk |
| | | | 16.1_b | | YN | | | 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 metselwerkwallen zijn onvoldoende verankerd met de houten vloerconstructie op de 1e verdiepingvloer | Erg belangrijk |

| | | | | |
|---------------|------------------------------------|------------------|-------------|-------------|
| Project | Seismische scan bestaande gebouwen | School Engelbert | Werkcode | 13863-SA003 |
| Opdrachtgever | Hanzhogeschool Groningen | | Referentie | Rfg |
| Onderwerp | ASCE 41-13 Checklist | | Printdatum | 28-05-18 |
| Versienummer | nr. 2 | | Adviesgroep | SA |

| nr | seismicity | part | item | Compliant (voldoet) | Non Compliant (voldoet niet) | Not Applicable (NVT, komt niet voor) | Unknown (Onbekend) | check | reden gebrek | Impact |
|----|------------|------|------|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-------|--------------|--------|
| | | | | V | VN | NVT | O | | | |

16.1.2LS LIFE SAFETY BASIC CONFIGURATION CHECKLIST

| Low Seismicity | | | | | | | | | | |
|---|-----|--|--|--|--|--|--|---|--|-------------------|
| Building System | | | | | | | | | | |
| General | | | | | | | | | | |
| 16.1.2LS_a | V | | LOAD PATH: The structure shall contain a complete, well defined load path, including structural elements and connections, that serves to transfer the inertial forces associated with the mass of all elements of the building to the foundation. (Commentary: Sec. A.2.1.1. Tier 2: Sec. 5.4.1.1) | | | | | De verticale krachtafzacht van de hoofdtraagconstructie is duidelijk gedefinieerd; er zijn geen verstoringe horizontale sprongen aanwezig. | | Erg belangrijk |
| 16.1.2LS_b | VN | | ADJACENT BUILDINGS: The clear distance between the building being evaluated and any adjacent building is greater than 4% of the height of the shorter building. This statement shall not apply for the following building types: W1, W1a, and W2. (Commentary: Sec. A.2.1.2. Tier 2: Sec. 5.4.1.2) | | | | | Om "aanstoten" te voorkomen moet een minimale tussenuimte van circa 30 mm (NC) worden aangehouden ($=\sqrt{(2l^2+21^2)}$) uitgaande van een maximale seismische vervorming behorend bij $ag_d = 0.39g$ en de NEN EN 1998-1: Artikel 4.4.2.7). Dit geldt voor de aansluitende carport, die de zijgevel aanstoot. | | Belangrijk |
| 16.1.2LS_c | V | | MEZZANINES: Interior mezzanine levels are braced independently from the main structure or are anchored to the seismic-force-resisting elements of the main structure. (Commentary: Sec. A.2.1.3. Tier 2: Sec. 5.4.1.3) | | | | | De entresol in de klaslokalen zijn verankerd aan de metselwerk buitenwanden | | Belangrijk |
| Building Configuration | | | | | | | | | | |
| 16.1.2LS_d | VN | | WEAK STORY: The sum of the shear strengths of the seismic-force-resisting system in any story in each direction is not less than 80% of the strength in the adjacent story above. (Commentary: Sec. A2.2.2. Tier 2: Sec. 5.4.2.1) | | | | | Er is een lager dak/vloer niveau aanwezig in het tussengebied. | | Belangrijk |
| 16.1.2LS_e | V | | SOFT STORY: The stiffness of the seismic-force-resisting system in any story is not less than 70% of the average seismic-force-resisting system stiffness of the three stories above. (Commentary: Sec. A.2.2.3. Tier 2: Sec. 5.4.2.2) | | | | | Er is slechts 1 verdiepingvloer aanwezig, dus hieraan wordt voldaan | | Minder belangrijk |
| 16.1.2LS_f | V | | VERTICAL IRREGULARITIES: All vertical elements in the seismic-force-resisting system are continuous to the foundation. (Commentary: Sec. A.2.2.4. Tier 2: Sec. 5.4.2.3) | | | | | Alle metselwerk stabiliteitswanden lopen ononderbroken door tot aan de fundering. | | Belangrijk |
| 16.1.2LS_g | V | | GEOMETRY: There are no changes in the net horizontal dimension of the seismic-force-resisting system of more than 30% in a story relative to adjacent stories, excluding one-story penthouses and mezzanines. (Commentary: Sec. A.2.2.5. Tier 2: Sec. 5.4.2.4) | | | | | De afmetingen van de plattegrond wijzigt niet over de hoogte van het metselwerk. Daarmee is er nauwelijks variatie in de gewichtsverdeling per vloer over de hoogte. | | Belangrijk |
| 16.1.2LS_h | V | | MASS: There is no change in effective mass more than 50% from one story to the next. Light roofs, penthouses, and mezzanines need not be considered. (Commentary: Sec. A.2.2.6. Tier 2: Sec. 5.4.2.5) | | | | | De verdeling van de massa over de hoogte verandert nauwelijks | | Belangrijk |
| 16.1.2LS_i | V | | TORSION: The estimated distance between the story center of mass and the story center of rigidity is less than 20% of the building width in either plan dimension. (Commentary: Sec. A.2.2.7. Tier 2: Sec. 5.4.2.6) | | | | | Aangezien de stabiliteitswanden en de massa van het gebouw min of meer gelijkmatig verdeeld is over de plattegrond, is de inschatting dat deze 2 waarden minder dan (20% van 15,0 m) = 3,0 m uit elkaar liggen. | | Belangrijk |
| Moderate Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low Seismicity. | | | | | | | | | | |
| Geologic Site Hazards | | | | | | | | | | |
| 16.1.2LS_j | O | | LIQUEFACTION: Liquefaction-susceptible, saturated, loose granular soils that could jeopardize the building's seismic performance shall not exist in the foundation soils at depths within 15 m under the building. (Commentary: Sec. A.6.1.1. Tier 2: 5.4.3.1) | | | | | De samenstelling van de grondlagen is tot op heden nog onbekend | | Belangrijk |
| 16.1.2LS_k | NVT | | SLOPE FAILURE: The building site is sufficiently remote from potential earthquake-induced slope failures or rockfalls to be unaffected by such failures or is capable of accommodating any predicted movements without failure. (Commentary: Sec. A.6.1.2. Tier 2: 5.4.3.1) | | | | | | | |
| 16.1.2LS_l | NVT | | SURFACE FAULT RUPTURE: Surface fault rupture and surface displacement at the building site are not anticipated. (Commentary: Sec. A.6.1.3. Tier 2: 5.4.3.1) | | | | | | | |
| High Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low and Moderate Seismicity. | | | | | | | | | | |
| Foundation Configuration | | | | | | | | | | |
| 16.1.2LS_m | VN | | OVERTURNING: The ratio of the least horizontal dimension of the seismic-force-resisting system at the foundation level to the building height (base/height) is greater than 0.6Sa. (Commentary: Sec. A.6.2.1. Tier 2: Sec. 5.4.3.3) | | | | | voldoet niet volgens de berekening | | Belangrijk |
| 16.1.2LS_n | VN | | TIES BETWEEN FOUNDATION ELEMENTS: The foundation has ties adequate to resist seismic forces where footings, piles, and piers are not restrained by beams, slabs, or soils classified as Site Class A, B, or C. (Commentary: Sec. A.6.2.2. Tier 2: Sec. 5.4.3.4) | | | | | De stiepen onder lokaal B ter ondersteuning van de begane grondvloer hebben onvoldoende samenhang om horizontale verplaatsingen mee te kunnen maken. | | Erg belangrijk |

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

| 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 | | Erg belangrijk |
| 16.16LS_b | VN | | SHEAR STRESS CHECK: The shear stress in the unreinforced masonry shear walls, calculated using the Quick Check procedure of Section 4.5.3.3, is less than 0.2 N/mm ² for clay units and 0.5 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 groter dan 0,08 N/mm2 conform de Eurocode. | | Erg belangrijk |
| 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 | | Erg belangrijk |
| 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 strijkbealen zijn nog niet verankerd aan de kopgevels. De uitvoering hiervan dient zo te zijn dat er geen buiging of trek loodrecht in de strijkbealen ontstaat. | | 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 | | Erg belangrijk |
| 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 onderslagbealen op de begane grondvloer dient verankerd te worden d.m.v. stalen platen | | Erg belangrijk |

| | | | | |
|---------------|------------------------------------|----------------|-------------|-------------|
| Project | Seismische scan bestaande gebouwen | School Engbert | Werkcode | 13863-SA003 |
| Opdrachtgever | Hanzehogeschool Groningen | | Referentie | Rfg |
| Onderwerp | ASCE 41-13 Checklist | | Printdatum | 28-09-15 |
| Versienummer | nr. 2 | | Adviesgroep | SA |

| nr | seismicity | part | item | Compliant (voldoet) | Non Compliant (voldoet niet) | Not Applicable (NVT, komt niet voor) | Unknown (Onbekend) | check | reden gebrek | impact |
|----|------------|------|------|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-------|--------------|---|
| | | | | V | VN | NVT | O | | | <div style="background-color: #90EE90; width: 10px; height: 10px; display: inline-block;"></div> <div style="background-color: #FFD700; width: 10px; height: 10px; display: inline-block;"></div> <div style="background-color: #FFA500; width: 10px; height: 10px; display: inline-block;"></div> <div style="background-color: #FF0000; width: 10px; height: 10px; display: inline-block;"></div> |

High Seismicity: Complete the Following Items in Addition to the Items for Low and Moderate Seismicity.

| nr | seismicity | part | item | Compliant (voldoet) | Non Compliant (voldoet niet) | Not Applicable (NVT, komt niet voor) | Unknown (Onbekend) | check | reden gebrek | impact |
|---------------------------------------|------------|------|------|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------|---|--|-------------------|
| Seismic-Force-Resisting System | | | | | | | | | | |
| 16.16L_S_g | | | | V | | | | PROPORTIONS: The height-to-thickness ratio of the shear walls at each story is less than the following (Commentary: Sec. A.3.2.5.2, Tier 2: Sec. 5.5.3.1.2): Top story of multi-story building: 9 First story of multi-story building: 15 All other conditions: 13 | De slankheid van een steens metselwerk wanden is $4200 / 210 = 20$. Dit is minder dan 13 en zou niet voldoen. Bijna alle wanden daerentegen worden in de zwakke richting gesteund door wanden loodrecht op de beschouwde richting. Hierdoor wordt de kans op 'uitknikken uit het vlak' sterk gereduceerd. | Belangrijk |
| 16.16L_S_h | | | | V | | | | MASONRY LAYUP: Filled collar joints of multi-wythe masonry walls have negligible voids. (Commentary: Sec. A.3.2.5.3, Tier 2: Sec. 5.5.3.4.1) | Uit de inspectie is niet waargenomen dat het voegwerk ondeugdelijk is. Hierdoor is het niet aannemelijk dat er kleine ingelsten ruimten tussen de metselwerklagen aanwezig zijn. | Minder belangrijk |
| Diaphragms (Stiff or Flexible) | | | | | | | | | | |
| 16.16L_S_j | | | | V | | | | OPENINGS AT SHEAR WALLS: Diaphragm openings immediately adjacent to the shear walls are less than 25% of the wall length. (Commentary: Sec. A.4.1.4, Tier 2: Sec. 5.6.1.3) | De vloersparing voor de trap is in het midden van het gebouw gestuurd, waardoor de te verdiepingvloer sparingsvrij is i.p.v. de aansluiting op de metselwerk wanden. | Belangrijk |
| 16.16L_S_k | | | | V | | | | OPENINGS AT EXTERIOR MASONRY SHEAR WALLS: Diaphragm openings immediately adjacent to exterior masonry shear walls are not greater than 2.5 m long. (Commentary: Sec. A.4.1.6, Tier 2: Sec. 5.6.1.3) | Zie opmerking bovenstaand art. nr. | Belangrijk |
| Flexible Diaphragms | | | | | | | | | | |
| 16.16L_S_l | | | | VN | | | | CROSS TIES: There are continuous cross ties between diaphragm chords. (Commentary: Sec. A.4.1.2, Tier 2: Sec. 5.6.1.2) | De houten balklaag dient doorlopend te zijn zodat de stabiliteitswanden aan beide uiteinden gesteund worden tegen verplaatsing uit het vlak. Of de balken dienen t.p.v. het midden steunpunt d.m.v. ankers doorgeloopt te worden | Erg belangrijk |
| 16.16L_S_m | | | | VN | | | | STRAIGHT SHEATHING: All straight sheathed diaphragms have aspect ratios less than 2-to-1 in the direction being considered. (Commentary: Sec. A.4.2.1, Tier 2: Sec. 5.6.2) | De lente / breezle verhouding van de horizontale schijf is ca. 1:1, dit is kleiner dan de vereiste 2:1, maar de oprensbare schuifstijfheid is onvoldoende door de geschatte geringe vernageling van de houten delen aan de balklaag | Belangrijk |
| 16.16L_S_n | | | | NVT | | | | SPANS: All wood diaphragms with spans greater than 8 m consist of wood structural panels or diagonal sheathing. (Commentary: Sec. A.4.2.2, Tier 2: Sec. 5.6.2) | Er zijn geen houten constructies aanwezig met een overspanning groter dan 8 m. | |
| 16.16L_S_o | | | | NVT | | | | DIAGONALLY SHEATHED AND UNBLOCKED DIAPHRAGMS: All diagonally sheathed or unblocked wood structural panel diaphragms have horizontal spans less than 13 m and aspect ratios less than or equal to 4-to-1. (Commentary: Sec. A.4.2.3, Tier 2: Sec. 5.6.2) | | |
| 16.16L_S_p | | | | NVT | | | | OTHER DIAPHRAGMS: The diaphragm does not consist of a system other than wood, metal deck, concrete, or horizontal bracing. (Commentary: Sec. A.4.7.1, Tier 2: Sec. 5.6.5) | Er wordt alleen schijfwerking ontteent aan een element dat bestaat uit metselwerk of hout | |
| Connections | | | | | | | | | | |
| 16.16L_S_q | | | | V | | | | STIFFNESS OF WALL ANCHORS: Anchors of concrete or masonry walls to wood structural elements are installed taut and are stiff enough to limit the relative movement between the wall and the diaphragm to no greater than 3 mm, before engagement of the anchors. (Commentary: Sec. A.5.1.4, Tier 2: Sec. 5.7.1.2) | De aanwezige ankers zijn strak aangebracht, met een minimum aan speling voordat deze bij belasting op spanning komen. | Belangrijk |
| 16.16L_S_r | | | | VN | | | | BEAM, GIRDER, AND TRUSS SUPPORTS: Beams, girders, and trusses supported by unreinforced masonry walls or pilasters have independent secondary columns for support of vertical loads. (Commentary: Sec. A.5.4.5, Tier 2: Sec. 5.7.4.4) | Er is geen 2e draagweg aanwezig voor houten- en stalen liggers opgelegd op het metselwerk | Belangrijk |



Bijlage 2

Constructieve berekening

- Gewichtsberekening
- Analyse x-richting
- Analyse y-richting
- Toetsing afschuifcapaciteit

| | | | | |
|-------------|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| Project | : Seismische scan bestaande gebouwen | X/Y-richting | Projectcode | 13663-SA003 |
| Gebouw | : School Engelbert | | Referentie | rtg |
| Adviesgroep | : SA | versie 3.4 | Print date | 29-mei-15 |

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Verdiepingen

| Niveau | hoogte tov fundering [m] | TOTAAL [kN] | seismische belasting [kN] | seismische belasting, variabel [kN] |
|----------|--------------------------|-------------|---------------------------|-------------------------------------|
| dak | 5,00 | 692 | 692 | 0 |
| verd.1 | 5,00 | 303 | 209 | 94 |
| penanten | 0-5 | 990 | 990 | 0 |
| b.g.g. | 2,00 | 797 | 754 | 44 |

Belastingen

| Niveau | | G_{eig} [kN/m ²] | G_{perm} [kN/m ²] | ΣG_{perm} [kN/m ²] | opgelegde belasting Q [kN/m ²] | ϕ | Combinatie coefficient ψ_2 | Seismische combinatie coefficient ψ_{Ei} | x aantal | lengte [m] | σ breedte [m] | oppervlak [m ²] | seismische belasting, permanent [kN] | seismische belasting, variabel [kN] |
|----------|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|--|--------|---------------------------------|---|----------|------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| dak | Permanent | 0,50 | 0,20 | 0,7 | | | | 1,0 | 1,5 | 29,0 | 7,2 | 313 | 219 | |
| | kopgevels | 6,00 | | 6,0 | | | | 1,0 | 4 | 7,2 | 1,8 | 52 | 311 | |
| | lateien | 6,00 | | 6,0 | | | | 1,0 | 7 | 5,5 | 0,6 | 23 | 139 | |
| | Categorie H, daken | | | 4200+P | 0,5 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 1,5 | 29,0 | 7,2 | 313 | | 0 |
| | Sub | | | | | | | | | | | 669 | | 0 |
| dak | Permanent | 0,50 | | 0,5 | | | | 1,0 | 1 | 15,5 | 3,0 | 47 | 23 | |
| | Categorie H, daken | | | 4200+P | 0,5 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 1 | 15,5 | 3,0 | 47 | | 0 |
| | Sub | | | | | | | | | | | 23 | | 0 |
| verd. 1 | Permanent | 0,50 | 0,50 | 1,0 | | | | 1,0 | 1 | 29,0 | 7,2 | 209 | 209 | |
| | Categorie B, kantoorruimtes | | | 4200+P | 2,5 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 1 | 29,0 | 7,2 | 209 | | 94 |
| | Sub | | | | | | | | | | | 209 | | 94 |
| penanten | Permanent | 20,00 | | 20,0 | | | | 1,0 | 5 | 9,9 | 1,0 | 50 | 990 | |
| | | | | | | | | | | | | | 990 | |
| b.g.g. | Permanent | 2,50 | 0,50 | 3,0 | | | | 1,0 | 1 | 13,5 | 7,2 | 97 | 292 | |
| | borstwering | 6,00 | | 6,0 | | | | 1,0 | 7 | 5,5 | 2,0 | 77 | 462 | |
| | Categorie B, kantoorruimtes | | | 900+P | 2,5 | 0,6 | 0,3 | 0,2 | 1 | 13,5 | 7,2 | 97 | | 44 |
| | Sub | | | | | | | | | | | | 754 | 44 |
| | Totaal | | | | | | | | | | | 2.645 | | 138 |

| | | | | |
|-------------|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| Project | : Seismische scan bestaande gebouwen | X/Y-richting | Projectcode | 13663-SA003 |
| Gebouw | : School Engelbert | | Referentie | rtg |
| Adviesgroep | : SA | versie 3.4 | Print date | 29-mei-15 |

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Zijdelingse belastingmethode (x-richting)

Representatieve gedragsfactor
 Regelmaat in verticale doorsnede
 Gedragsfactor
 Type stabiliteitstelsysteem
 Gebouwhoogte
 Verdiepingen
 Wanden
 NEN-EN 1998-1 sec. 4.3.3.2.2 (4)

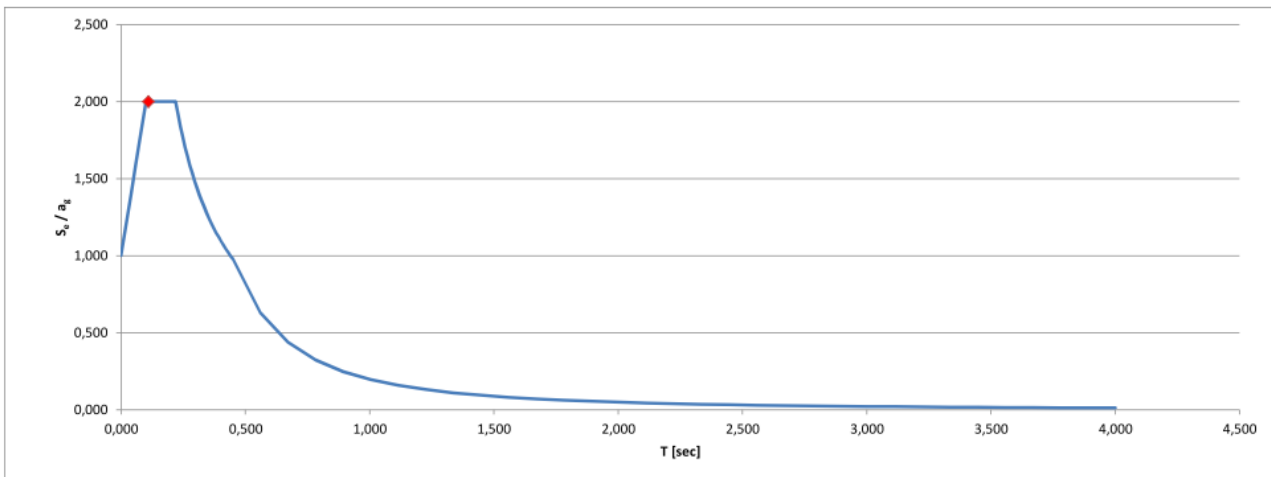
1,5
 ja NPR 9998 (4.2.3.3)
 q= 1,50
 Beton / metselwerk stabiliteitssystemen NEN-EN 1998-1 (4.3.3.2 (1) t/m (4))

| wand | l_w [m] | b_w [m] | # | A_w [m ²] | A_c [m ²] | $(l_w / H) \leq 0,9$ | |
|----------|-----------|-----------|---|-------------------------|-------------------------|----------------------|------|
| A | 1,04 | 0,31 | 3 | 1,0 | 0,2 | ✓ | 0,21 |
| B | 1,80 | 0,31 | 1 | 0,6 | 0,2 | ✓ | 0,36 |
| E | 4,30 | 0,21 | 2 | 1,8 | 2,0 | ✓ | 0,86 |
| F | 1,70 | 0,21 | 1 | 0,4 | 0,1 | ✓ | 0,34 |
| G | 4,40 | 0,21 | 1 | 0,9 | 1,1 | ✓ | 0,88 |
| I | 4,4 | 0,31 | 1 | 1,4 | 1,6 | ✓ | 0,88 |
| Σ | 29,6 | - | 9 | 6,0 | 5,1 | - | - |

C_i 0,033

| | T_1 | $S_d(T_1)/a_{gd}$ | $* a_{gd} =$ | $S_d(T_1)$ | $* \lambda *$ | % | = F_{bk} |
|------------------|----------|-------------------|--------------|------------|---------------|-------|------------|
| Trillingstijd | 0,11 sec | 2,000 | * 0,39 = | 0,784 g * | 1,00 | 100 | 2.181 kN |
| Base Shear Force | | | | | | SRSS: | 2.181 kN |

Factoren
 Tweede-orde-effecten 1,00 NPR 9998 (4.4.2.2)
 Torsie-effecten 1,30 NPR 9998 (4.3.3.2.4)
 Rekenwaarde maximale dwarskracht 2.840 kN



| | | | | |
|-------------|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| Project | : Seismische scan bestaande gebouwen | X/Y-richting | Projectcode | 13663-SA003 |
| Gebouw | : School Engelbert | | Referentie | rtg |
| Adviesgroep | : SA | versie 3.4 | Print date | 29-mei-15 |

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Spectrale modale responsieberekening (x-richting)

Representatieve gedragsfactor
Regelmaat in verticale doorsnede
Gedragsfactor

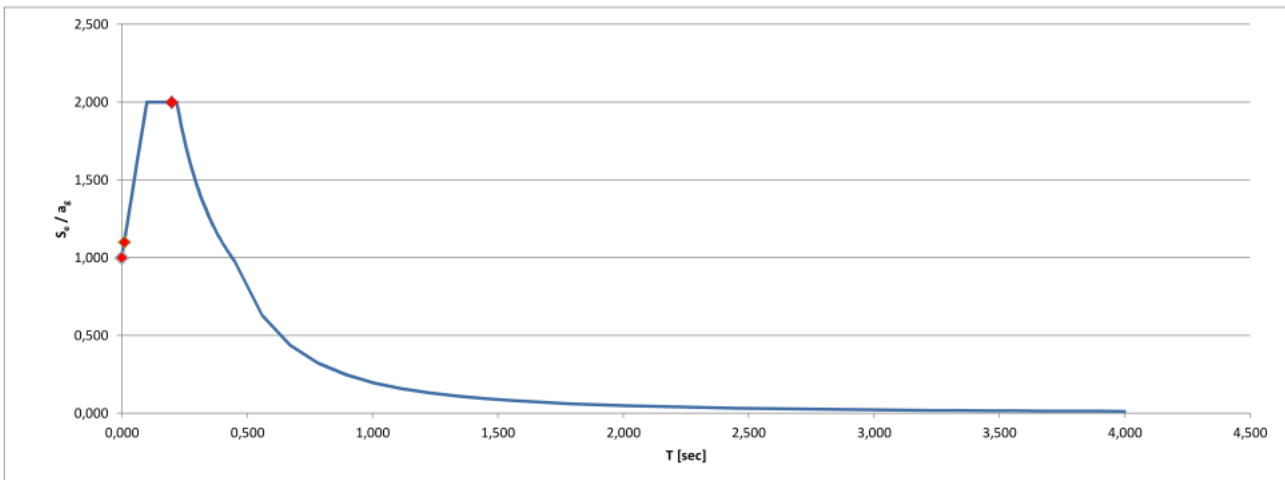
1,5
ja
q= 1,50
NPR 9998 (4.2.3.3)

| | | | $S_d(T_i)/a_{gd}$ | * a_{gd} = | $S_d(T_i)$ | * % | = F_{bk} | | |
|------------------|------------|----------|-------------------|--------------|------------|------|------------|-------|----|
| Trillingstijd | $T_1 =$ | 0,20 sec | 2,000 | * 0,39 = | 0,784 g * | 83,1 | = | 1.813 | kN |
| | $T_2 =$ | 0,01 sec | 1,100 | * 0,39 = | 0,431 g * | 15,2 | = | 182 | kN |
| | $T_3 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 | kN |
| | $T_4 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 | kN |
| | $T_5 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 | kN |
| | $T_6 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 | kN |
| | $T_7 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 | kN |
| | $T_8 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 | kN |
| | $T_9 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 | kN |
| | $T_{10} =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 | kN |
| Base Shear Force | | | | | | | SRSS: | 1.822 | kN |

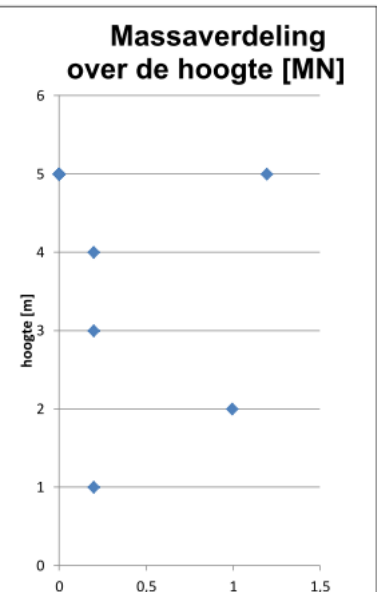
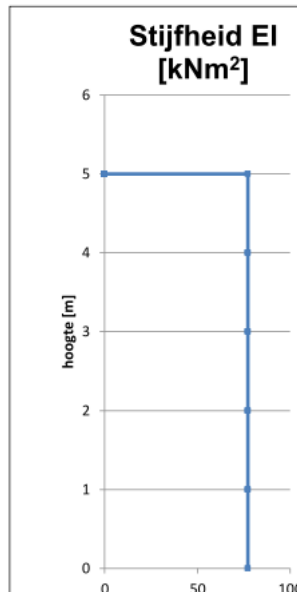
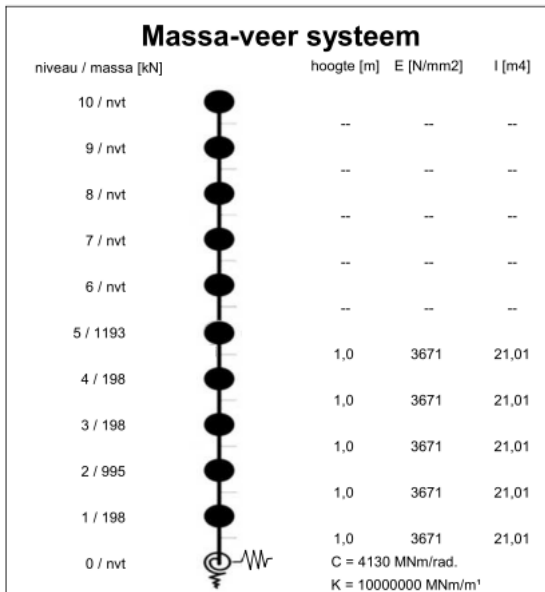
Factoren

Tweede-orde-effecten 1,00 NPR 9998 (4.4.2.2)
Torsie-effecten 1,30 NPR 9998 (4.3.3.2.4)

Rekenwaarde maximale dwarskracht 2.370 kN



Berekening zie volgende 3 bladzijden.

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Invoergegevens voor de bepaling van het ontwerp respons spectrum (DRS):

Het rekenmodel van het gebouw representeert op een vereenvoudigde manier de stijfheids- en massaverdeling over de gebouwhoogte zodat alle significante vervormings-eigenschappen en traagheidskrachten bij de beschouwde seismische belasting goed in rekening worden gebracht. Voor deze niet-lineaire berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De bouwconstructie is geschematiseerd tot een enkel horizontaal belasting afdragend systeem;
- De massa's van elke vloer worden geconcentreerd in het zwaartepunt;
- Eventuele onregelmatigheid in plattegrond of aan de eigenschappen worden voor deze seismische scan buiten beschouwing gelaten;
- De elastische buig- en afschuif stijfheidseigenschappen van elementen uit beton en metselwerk worden gelijk genomen aan de helft van de corresponderende stijfheid van de ongescheurde elementen.

Gevolgklasse: CC2 $a_{g,ref}: 0,28 \text{ [m/s}^2\text{]}$
 Belangklasse: III belangrijkheidsfactorfactor: $\gamma_1: 1,40 \text{ [-]}$
 PGA (Peak Ground Acceleration) grenstoestand NC: $a_{g,ref} \cdot \gamma_1: 0,39 \text{ g [m/s}^2\text{]}$

reductiefactor : $v: 0,40 \text{ [-]}$
 PGA grenstoestand DL: $a_{g,ref} \cdot \gamma_1 \cdot v: 0,16 \text{ g [m/s}^2\text{]}$

Resultaten dynamische berekening:

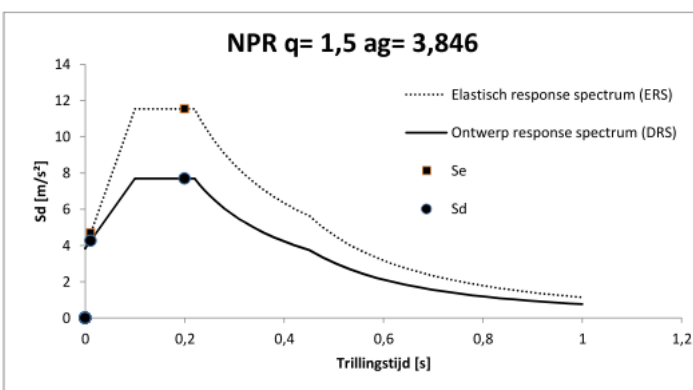
Aantal modeshapes (berekend): 2
 Aantal modeshapes (benodigd): 2

| Trillingsvorm | T (s) | fe [hz] | Massa [ton] | % | Cum % | Sd [m/s ²] | Se [m/s ²] |
|---------------|-------|---------|-------------|-------|-------|------------------------|------------------------|
| 1 | 0,200 | 4,99 | 231 | 83,1% | 83,1% | 7,69 | 11,54 |
| 2 | 0,011 | 89,27 | 42 | 15,2% | 98,3% | 4,28 | 4,71 |
| 3 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 6 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 7 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 8 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 9 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 10 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Dynamische berekening:

Gegeven de invoer worden aan de hand van de leer van de dynamica de eigenfrequenties, trillingsvormen, meewerkende massa en de cumulatieve meewerkende massa berekend. Deze data is benodigd voor de verdere berekening van de gebouw response.

Ductiele constructieve systemen zijn in staat om seismische belastingen op te nemen in het niet-lineaire gebied. In het algemeen is het toelaatbaar om bij het ontwerp of de verificatie via een equivalente elastische berekening een lagere belasting aan te houden dan de belasting overeen- komend met een volledige lineaire elastische respons. In NEN-EN 1998-1 wordt dit praktisch vormgegeven via een elastische berekening gebaseerd op een respons spectrum dat gereduceerd is ten opzichte van het elastische spectrum. Dit gereduceerde spectrum wordt in de


Ontwerp respons spectrum (DRS):

Spectrum voor de grenstoestand NC (Near Collapse). De constructie is zwaar beschadigd met lage reststerkte waarbij verticale elementen nog juist in staat zijn om verticale belastingen af te dragen. Het merendeel van de niet-constructieve onderdelen is bezwaken. Grote permanente vervormingen zijn aanwezig. De sterkte van de constructie is zodanig dat voortschrijdende instorting niet plaatsvindt, maar waarschijnlijk zal een volgende aardbeving of andere belasting, ongeacht de zwaarte daarvan, leiden tot instorting.

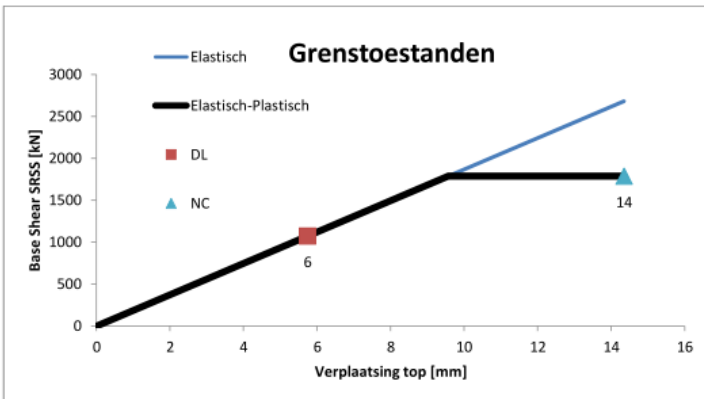
De constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand NC.

Elastisch respons spectrum (ERS):

Spectrum voor de grenstoestand NC met q-factor = 1,0. Zie verder "Grenstostanden".

| | | | | | |
|-------------|--------------------------------------|------------------|------------|-------------|-------------|
| Project | : Seismische scan bestaande gebouwen | School Engelbert | X-richting | Projectcode | 13663-SAXXX |
| Gebouw | : Hanzehogeschool Groningen | | | Referentie | con/bwk |
| Adviesgroep | : SA | Versie: 1.6b | | Print date | 29-mei-15 |

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

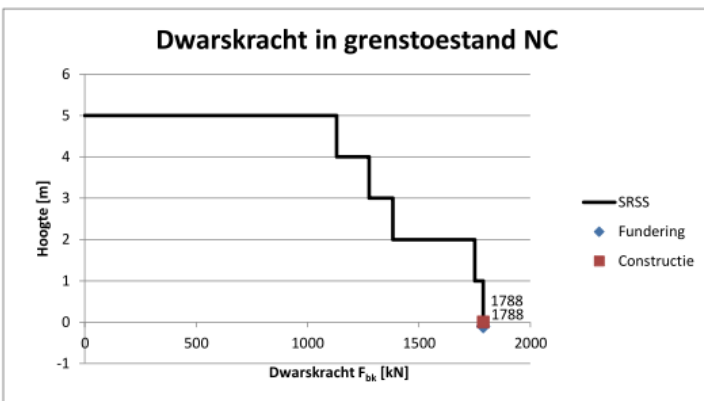


Grenstoestanden:

Grenstoestand **NC** (Near Collapse): zie hierboven.

Grenstoestand **DL** (Damage Limitation): De constructie is alleen licht beschadigd waarbij constructieve elementen niet significant zijn vervormd en hun sterkte- en stijfheids-eigenschappen hebben behouden. Niet dragende elementen mogen verspreid voorkomende scheuren vertonen die economisch gezien eenvoudig kunnen worden gerepareerd. Permanente vervormingen zijn verwaarloosbaar.

De niet constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand **DL** volgens NEN-EN 1998-1 4.4.3.2.



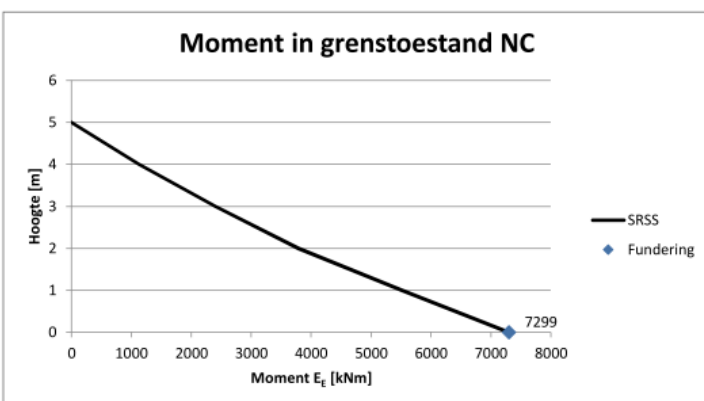
Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de dwarskracht verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS". De algemene formule uit de NPR 9998 (4.16) luidt:

$$E_{Ek} = \sqrt{\sum (E_{Ek})^2}$$

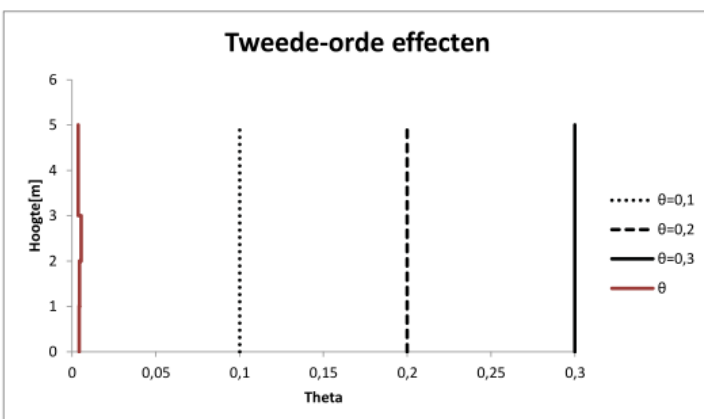
E_{Ek} is de waarde van dit seismische belastingeffect ten gevolge van trilvorm k .

Alle trilvormen die significant bijdragen aan de globale respons worden in rekening gebracht. De totale effectieve geactiveerde massa m_k , behorende bij trilvorm k , is zodanig bepaald dat de totale dwarskracht ter plaatse van de fundering F_{bk} werkend in de richting van de seismische belasting, kan worden geformuleerd als $F_{bk} = S_d(T_k) m_k$. In de grafiek is de hoogste waarde van F_{bk} op funderings- niveau de dwarskracht op de paalfundering en de lagere waarde de dwarskracht in de constructie op de fundering.



Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de buigende momenten verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS", zie ook de grafiek "Dwarskracht in grenstoestand NC".



Tweede orde effecten (NPR 9998 4.4.2.2):

De gevoeligheid voor de relatieve verplaatsing tussen verdiepingen wordt uitgedrukt met de coëfficiënt θ . Tweede orde effecten ($P-\Delta$ effecten) hoeven niet in rekening te worden gebracht indien voor alle verdiepingen wordt voldaan aan de voorwaarde $\theta < 0,10$.

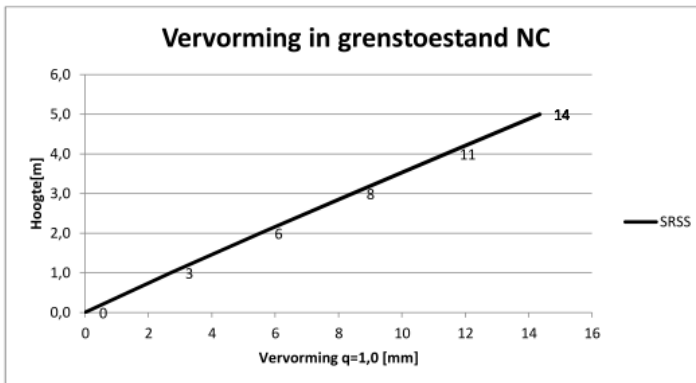
Indien voor één van de verdiepingen geldt $0,1 < \theta < 0,2$ dan kunnen de tweede-orde-effecten worden benaderd door de relevante seismische belastingeffecten te vermenigvuldigen met een factor gelijk aan $1/(1 - \theta)$.

Indien voor één van de verdiepingen geldt $0,2 < \theta < 0,3$ dan moeten de tweede-orde-effecten worden bepaald door een exacte tweede-orde analyse.

De waarde van de coëfficiënt θ mag volgens de NPR 9998 echter niet groter zijn genomen dan 0,3.

| | | | | | |
|-------------|--------------------------------------|------------------|------------|-------------|--------------|
| Project | : Seismische scan bestaande gebouwen | School Engelbert | X-richting | Projectcode | 13663-SAxxxx |
| Gebouw | : Hanzehogeschool Groningen | | | Referentie | con/bwk |
| Adviesgroep | : SA | Versie: 1.6b | | Print date | 29-mei-15 |

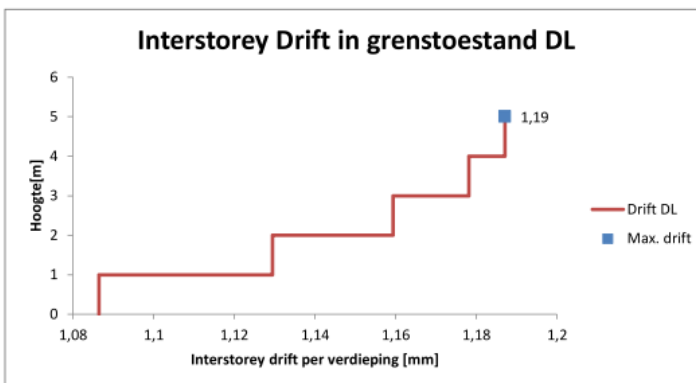
Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015



Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de horizontale vervormingen weergegeven verdeeld over de hoogte voor de grenstoestand **NC**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor $q = 1,0$.

Voor de toetsing van bouwkundige elementen is de zogenaamde "interstorey-drift" van belang. Dit is de verschil in verplaatsingen tussen twee opeenvolgende bouwlagen, af te lezen in de onderstaande grafiek.



Resultaat van het elastisch respons spectrum (ERS):

In de grafiek hiernaast is de relatieve verplaatsing tussen de verdiepingen, de "interstorey drift", weergegeven voor de grenstoestand **DL**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor $q = 1,0$ en vermenigvuldigd met de factor ψ conform NEN-EN 1998-1 4.4.3.2. De waarde van ψ is 0,5 voor gebouwen in belangklasse I en II en 0,4 voor gebouwen in belangklasse III en IV.

De Interstorey Drift is van belang voor de toetsing van leidingen, glazen onderdelen en dergelijke. De maatgevende waarde is in de grafiek aangegeven.

| | | | | |
|-------------|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| Project | : Seismische scan bestaande gebouwen | X/Y-richting | Projectcode | 13663-SA003 |
| Gebouw | : School Engelbert | | Referentie | rtg |
| Adviesgroep | : SA | versie 3.4 | Print date | 29-mei-15 |

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Zijdelingse belastingmethode (y-richting)

Representatieve gedragsfactor
 Regelmaat in verticale doorsnede
 Gedragsfactor
 Type stabiliteitssysteem
 Gebouwhoogte
 Verdiepingen
 Wanden
 NEN-EN 1998-1 sec. 4.3.3.2.2 (4)

1,5
 ja
 q= 1,50
 NPR 9998 (4.2.3.3)
 Beton / metselwerk stabiliteitswanden
 NEN-EN 1998-1 (4.3.3.2 (1) t/m (4))

5,0 m

2

| wand | l_w [m] | b_i [m] | # | A_i [m ²] | A_c [m ²] | $(l_w / H) \leq 0,9$ | |
|------|-----------|-----------|---|-------------------------|-------------------------|----------------------|------|
| A | 1,04 | 0,31 | 4 | 1,3 | 0,2 | ✓ | 0,21 |
| C | 3,00 | 0,31 | 1 | 0,9 | 0,6 | ✓ | 0,60 |
| D | 1,01 | 0,31 | 2 | 0,6 | 0,1 | ✓ | 0,20 |
| H | 4,40 | 0,21 | 1 | 0,9 | 1,1 | ✓ | 0,88 |
| Σ | 31,6 | - | 8 | 3,8 | 2,0 | - | - |

C_t

0,053

| | T_1 | $S_d(T_1)/a_{gd}$ | $* a_{gd} =$ | $S_d(T_1)$ | $* \lambda *$ | % | = F_{bk} |
|------------------|----------|-------------------|--------------|------------|---------------|-------|------------|
| Trillingstijd | 0,18 sec | 2,000 | * 0,39 = | 0,784 g * | 1,00 | 100 | 2.181 kN |
| Base Shear Force | | | | | | SRSS: | 2.181 kN |

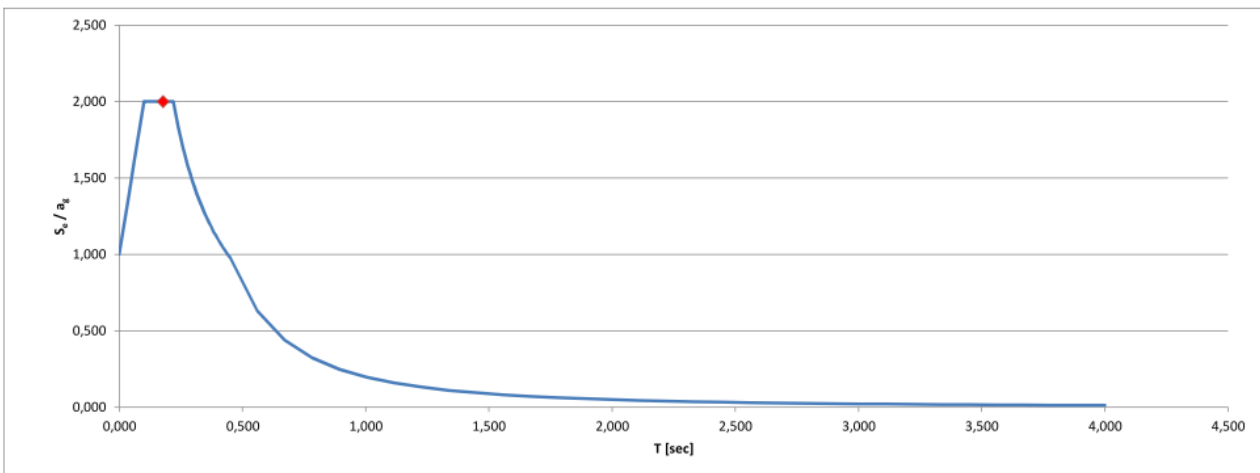
Factoren

Tweede-orde-effecten
 Torsie-effecten

1,00
 1,30
 NPR 9998 (4.4.2.2)
 NPR 9998 (4.3.3.2.4)

Rekenwaarde maximale dwarskracht

2.840 kN



| | | | | |
|-------------|--------------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| Project | : Seismische scan bestaande gebouwen | X/Y-richting | Projectcode | 13663-SA003 |
| Gebouw | : School Engelbert | | Referentie | rtg |
| Adviesgroep | : SA | versie 3.4 | Print date | 29-mei-15 |

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Spectrale modale responsieberekening (y-richting)

Representatieve gedragsfactor
 Regelmaat in verticale doorsnede
 Gedragsfactor

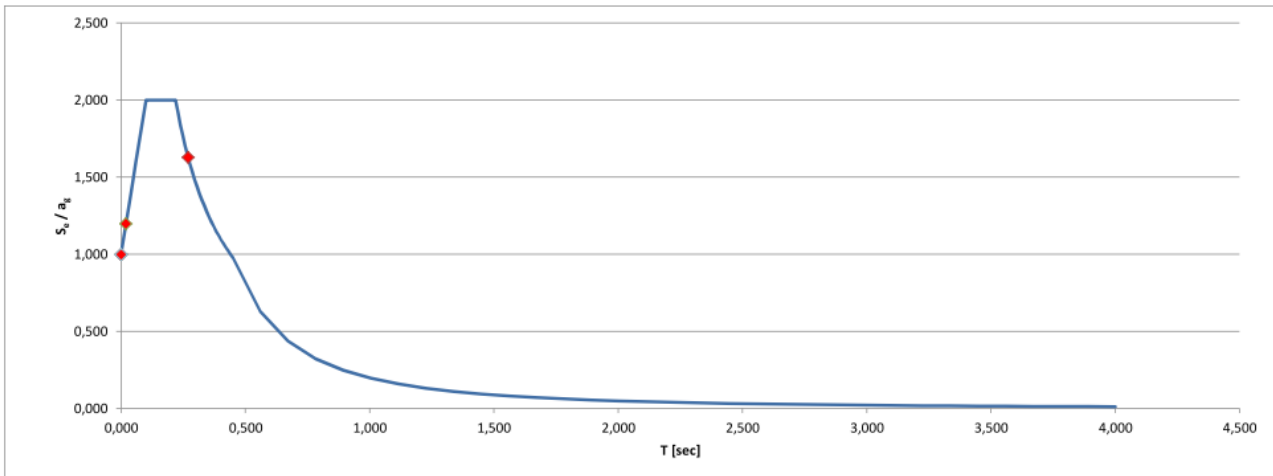
1,5
 ja
 q = 1,50
 NPR 9998 (4.2.3.3)

| | | | $S_d(T_i)/a_{gd}$ | * a_{gd} = | $S_d(T_i)$ | * % | = F_{bk} | |
|------------------|------------|----------|-------------------|--------------|------------|------|------------|----------|
| Trillingstijd | $T_1 =$ | 0,27 sec | 1,630 | * 0,39 = | 0,639 g * | 82,9 | = | 1,473 kN |
| | $T_2 =$ | 0,02 sec | 1,200 | * 0,39 = | 0,470 g * | 15,4 | = | 202 kN |
| | $T_3 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 kN |
| | $T_4 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 kN |
| | $T_5 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 kN |
| | $T_6 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 kN |
| | $T_7 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 kN |
| | $T_8 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 kN |
| | $T_9 =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 kN |
| | $T_{10} =$ | 0,00 nvt | 0,000 | * 0,39 = | 0,000 g * | 0,0 | = | 0 kN |
| Base Shear Force | | | | | | | SRSS: | 1,487 kN |

Factoren

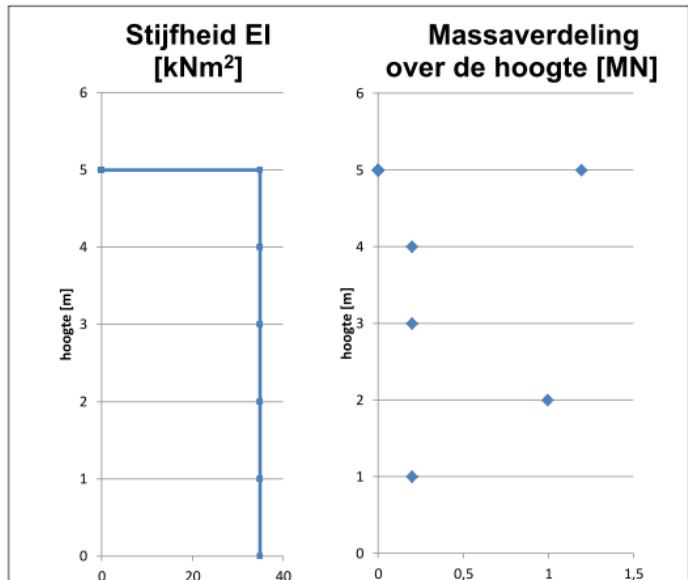
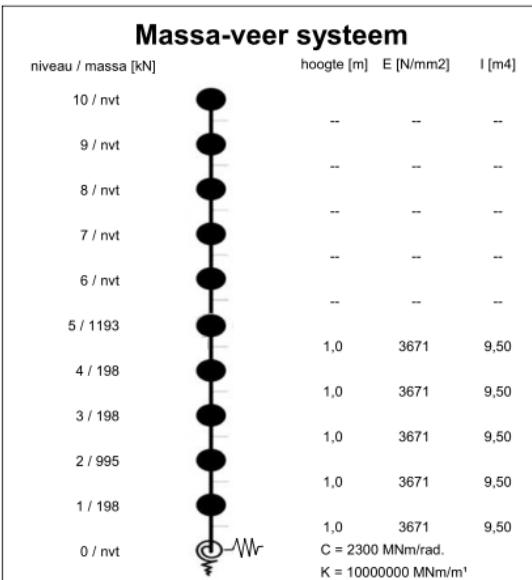
Tweede-orde-effecten 1,00 NPR 9998 (4.4.2.2)
 Torsie-effecten 1,30 NPR 9998 (4.3.3.2.4)

Rekenwaarde maximale dwarskracht 1,940 kN



Berekening zie volgende 3 bladzijden.

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015



Invoergegevens voor de bepaling van het ontwerp respons spectrum (DRS):

Het rekenmodel van het gebouw representeert op een vereenvoudigde manier de stijfheids- en massaverdeling over de gebouwhoogte zodat alle significante vervormings-eigenschappen en traagheidskrachten bij de beschouwde seismische belasting goed in rekening worden gebracht. Voor deze niet-lineaire berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De bouwconstructie is geschematiseerd tot een enkel horizontaal belasting afdragend systeem;
- De massa's van elke vloer worden geconcentreerd in het zwaartepunt;
- Eventuele onregelmatigheid in plattegrond of aan de eigenschappen worden voor deze seismische scan buiten beschouwing gelaten;
- De elastische buig- en afschuif stijfheidseigenschappen van elementen uit beton en metselwerk worden gelijk genomen aan de helft van de corresponderende stijfheid van de ongescheurde elementen.

| | | |
|--|---|---|
| Gevolgklasse: CC2 | $a_{g,ref}$: 0,28 [m/s ²] | reductiefactor : v: 0,40 [-] |
| Belangklasse: III | belangrijkeheidsfactorfactor: γ_1 : 1,40 [-] | PGA grenstoestand DL: $a_{g,ref} * \gamma_1 * v$: 0,16 g [m/s ²] |
| PGA (Peak Ground Acceleration) grenstoestand NC: | $a_{g,ref} * \gamma_1$: 0,39 g [m/s ²] | |

Resultaten dynamische berekening:

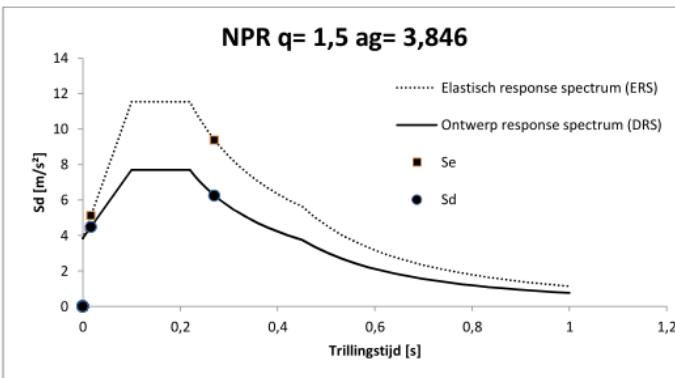
Aantal modeshapes (berekend): 2
Aantal modeshapes (benodigd): 2

| Trillingsvorm | T(s) | fe [hz] | Massa [ton] | % | Cum % | Sd [m/s ²] | Se [m/s ²] |
|---------------|-------|---------|-------------|-------|-------|------------------------|------------------------|
| 1 | 0,271 | 3,70 | 231 | 82,9% | 82,9% | 6,25 | 9,38 |
| 2 | 0,017 | 60,32 | 43 | 15,4% | 98,3% | 4,48 | 5,12 |
| 3 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 6 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 7 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 8 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 9 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 10 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Dynamische berekening:

Gegeven de invoer worden aan de hand van de leer van de dynamica de eigenfrequenties, trillingsvormen, meewerkende massa en de cumulatieve meewerkende massa berekend. Deze data is benodigd voor de verdere berekening van de gebouw response.

Ductiele constructieve systemen zijn in staat om seismische belastingen op te nemen in het niet-lineaire gebied. In het algemeen is het toelaatbaar om bij het ontwerp of de verificatie via een equivalente elastische berekening een lagere belasting aan te houden dan de belasting overeen- komend met een volledige lineaire elastische respons. In NEN-EN 1998-1 wordt dit praktisch vormgegeven via een elastische berekening gebaseerd op een respons spectrum dat gereduceerd is ten opzichte van het elastische spectrum. Dit gereduceerde spectrum wordt in de



Ontwerp respons spectrum (DRS):

Spectrum voor de grenstoestand NC (Near Collapse). De constructie is zwaar beschadigd met lage reststerkte waarbij verticale elementen nog juist in staat zijn om verticale belastingen af te dragen. Het merendeel van de niet-constructieve onderdelen is bezwaken. Grote permanente vervormingen zijn aanwezig. De sterkte van de constructie is zodanig dat voortschrijdende instorting niet plaatsvindt, maar waarschijnlijk zal een volgende aardbeving of andere belasting, ongeacht de zwaarte daarvan, leiden tot instorting.

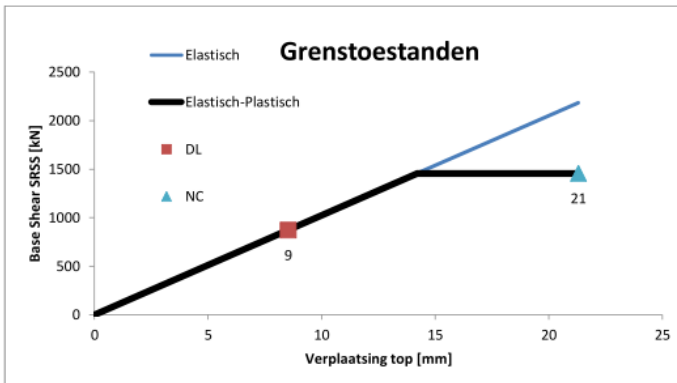
De constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand NC.

Elastisch respons spectrum (ERS):

Spectrum voor de grenstoestand NC met q-factor = 1,0. Zie verder "Grenstoestanden".

| | | | | | |
|-------------|--------------------------------------|------------------|------------|-------------|--------------|
| Project | : Seismische scan bestaande gebouwen | School Engelbert | Y-richting | Projectcode | 13663-SAxxxx |
| Gebouw | : Hanzehogeschool Groningen | | | Referentie | con/bwk |
| Adviesgroep | : SA | Versie: 1.6b | | Print date | 29-mei-15 |

Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

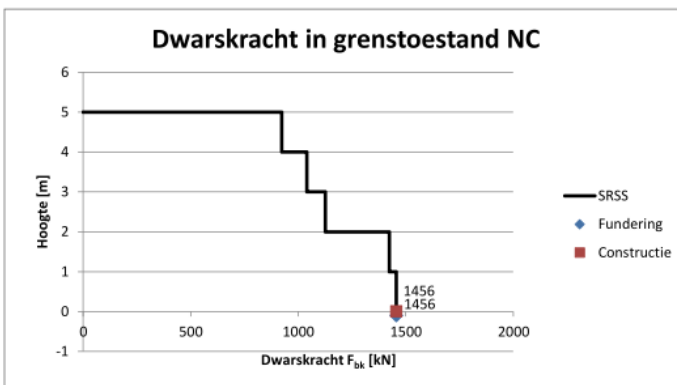


Grenstoelstanden:

Grenstoestand **NC** (Near Collapse): zie hierboven.

Grenstoestand **DL** (Damage Limitation): De constructie is alleen licht beschadigd waarbij constructieve elementen niet significant zijn vervormd en hun sterkte- en stijfheids-eigenschappen hebben behouden. Niet dragende elementen mogen verspreid voorkomende scheuren vertonen die economisch gezien eenvoudig kunnen worden gerepareerd. Permanente vervormingen zijn verwaarloosbaar.

De niet constructieve elementen worden getoetst aan de grenstoestand DL volgens NEN-EN 1998-1 4.4.3.2.



Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

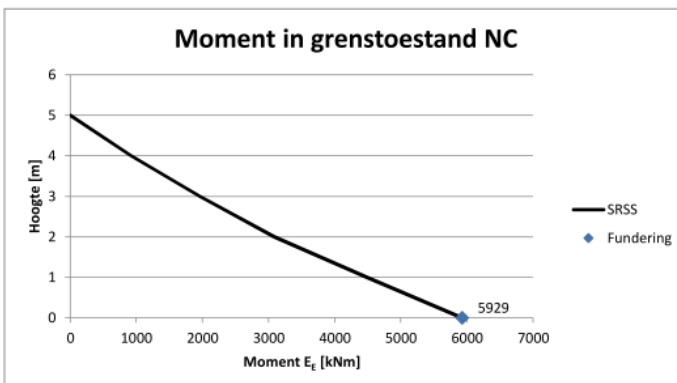
In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de dwarskracht verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS". De algemene formule uit de NPR 9998 (4.16) luidt:

$$E_{E_k} = \sqrt{\sum (E_{E_k})^2}$$

E_{E_k} is de waarde van dit seismische belastingeffect ten gevolge van trilvorm k .

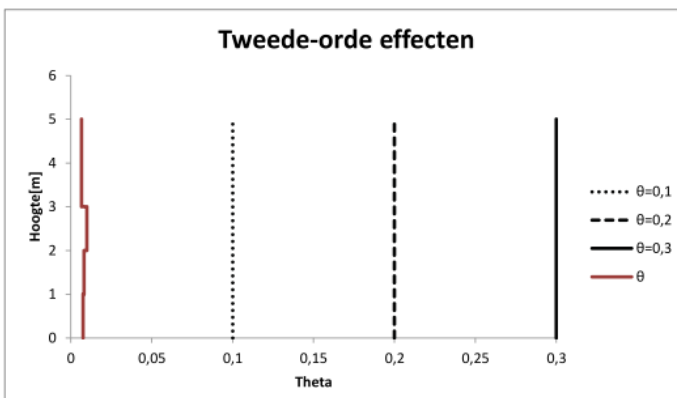
Alle trilvormen die significant bijdragen aan de globale respons worden in rekening gebracht. De totale effectieve geactiveerde massa m_k , behorende bij trilvorm k , is zodanig bepaald dat de totale dwarskracht ter plaatse van de fundering F_{bk} werkend in de richting van de seismische belasting, kan worden geformuleerd als $F_{bk} = S_d(T_k) m_k$.

In de grafiek is de hoogste waarde van F_{bk} op funderings-niveau de dwarskracht op de paalfundering en de lagere waarde de dwarskracht in de constructie op de fundering.



Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de buigende momenten verdeeld over de hoogte weergegeven voor grenstoestand **NC**. Het effect wordt bepaald volgens de zogenaamde "volledige kwadratische combinatie" afgekort uit het Engels als "SRSS", zie ook de grafiek "Dwarskracht in grenstoestand NC".



Tweede orde effecten (NPR 9998 4.4.2.2):

De gevoeligheid voor de relatieve verplaatsing tussen verdiepingen wordt uitgedrukt met de coëfficiënt θ . Tweede orde effecten (P- Δ effecten) hoeven niet in rekening te worden gebracht indien voor alle verdiepingen wordt voldaan aan de voorwaarde $\theta < 0,10$.

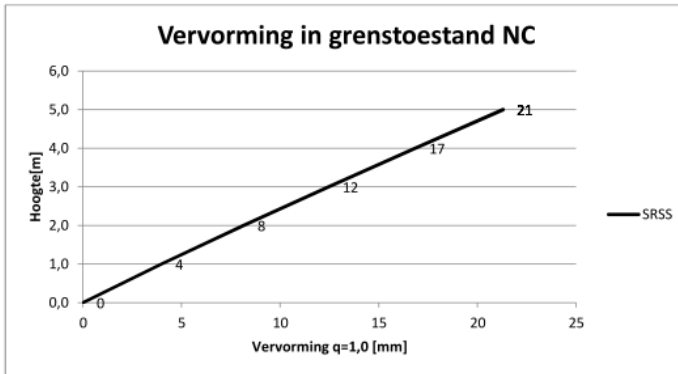
Indien voor één van de verdiepingen geldt $0,1 < \theta < 0,2$ dan kunnen de tweede-orde-effecten worden benaderd door de relevante seismische belastingseffecten te vermenigvuldigen met een factor gelijk aan $1/(1 - \theta)$.

Indien voor één van de verdiepingen geldt $0,2 < \theta < 0,3$ dan moeten de tweede-orde-effecten worden bepaald door een exacte tweede-orde analyse.

De waarde van de coëfficiënt θ mag volgens de NPR 9998 echter niet groter zijn genomen dan 0,3.

| | | | | | |
|-------------|--------------------------------------|------------------|------------|-------------|--------------|
| Project | : Seismische scan bestaande gebouwen | School Engelbert | Y-richting | Projectcode | 13663-SAxxxx |
| Gebouw | : Hanzehogeschool Groningen | | | Referentie | con/bwk |
| Adviesgroep | : SA | Versie: 1.6b | | Print date | 29-mei-15 |

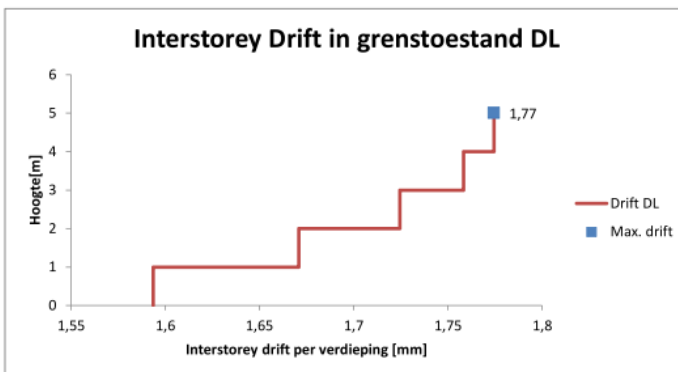
Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015



Resultaat van het ontwerp respons spectrum (DRS):

In de grafiek hiernaast is de maximale waarde van het seismische effect voor de horizontale vervormingen weergegeven verdeeld over de hoogte voor de grenstoestand **NC**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor $q = 1,0$.

Voor de toetsing van bouwkundige elementen is de zogenaamde "interstory-drift" van belang. Dit is de verschil in verplaatsingen tussen twee opeenvolgende bouwlagen, af te lezen in de onderstaande grafiek.



Resultaat van het elastisch respons spectrum (ERS):

In de grafiek hiernaast is de relatieve verplaatsing tussen de verdiepingen, de "interstorey drift", weergegeven voor de grenstoestand **DL**. De waarde is bepaald met een gedragsfactor $q = 1,0$ en vermenigvuldigd met de factor ν conform NEN-EN 1998-1 4.4.3.2. De waarde van ν is 0,5 voor gebouwen in belangklasse I en II en 0,4 voor gebouwen in belangklasse III en IV.

De Interstorey Drift is van belang voor de toetsing van leidingen, glazen onderdelen en dergelijke. De maatgevende waarde is in de grafiek aangegeven.

Fundering

 Beddingconstante (statisch)
 Factor kortdurende belasting
 Beddingconstante (dynamisch)
 Gemiddelde aanlegbreedte

| | | | |
|----------------|--------|--------|-------------------|
| | X-ri | Y-ri | |
| Es | 15000 | 15000 | kN/m ³ |
| Ed/Es | 7 | | [-] |
| E _d | 105000 | 105000 | kN/m ² |
| b _i | 0,50 | 0,50 | m |

aangehouden ongeveer 2 x wanddikte

Langsrichting (X-ri)

stijfheid funderingsstroken

| | l [m] | b [m] | aantal | Σlengte [m] | I [m ⁴] |
|--------|----------|----------|--------|----------------|------------------------|
| wand A | 1,04 | 0,50 | 3 | 3,12 | 0,14 |
| wand B | 1,80 | 0,50 | 1 | 1,8 | 0,24 |
| wand E | 4,30 | 0,50 | 2 | 8,6 | 6,63 |
| wand F | 1,70 | 0,50 | 1 | 1,7 | 0,20 |
| wand G | 6,20 | 0,50 | 1 | 6,2 | 9,93 |
| wand I | 8,10 | 0,50 | 1 | 8,1 | 22,14 |
| Totaal | 0,27 | 0,50 | 9 | 29,52 | 39,29 |

Rotatiestijfheid C = K x I = 4,13E+06 kNm/rad

stijfheid wanden

| | l [m] | b [m] | aantal | Σlengte [m] | I [m ⁴] | b_afschuif [m] | Moment [kNm] | Spanning [N/mm ²] | Afschuif [N/mm ²] | NPR / γR | u.c. |
|--------|----------|----------|--------|----------------|------------------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------|------|
| wand A | 1,04 | 0,31 | 3 | 3,12 | 0,09 | 0,31 | 30 | 0,06 | 0,01 | <=0,08 | 0,13 |
| wand B | 1,80 | 0,31 | 1 | 1,80 | 0,15 | 0,31 | 52 | 0,31 | 0,03 | <=0,08 | 0,40 |
| wand E | 4,30 | 0,21 | 2 | 8,60 | 2,78 | 0,21 | 967 | 0,37 | 0,17 | >0,08 | 2,30 |
| wand F | 1,70 | 0,21 | 1 | 1,70 | 0,09 | 0,21 | 30 | 0,30 | 0,03 | <=0,08 | 0,36 |
| wand G | 6,20 | 0,21 | 1 | 6,20 | 4,17 | 0,21 | 1449 | 1,08 | 0,36 | >0,08 | 4,78 |
| wand I | 8,10 | 0,31 | 1 | 8,10 | 13,73 | 0,31 | 4770 | 1,41 | 0,62 | >0,08 | 8,16 |
| Totaal | 0,27 | 0,27 | 9 | 29,52 | 21,01 | | 7299 | kNm | 2.370 | kN | |

| Afsch.cap. [kN] |
|--------------------|
| 73,1 |
| 42,2 |
| 136,5 |
| 27,0 |
| 98,4 |
| 189,8 |
| 566,9 |

h = 8,0 m (grootste wandhoogte vanaf onderkant fundering)
 Sa = 0,784 l > 0.6Sa*h = 3,76 m Voldoet niet!

Dwarsrichting (Y-ri)

stijfheid funderingsstroken

| | l [m] | b [m] | aantal | Σlengte [m] | I [m ⁴] |
|--------|----------|----------|--------|----------------|------------------------|
| wand A | 1,04 | 0,50 | 4 | 4,16 | 0,19 |
| wand C | 3,00 | 0,50 | 1 | 3 | 1,13 |
| wand D | 1,01 | 0,50 | 2 | 2,02 | 0,09 |
| wand H | 7,90 | 0,50 | 1 | 7,9 | 20,54 |
| Totaal | 0,50 | 0,50 | 8 | 17,08 | 21,94 |

Rotatiestijfheid C = K x I = 2,30E+06 kNm/rad

stijfheid wanden

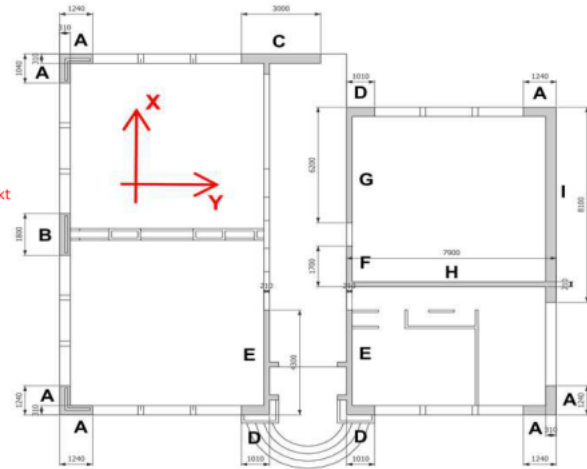
| | l [m] | b [m] | aantal | Σlengte [m] | I [m ⁴] | b_afschuif [m] | Moment [kNm] | Spanning [N/mm ²] | Afschuif [N/mm ²] | NPR / γR | u.c. |
|--------|----------|----------|--------|----------------|------------------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------|-------|
| wand A | 1,04 | 0,31 | 4 | 4,16 | 0,12 | 0,31 | 73 | 0,08 | 0,02 | <=0,08 | 0,24 |
| wand C | 3,00 | 0,31 | 1 | 3 | 0,70 | 0,31 | 436 | 0,94 | 0,15 | >0,08 | 2,03 |
| wand D | 1,01 | 0,31 | 2 | 2,02 | 0,05 | 0,31 | 33 | 0,16 | 0,02 | <=0,08 | 0,23 |
| wand H | 7,90 | 0,21 | 1 | 7,9 | 8,63 | 0,21 | 5388 | 2,47 | 1,06 | >0,08 | 14,06 |
| Totaal | 0,27 | 0,27 | 8 | 17,08 | 9,50 | | 5929 | kNm | 1.940 | kN | |

| Afsch.cap. [kN] |
|--------------------|
| 97,5 |
| 70,3 |
| 47,3 |
| 125,4 |
| 340,5 |

h = 8,0 m (grootste wandhoogte vanaf onderkant fundering)
 Sa = 0,639 l > 0.6Sa*h = 3,07 m Voldoet niet!

Steensterkte (hardgraau) gemiddeld 10-17,5 N/mm²:

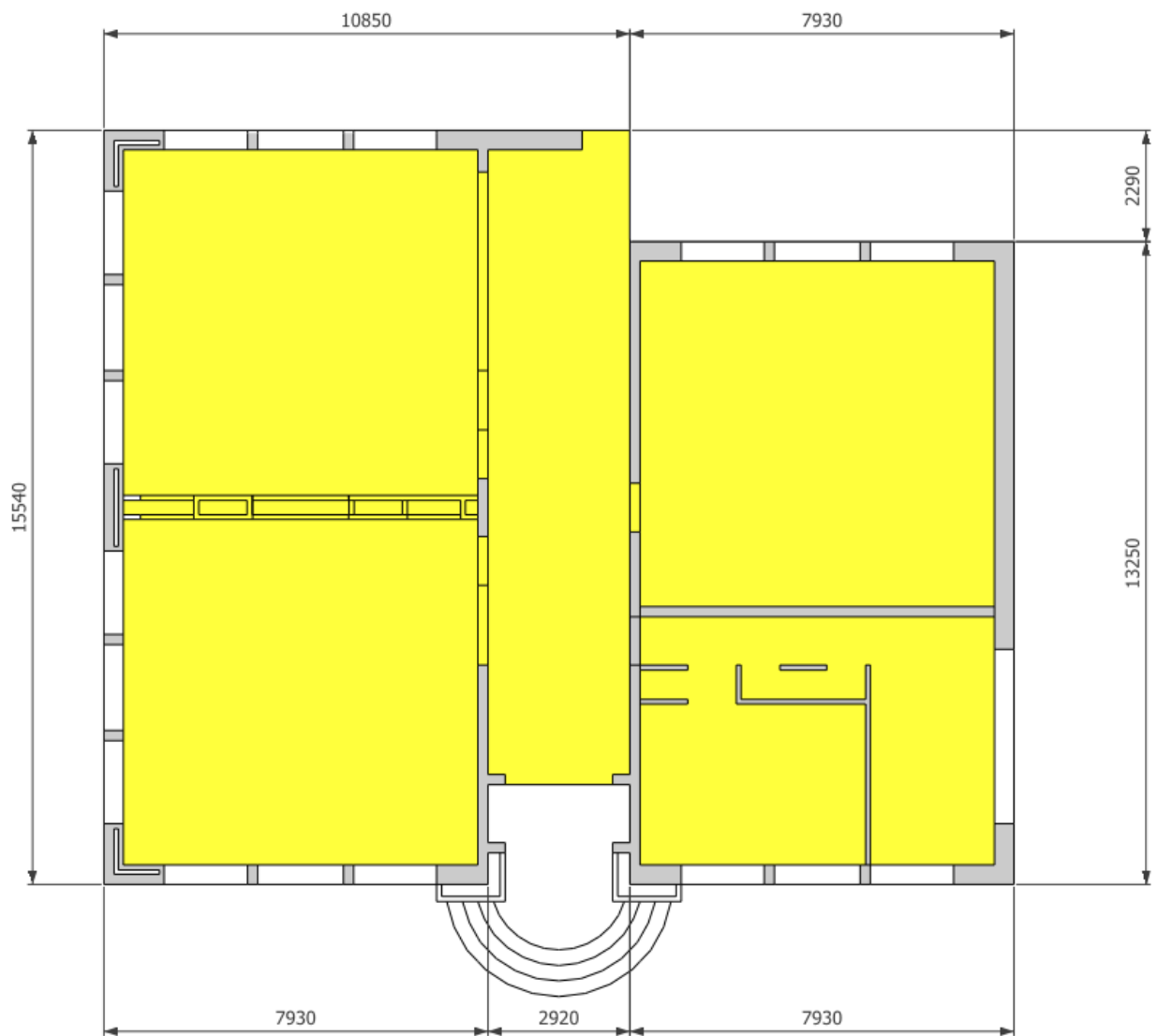
| | |
|---|--|
| fb = 14 N/mm ² (steensterkte) | hardgraau |
| fm = 4 N/mm ² (mortelsterkte) | kalkmortel |
| fk = 4,66 N/mm ² (druksterkte) | 0,6 0,65 0,25 NEN-EN 1996-1-1 (3.1) |
| fvko = 0,10 N/mm ² (schuifsterkte) | onbekend voor kalkmortel NEN-EN 1996-1-1 3.6.3 |
| fmm = 6,99 N/mm ² (gemiddelde druksterkte) | NPR 9998 9.1.3 |
| Emm = 7342 N/mm ² (E modulus verhoogd) | NEN-EN 1998-3 C.3.1 |
| Emm = 3671 N/mm ² (E modulus gereduceerd) | NPR 9998 9.1.4 |
| γM = 1,5 [-] | NPR 9998 9.6 (3) |
| γR = 1,2 [-] | NPR 9998 4.4.2.2 |
| fRd = 2,59 N/mm ² | NPR 9998 4.4.2.2 |
| σEd = 0,09 N/mm ² (normaalspanning op toetsniveau) | NEN-EN 1996-1-1 (3.5) |
| fVrd = 0,08 N/mm ² (rekenwaarde schuifsterkte) | NPR 9998 4.4.2.2 |



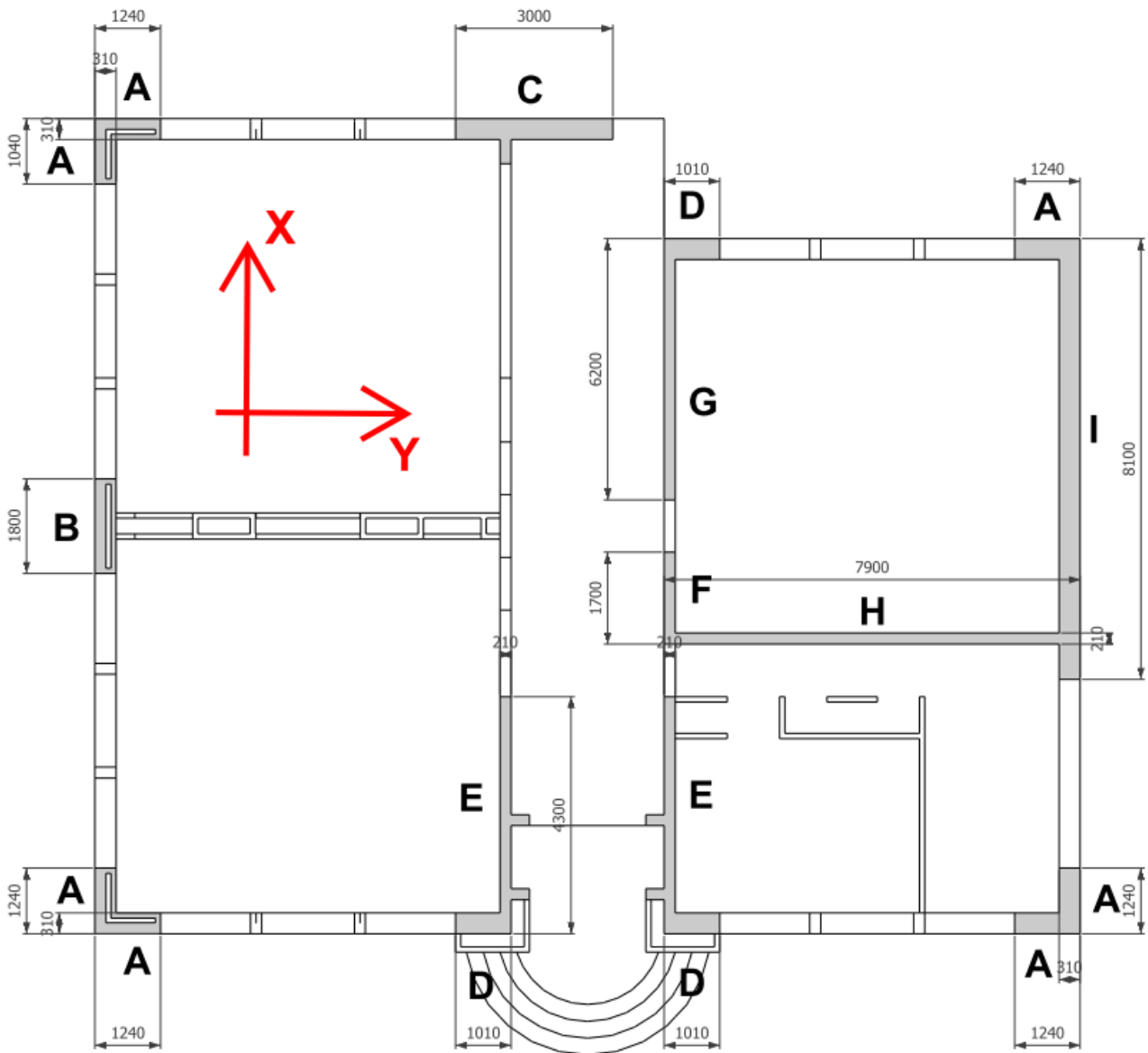


Bijlage 3

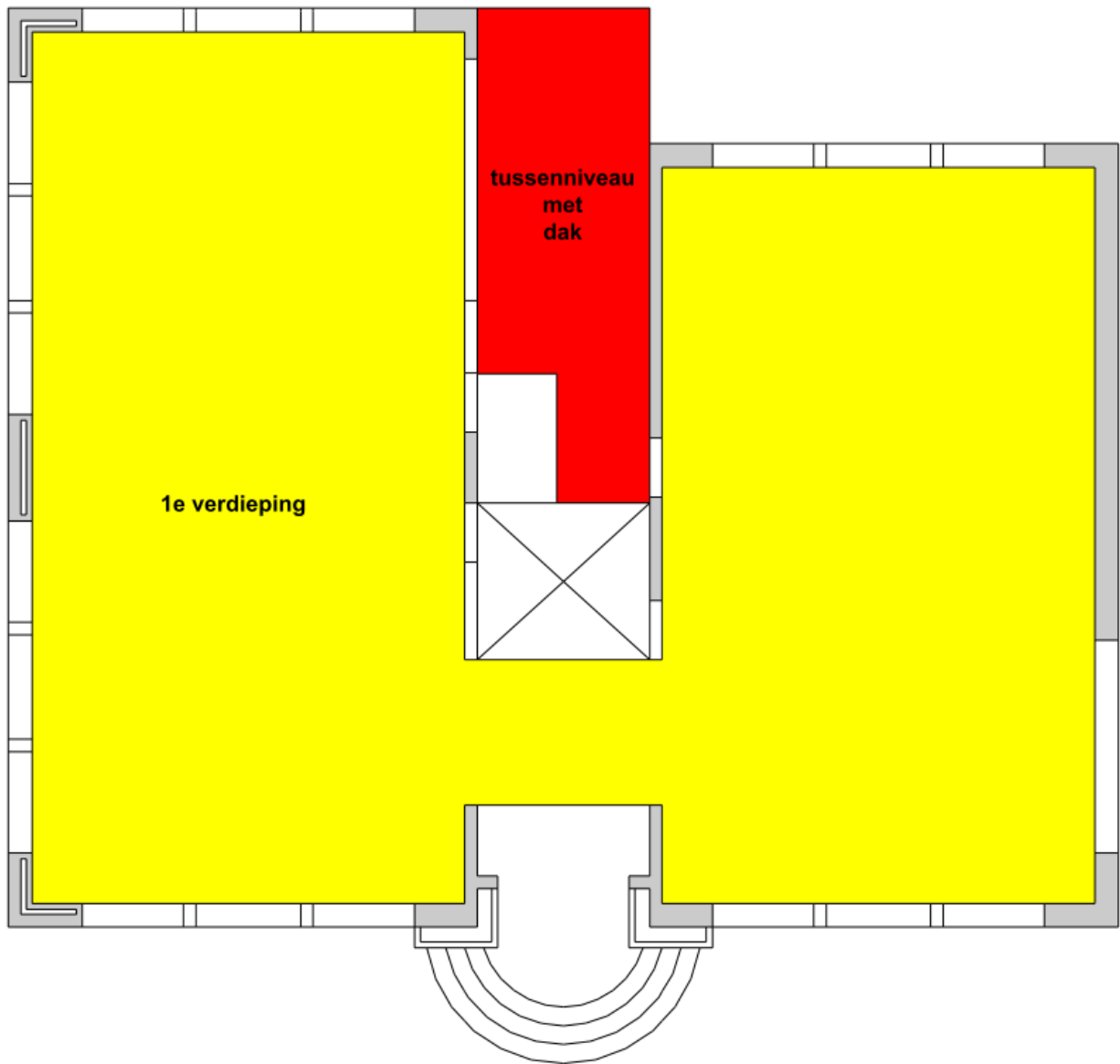
Tekeningen



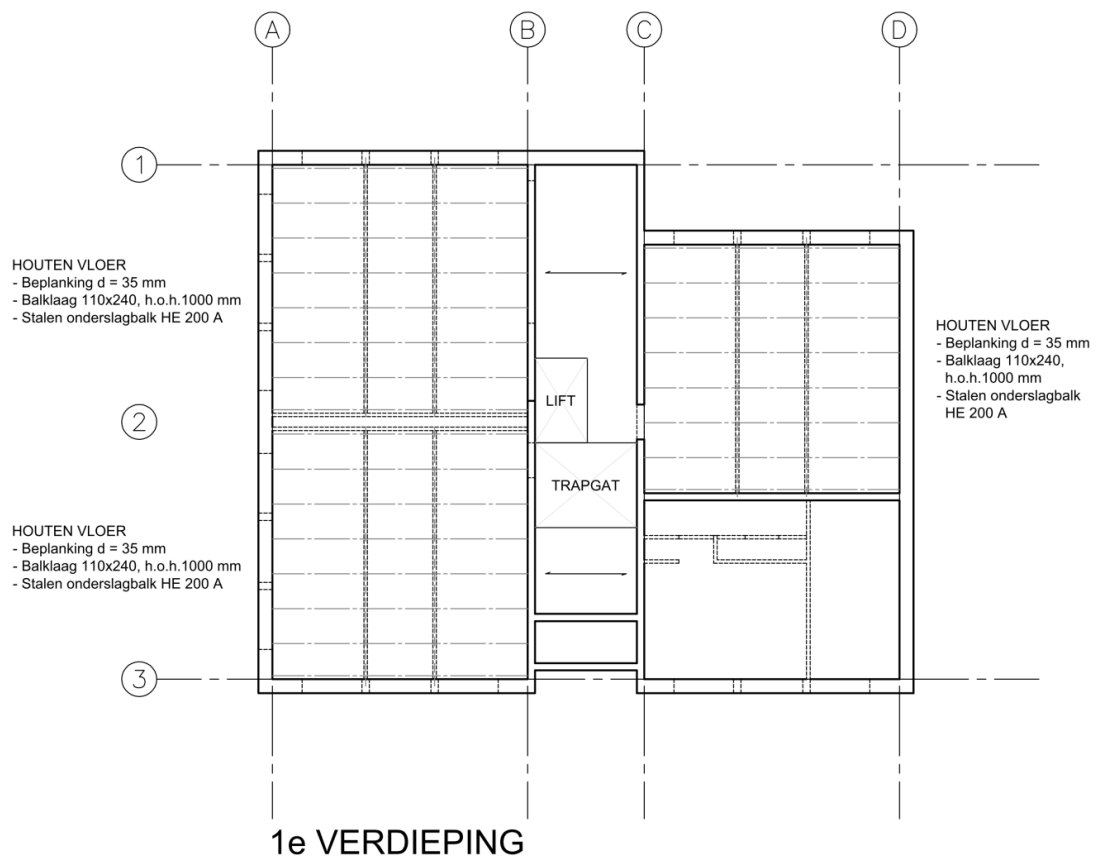
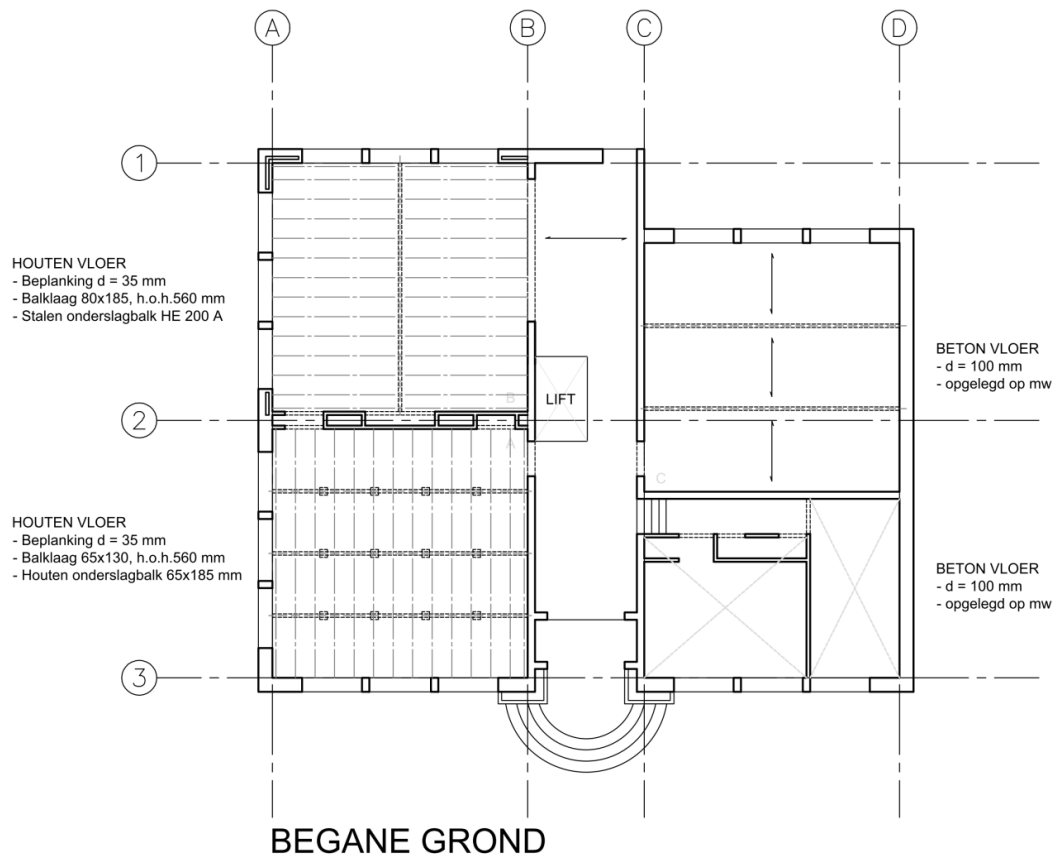
Matenplan



Overzicht stabiliteitselementen



Niveaoverschillen 1^e verdiepingvloer





DORSNEDE A.B.



Bijlage 4

Foto's



Luchtfoto: Locatie, oriëntatie en afstand tot omringende bebouwing



Foto 1: Voorgevel (Noord - Oostzijde)



Foto 2: Zijgevel (Zuid - Oostzijde)



Foto 3: Achtergevel (Zuid - Westzijde)



Foto 4: Oplegging houten begane grondvloer



Foto 5: Oplegging op metselwerk stiepen



Foto 6: Oplegging op metselwerk wand



Foto 7: Oplegging betonnen begane grondvloer op metselwerk



Foto 8: Begane grond; toegang lift



Foto 9: Trappenhuis begane grond



Foto 10: Trappenhuis 1^e verdieping



Foto 11: Verlichting plafond (1) + Entresol



Foto 12: Verlichting plafond (2) + Entresol



Foto 13: Verlichting plafond (3)



Foto 14: Verlichting plafond (4)



Foto 15: Metselwerk penant in de gevel



Foto 16: Betonnen dorpel



Foto 17: Scheurvorming metselwerk penant in de achtergevel (1)



Foto 18: Scheurvorming metselwerk penant in de achtergevel (2)



Foto 19: 1^e verdiepingvloer; oplegging stalen onderslagbalk op metselwerk wand (1)



Foto 20: 1^e verdiepingvloer; oplegging stalen onderslagbalk op metselwerk wand (2)



Foto 21: 1^e verdiepingvloer; houten balklaag op stalen onderslagbalken



Foto 22: Verankering van de verdiepingvloer aan metselwerkwand



Foto 23: Verankering van de verdiepingvloer aan de Noord - Oostzijde



Foto 24: Verankering van de verdiepingvloer aan de Zuid - Westzijde



Foto 25: Bevestiging vluchttrap aan de metselwerk achtergevel (overzicht)



Foto 26: Bevestiging vluchttrap aan de metselwerk achtergevel (detail)



Foto 27: Inbouw stellingkasten



Foto 28: Armaturen



Foto 29: Aansluiting Houten spant met gordingen



Foto 30: Aansluiting houten spant met de muurplaat



Foto 31: Houten spant t.p.v. de nok



Foto 32: Aansluiting dakconstructie met topgevel



Bijlage 5

Aardbevingen, achtergrondinformatie en begrippen

Aardbevingsbestendigheid Bestaande Bouw

1. Inleiding

Deze notitie geeft een toelichting op de algemene achtergrond van aardbevingsbestendigheid van Bestaande Bouw. Er wordt kort ingegaan op de algemene problematiek van aardbevingen in Groningen. Daarnaast komen de uitgangspunten waarop bestaande gebouwen worden getoetst aan bod.

1.1. *Aardbevingen in Groningen*

Recent is er grote aandacht ontstaan voor het onderwerp aardbevingen als gevolg van gaswinning en wat de eventuele gevolgen en mogelijke maatregelen kunnen zijn. De overheid en de NAM zijn op dit moment bezig met het verkennen van eventuele noodzakelijke preventieve maatregelen voor bestaande bebouwing in het risico gebied.

De overheid en de NAM spannen zich gezamenlijk in om de aardbevingsproblematiek te doorgronden en om adequate maatregelen te ontwikkelen teneinde bestaande schade te repareren en toekomstige schade zoveel mogelijk te voorkomen. De opgedane kennis is door de Rijksoverheid grotendeels vrijgegeven. Deze kennis is erg technisch en specialistisch en voor leken moeilijk te duiden. Daarnaast verschijnen in de media regelmatig artikelen van personen die hun eigen 'oplossingen' hebben om gebouwen aardbevingsbestendig te maken. Die artikelen zijn niet altijd even consistent en betrouwbaar en dat leidt tot twijfel over wat nu de beste strategie is om gebouwen beter bestand te maken tegen aardbevingen.

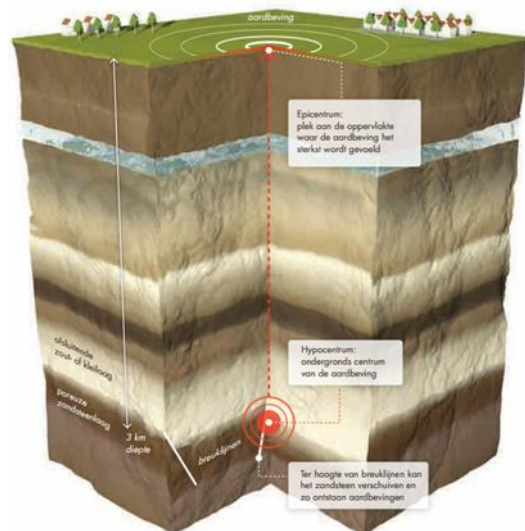
De NAM heeft een internationaal ingenieursbureau opdracht gegeven om de gevolgen van de aardbevingen op bestaande panden te onderzoeken en het ontwikkelen van nieuwe regelgeving voor "Groninger aardbevingen". In deze notitie wordt de relatie tussen aardbevingen en schade aan bebouwing uitgelegd aan de hand van de stukken die door de Rijksoverheid openbaar zijn gemaakt. Daarbij wordt niet al te diep ingegaan op de technische details.

1.2. *Aardbeving Mechanisme*

Een aardbeving is een trilling of schokkende beweging van de aardkorst. Aardbevingen zijn onder te verdelen in twee soorten:

- tektonische bevingen (ontstaan op grote diepte door natuurlijke oorzaken)
- geïnduceerde bevingen (ontstaan relatief ondiep als gevolg van kolen-, olie- of gaswinning).

De laatste treedt op in Groningen. Door het weghalen van het gas in de ondergrond treden ontstaan er lokaal drukverschillen. Deze kunnen plotseling genivelleerd worden ter plaatse van aanwezige breukvlakken.

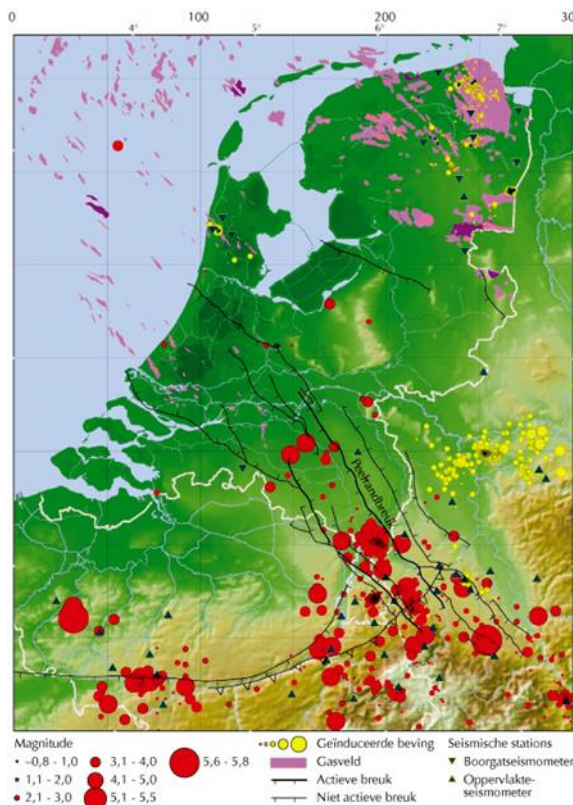


1.3.

De zwaarte van de aardbeving

In de literatuur wordt gekeken naar de zwaarste aardbeving die eens in de 475 jaar voorkomt in het betreffende gebied. Dat betekent dat er een kans van 10% is dat zo'n aardbeving voorkomt in een periode van 50 jaar (de referentieperiode van een woning).

Voor Groningen is door het KNMI berekend dat deze beving een kracht van 5 op de schaal van Richter kan hebben. De grootte van de beving geeft aan hoeveel energie er bij de beving vrijkomt. Het is een logaritmische schaal, dit betekent dat een toename van de magnitude met één, overeenkomt met een toename van ongeveer 30 keer meer energie.



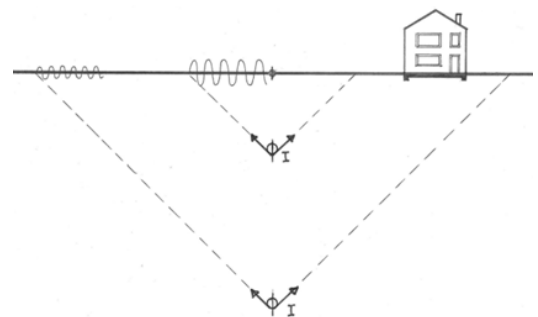
Bijgaande kaart toont de aardbevingen in en rond Nederland. In Groningen is sprake van geïnduceerde bevingen door gaswinning. De geïnduceerde aardbevingen zijn aangeduid met gele stippen. De relatieve grootte van de stip geeft de orde van grootte van de gemeten magnitude aan.

De schaal van Richter geeft echter geen duidelijkheid hoe we de aardbeving beleven aan het aardoppervlak. Er zijn wel tabellen die aangeven welke schade verwacht kan worden bij een bepaalde magnitude, maar die gaan uit van een tektonische aardbeving. Het hypocentrum (het hart van de aardbeving) van een tektonische aardbeving ligt gemiddeld op 30 kilometer onder het aardoppervlak. Voor de geïnduceerde aardbevingen in Groningen ligt het hypocentrum veel hoger, namelijk op een diepte van circa 3 km.

1.4.

De diepte van de aardbeving

Omdat het hypocentrum hoger ligt dan bij een tektonische beving, wordt de energie van de beving over een kleiner gebied van het aardoppervlak verdeeld. Hierdoor zijn de trillingen aan het aardoppervlak groter en zijn ook de gevolgen van een geïnduceerde aardbeving heftiger dan bij een tektonische beving met een vergelijkbaar magnitude. Een geïnduceerde aardbeving heeft dus een relatief kleiner verspreidingsgebied, maar de piek-grondversnellingen zijn hier relatief groter; korter van duur en hoogfrequent.



2. Regelgeving

2.1. *Bouwbesluit*

Elk gebouw in Nederland moet voldoen aan het bouwbesluit. Het bouwbesluit stuurt een aantal normen aan waarin de technische uitgangspunten staan geformuleerd. Tot op heden zijn er géén eisen gesteld aan de aardbevingsbestendigheid van gebouwen.

Het huidige bouwbesluit (2012) schrijft de Eurocode als norm voor. De Eurocode kent weliswaar een specifieke aardbevingsnorm (Eurocode 8; NEN-EN 1998), maar deze is niet bindend. Normaal gaan de Eurocodes vergezeld van een nationale bijlage, waarin het betreffende land specifieke aanvullingen kan geven. Er zijn voor Nederland géén nationale bijlages bij de genoemde Eurocode 8 norm.

2.2. *NPR 9998*

In februari 2015 is een concept versie van de NPR 9998 (Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen) uitgegeven. Deze NPR zal op termijn uitmonden in een Nationale Bijlage bij de Eurocode 8. Er wordt verwacht dat de NPR in het najaar van 2015 als definitief uitgegeven zal worden.

Het is op dit moment nog niet bekend of vanaf dat moment de NPR ook door het bouwbesluit zal worden aangewezen. Vooral niet aangezien dat grote consequenties voor bestaande bouw zou kunnen hebben.

De nu in de (concept-)NPR vastgelegde "importance"-factoren voor nieuwbouw wijken nauwelijks af van die voor bestaande bouw. Dat betekent dat aan nieuwe en bestaande gebouwen nagenoeg dezelfde eisen naar veiligheid worden gesteld. Aangezien slechts weinig van de bestaande gebouwen op aardbevingsbestendigheid ontworpen zijn, kan dit grote gevolgen hebben voor de huidige bouwvoorraad. Vooral in het kerngebied van de aardbevingen.

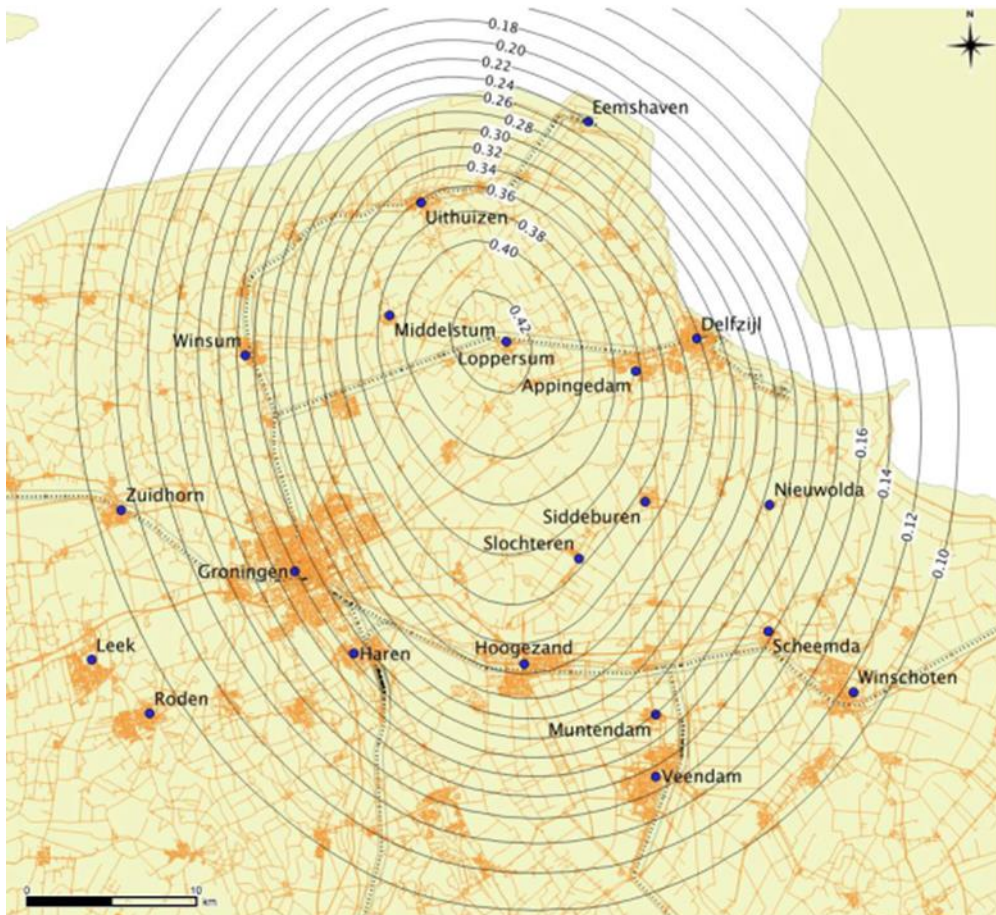
2.3. *Toetsing conform de voorlopige NPR 9998 d.d. februari 2015*

Rekenkundig wordt een aardbeving gezien als een 'bijzondere belasting'. Om te beoordelen of een constructie bestand is tegen een aardbeving dient deze te worden berekend op de belastingen die door de normen zijn voorgeschreven.

De belasting volgen uit de zwaarte van de verwachte aardbeving. Zoals eerder toegelicht is de magnitude volgens de schaal van Richter echter geen geschikte maatstaf om de belasting te verkrijgen.

De belasting op de gebouwen kan worden berekend met de verwachte versnelling van de grond onder het gebouw. Dit wordt veelal uitgedrukt met een zogenaamde referentie piekgrondversnelling ($a_{g,ref}$) op een rotsachtige bodem (grondtype A). De referentie piekgrondversnelling, vastgesteld door de Nationale Autoriteiten, geldt voor een referentieperiode van de seismische activiteit (475 jaar volgens Eurocode 8) bij een aanvaardbaar veiligheidsrisico ('Near Collapse'), wat equivalent is aan een zekere overschrijdingskans in 50 jaar (10% volgens Eurocode 8).

Onderstaande figuur toont de contourplot specifiek voor het gebied in Groningen met de voorziene maximale grondversnellingen op maaiveld (eveneens uitgedrukt in $a_{g,ref}$ eenheid [g]) voor een overschrijdingskans van 0,2 % per jaar (bron: KNMI).



De belastingen die volgen uit deze versnellingen dienen verhoogd te worden, afhankelijk van het risico op persoonlijk letsel en het risico op financiële schade. Hiertoe zijn gebouwen ingedeeld in meerdere categorieën. In het algemeen kunnen deze categorieën als volgt worden samengevat:

| Categorie (CC = Consequence Class) | Gebouw |
|------------------------------------|---|
| CC1A | schuur of bedrijfshal |
| CC1B | woningen |
| CC2 | kantoorgebouwen |
| CC3 | bijeenkomst gebouwen met kans op de aanwezigheid van meer dan 500 personen of kritische gebouwen t.b.v. de hulpverlening. |

3. Aardbevingsbestendig bouwen

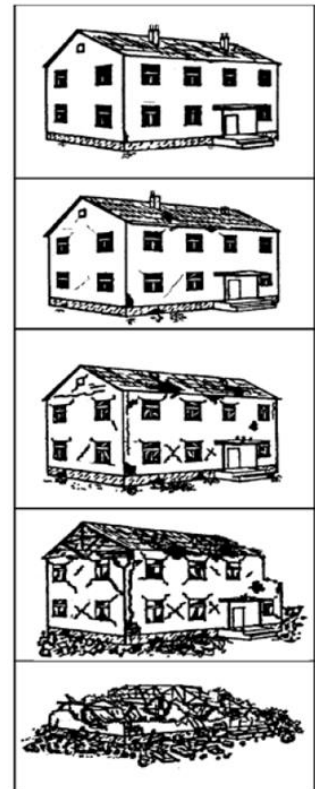
3.1. Algemene risico's bij aardbevingen

Aardbevingen kennen twee belangrijke risico's:

1. veiligheidsrisico voor mensen die getroffen worden door vallende bouwdelen of zelfs bedolven worden onder puin
2. schaderisico aan gebouwen variërend van lichte scheurvorming tot blijvende ontwrichting of zelfs gehele instorting

Verder zijn er drie toestanden waarop het gebouw beoordeeld kan worden:

- **Damage Limitation (DL):** De constructie is alleen licht beschadigd waarbij constructieve elementen niet significant zijn vervormd en hun sterkte- en stijfheidseigenschappen hebben behouden. Niet-dragende elementen mogen verspreid kleine scheuren vertonen die economisch gezien eenvoudig kunnen worden gerepareerd. Permanente vervormingen zijn verwaarloosbaar. De constructie zelf behoeft geen reparatie.
- **Significant Damage (SD):** De constructie is aanzienlijk beschadigd met enige reststerkte, waarbij verticale elementen nog in staat zijn verticale belastingen af te dragen. De niet-constructieve onderdelen zijn beschadigd waarbij niet-dragende scheidingswanden en invulpanelen niet uit hun vlak zijn gekomen. Gematigde permanente vervormingen zijn aanwezig. De sterkte van de constructie is zodanig dat naschokken, mits gematigd in zwaarte zonder verdere beschadigingen kunnen worden weerstaan. Bij overschrijden van deze grenstoestand loont het waarschijnlijk niet de moeite over te gaan tot herstel.
- **Near Collapse (NC):** De constructie is zwaar beschadigd, maar de constructie is nog in staat zijn verticale belastingen af te dragen. Er zijn wel grote vervormingen opgetreden. De sterkte van de constructie is zodanig dat voortschrijdende instorting net niet plaatsvindt, maar waarschijnlijk zal een volgende aardbeving of andere belasting, ongeacht de zwaarte daarvan, leiden tot instorting. Bij overschrijding van de grenstoestand treedt bezwijken op en moet op slachtoffers worden gerekend.



Op termijn zal het bouwbesluit zeker gaan toetsen op grenstoestand "Near Collapse", aangezien dit een primair veiligheidsrisico betreft. Als een aardbeving plaatsvindt, moeten mensen de tijd hebben het gebouw veilig te verlaten en mogen gebouwen die op aardbevingen berekend zijn niet instorten. Als we hierna spreken over 'aardbevingsbestendig' bedoelen we dat het veiligheidsrisico aanvaardbaar is (Near Collapse). Dit betekent niet dat het gebouw elke aardbeving zonder schade zal doorstaan. Met name bij de zware aardbevingen kan schade verwacht worden, maar de veiligheid moet gegarandeerd blijven.

Toetsing op het schaderisico (Damage Limitation) betreft niet direct een veiligheidsrisico voor de constructie. Het gaat er meer om dat bij beperkte aardbevingen de constructie nauwelijks aangetast wordt en de bouwkundige schade beperkt blijft. Maar onder deze noemer is het goed mogelijk de bouwkundige onderdelen op veiligheid voor de gebruikers te toetsen. Ongeacht de sterkte van de structuur bij een grote aardbeving moet er ook gekeken worden of er bij een kleinere aardbeving de veiligheid van de gebruikers kan worden gegarandeerd.

3.2.

Aardbevingsbestendige constructie

Omdat gebouwen in Groningen voorheen niet in een aardbevingsgebied lagen, is bij het ontwerp van de gebouwen geen rekening gehouden met bevingen. Dit betekent dat bij toetsing van het gebouw op seismische belastingen naar voren zal komen dat diverse onderdelen niet voldoen. In welke mate deze onderdelen niet voldoen kan door specifiek nader onderzoek bepaald worden.

Een aardbeving draagt veel energie over op het gebouw. Het gebouw neemt deze energie op, maar mag niet bezwijken. Je zou dit kunnen vergelijken met een kreukelzone in een auto.

Je hebt een kreukelzone nodig om de energie van een botsing op te nemen. De kreukelzone bestaat uit een (stalen) structuur die veel vervormt en hierdoor energie kan opnemen. Tegelijkertijd zorgt een stalen kooi rond de inzittenden ervoor dat zij beschermd worden. Deze constructie is extra sterk.



In een gebouw moet hetzelfde worden gedaan. Er zijn seismische structuren nodig die de energie van de aardbeving op kunnen nemen. Tegelijkertijd moeten de niet-seismische onderdelen versterkt worden zodat zij zeker niet zullen bezwijken.

Dit kan betekenen dat er aan een bestaand gebouw nieuwe structuren moeten worden toegevoegd die energie moeten opnemen. Of bestaande structuren moeten zodanig "taai" worden gemaakt dat ze seismische energie opnemen. De elementen die niet de energie opnemen mogen niet eerder bezwijken dan de seismische elementen. Dit kan ook versterking noodzakelijk maken.

