



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
Parkeergarage Ossenmarkt Groningen

1 september 2015



seismisch advies

Seismische scan Parkeergarage Ossenmarkt Groningen

Project: **Seismische scan Exemplarische gebouwen**

Betreft: Parkeergarage Ossenmarkt, Spilsluizen 25 Groningen

Datum: 1 september 2015

Code: 13663-006-L

Opdrachtgever: Gemeente Groningen



Contactpersoon: ir. E. van Deelen

Opgesteld door: ir. G. Voorhoeve / ing. M. Horsman (constructief)
A. Hartman (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	11
2.3.	Niet-constructieve elementen	15
3.	Analyse en oplossingsrichting	16
3.1.	Toetsingskader	16
3.2.	Uitgangspunten en randvoorwaarden	16
3.3.	Analyse seismisch gedrag	20
3.4.	Analyse constructieve elementen	22
3.5.	Analyse niet-constructieve elementen	25
4.	Conclusies en aanbevelingen	27
4.1.	Conclusies	27
4.2.	Aanbevelingen	29
4.3.	Nader onderzoek	29
Bijlagen		30
Bijlage 1	Checklist constructieve en niet-constructieve elementen	30
Bijlage 2	Constructieve berekening	36
Bijlage 3	Tekeningen	42
Bijlage 4	Foto's	48
Bijlage 5	Aardbevingen, achtergrondinformatie en begrippen	82

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 parkeergarage 'Ossenmarkt', Spilsluizen 25 in 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.

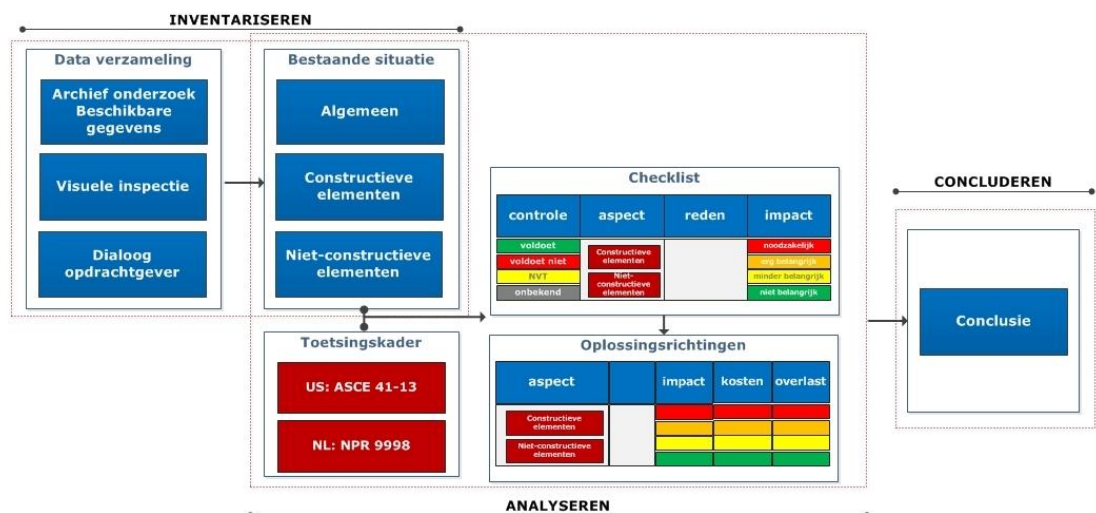
Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van de laatste kennis betreffende de seismische activiteit in de regio. Voortschrijdend inzicht in de verwachte aardbevingen en grondversnellingen, gekoppeld aan de voorziene gasproductie, kan in de (nabije) toekomst tot andere conclusies en aanbevelingen leiden.

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 1.1 zijn de stappen in samenhang weergegeven.



Figuur 1.1: 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". Er wordt kwalitatief beoordeeld of verschillende gebouwaspecten in overeenstemming zijn met deze richtlijn;
- 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 indicatieve oplossingsrichtingen aangedragen voor gebouwonderdelen die niet lijken te voldoen aan de huidige richtlijnen
- worden aanvullende adviezen gegeven voor sommige checklistaspecten die wel voldoen aan de richtlijnen, maar die met eenvoudige ingrepen verder kunnen worden verbeterd

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 zijn gebruikt:

1. Constructieve tekeningen Ballast Nedam:

tekeningnr.	Datum	Status	Omschrijving
• 19215/00-S-R-1002-1	20-01-1998		Wapening funderingsplaat
• 19215/00-S-D-2102-B	21-08-1997	Voor uitvoering	Trappenhuis A Entree
• 19215/00-S-D-2105-1	20-02-1998		Trappenhuis B Nood
• 19215/00-S-D-1102-B	21-08-1997		Diepwanden doorsneden en details
• 19215/00-S-D-2101-B	21-08-1997		Trappenhuisen overzicht
• 3979ta01	17-02-1998		Staalwerk t.b.v. afvijzelen (de Boer techniek en methode)

2. Constructieve berekeningen W2N Engineers /Mozes en De boer:

rapportnr.	Datum	Status	Omschrijving
• 97008/40	29-04-1998	Voor uitvoering	Montage en verbindingdetails
• 7.0.131	Jun 1998		Passerel

3. Bouwkundige tekeningen Olga Architecten:

tekeningnr.	Datum	Status	Omschrijving
• 205—d00	29-08-1997	Contract	Hoogteligging dakvloer
• 205—d01	29-08-1997		Dakvloer
• 205—d08	29-08-1997		Plattegrond voetgangsentree
• 205—d09	29-08-1997		Doorsneden 1-4
• 205—d10	29-08-1997		Gevelaanzichten
• 205—d11	29-08-1997		Nooduitgang Abonnementshouders Entree
• 205—d12	29-08-1997		Principedetails Hellingbaan inrit
• 205—d13	29-08-1997		Principedetails Entreegebouw
• 205—d14	29-08-1997		Details borstwering
• 205—d15	29-08-1997		Details hekwerk
• 205—d16	29-08-1997		Indeling portiersloge

4. Funderingsadvies Wiertsema & Partners:

rapportnr.	Datum	Status	Omschrijving
• VN 11030	1996	Voor uitvoering	Diverse sonderingen

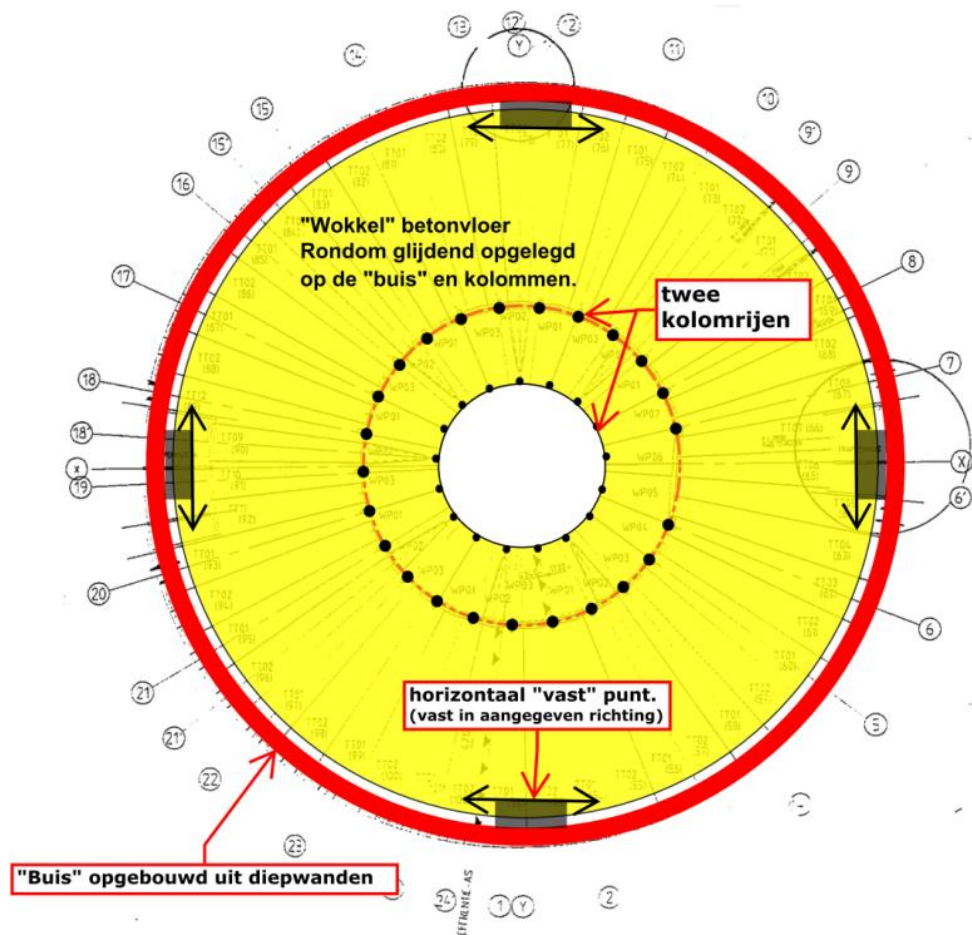
Geconstateerd wordt dat er in het gemeente archief geen constructieve detailtekeningen en berekeningen (meer) beschikbaar zijn. Dit heeft grote impact op de zekerheid voor de in dit rapport weergegeven beschouwingen. De resultaten en conclusies dienen dus met de nodige terughoudendheid te worden beschouwd.

2.1.2.

Beschrijving van het gebouw

Het gebouw betreft een ondergrondse parkeergarage bestaande uit een ronde diepwand met een dikte van 1 meter en een inwendige diameter van $\text{\O} 56 \text{ m}$. Binnen de ronde diepwandconstructie loopt een parkeerdek in 5 omwentelingen naar de garagebodem, gelegen op 15 meter onder maaiveld. Om de parkeergarage te kunnen verlaten is er voor elke omwenteling van het parkeerdek een doorsteek gemaakt naar de binnenring. Deze binnenring met een diameter van 24 meter bestaat uit twee ringen van kolommen waartussen een 5 meter brede retourbaan omhoog loopt. In het hart van de binnenring bevindt zich een ronde vide over de volledige hoogte van de parkeergarage.

De constructieve opbouw bestaat globaal uit een in de grond aangebrachte "buis" die door membraankrachten in staat is de omliggende grond te stabiliseren. In deze buis is de wokkelvormige vloerschijf glijdend opgelegd en rond het atrium ondersteund door kolommen. De voeg tussen vloer en diepwand is ca. 20 mm en gevuld met elastisch materiaal. De stabiliteit wordt verzorgd door in twee hoofdrichtingen de binnenconstructie horizontaal te fixeren aan de buis (zie figuur 2.1).



Figuur 2.1: Schematisch constructiesysteem.

De parkeergarage heeft voor toegang van de auto's een inrit bestaande uit een hellingbaan (figuur 2.2). Daarnaast heeft de parkeergarage aan twee zijden een trappenhuis ten behoeve van de toegang van voetgangers.



Figuur 2.2: Inrit parkeergarage Ossenmarkt.

- Bouwjaar: 1998
- Het totale bruto vloeroppervlak bedraagt ca. 12000 m².
- De cirkelvormige buitenwand van de parkeergarage is aangelegd door middel van een zogenaamd diepwandprocedé. Deze ring heeft een diepte van 25 meter en een dikte van 1 meter. Na het aanbrengen van de diepwand is de ruimte binnen de ring uitgegraven tot een diepte van 15 meter (11 m -NAP) onder het maaiveld.
- Als bodemafluiting wordt het zogenaamde poldersysteem toegepast. Door gebruik te maken van een plaatselijk aanwezige laag potklei. Om het opzwellen van de potklei als gevolg van de 15 meter diepe ontgraving op te kunnen vangen is er een aflat vijzelsysteem ter plaatse van de kolommen toegepast.
- De kolommen van de binnenring zijn op staal gefundeerd op een cirkelvormige poer met een buitendiameter van 28 meter.
- De hoofdafmetingen van de parkeergarage zijn vastgelegd op de plattegronden in de bijlagen.

2.1.3.

Geldigheid van de beschikbare stukken

Tijdens de visuele inspectie ter plaatse op 17 december 2014 is geconstateerd dat het gebouw vrijwel overeenkomt met de situatie zoals deze op de genoemde tekeningen is weergegeven. Enkel de beglazing van daklichten in het dek van de parkeergarage zijn verwijderd en afgesloten met een betonnen afdekplaat.

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:
Er is geen aantasting geconstateerd van de constructieve elementen.
- Scheurvorming:
Er is scheurvorming geconstateerd in de in een aantal oplegnokken van het parkeerdek. Daarnaast zijn scheuren geconstateerd in de overgang van diepwand constructie naar de passerel (foto 48).
- Verplaatsingen:
De TT-liggers van de parkeergarage wisselen op sommige plaatsen van elkaar. Om de ergste wisselingen te ondervangen zijn tussen een aantal liggers koppelingen aangebracht (foto 28). Verder zijn geen verplaatsingen geconstateerd.
- Uitgevoerde herstelwerkzaamheden:
Er zijn geen ingrijpende herstelwerkzaamheden waargenomen.

Enkele kenmerkende onderdelen van het gebouw zijn op foto vastgelegd, zie bijlage 4 van dit rapport.

2.2. Constructieve elementen

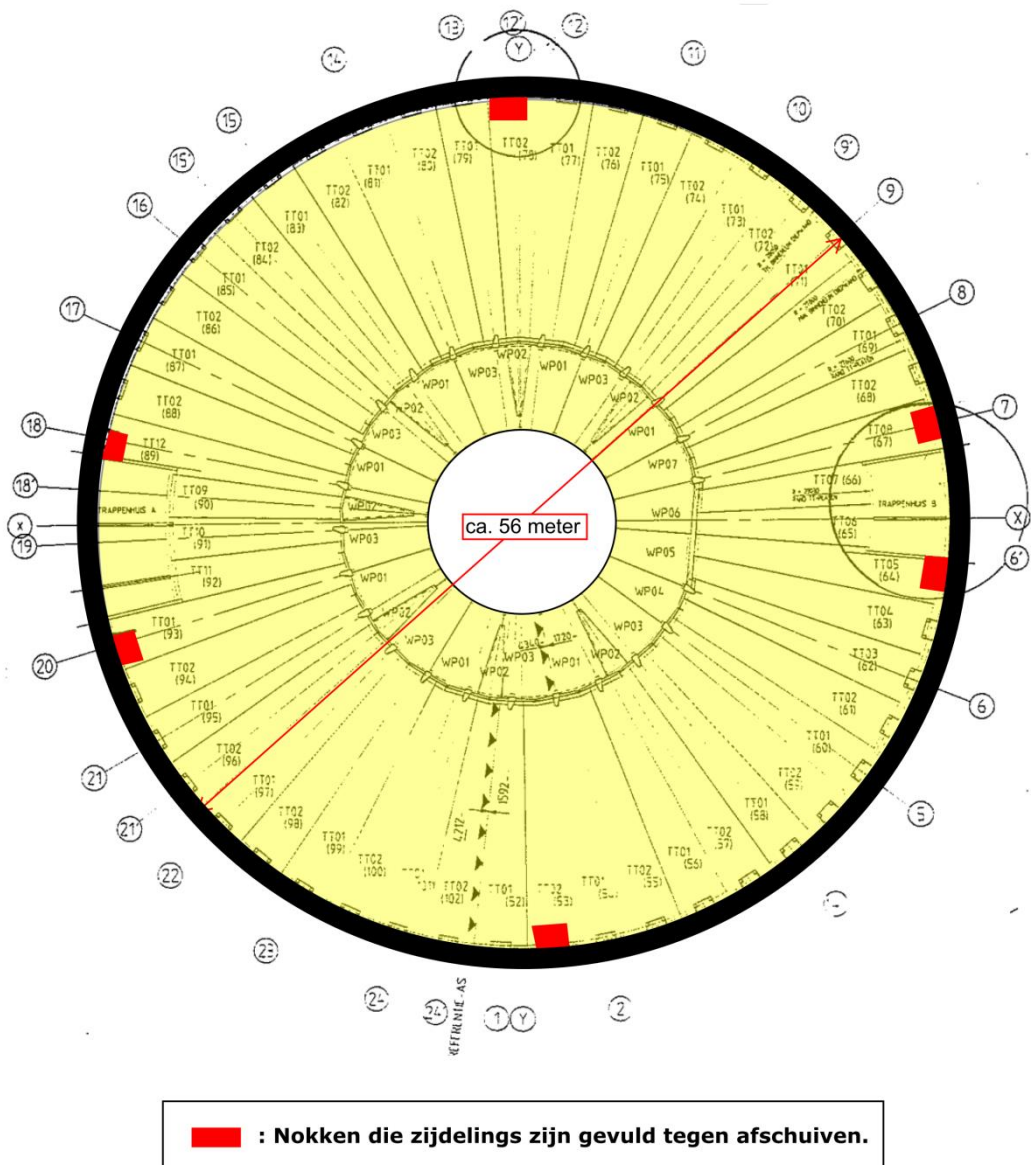
2.2.1. Hoofddraagconstructie

Algemeen

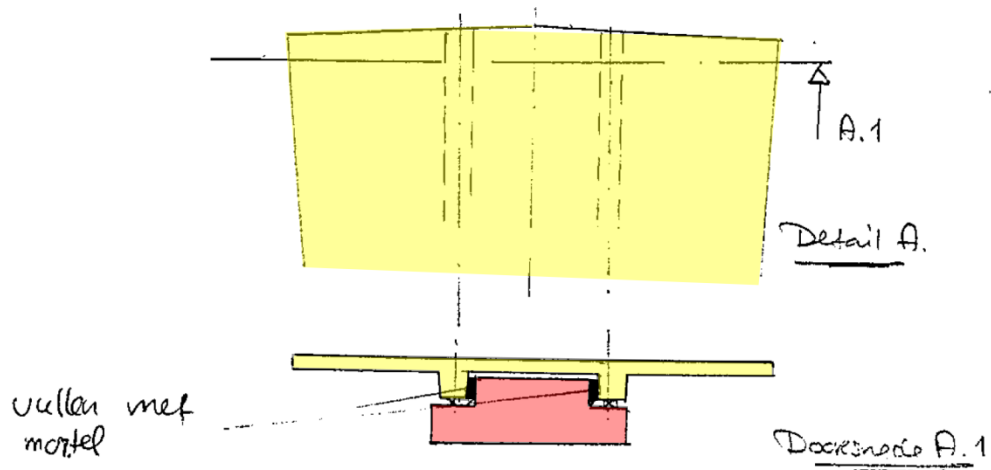
Het gebouw betreft een ronde ondergrondse parkeergarage met een wandconstructie bestaande uit een diepwand met een dikte van 1 meter. De inwendige diameter bedraagt \varnothing 56 m en de diameter van het atrium in het midden ca. \varnothing 12 m.

Vloeren

De vloer van het parkeerdek is opgebouwd uit voorgespannen wigvormige TT-vloerplaten. Deze zijn opgelegd op in-het-werk gestorte nokken aan de diepwand (foto 36). Deze oplegging is gerealiseerd middels rubberblokken. De voegaansluiting naar de diepwand is ca. 20 mm en gevuld met elastisch materiaal. De vloeren zijn daardoor niet in horizontale richting gesteund. Om verschuiven te voorkomen zijn op een zestal locaties de verticale voegen tussen de vloerplaten en de nokken gevuld met mortel (zie figuur 2.2 en 2.3).

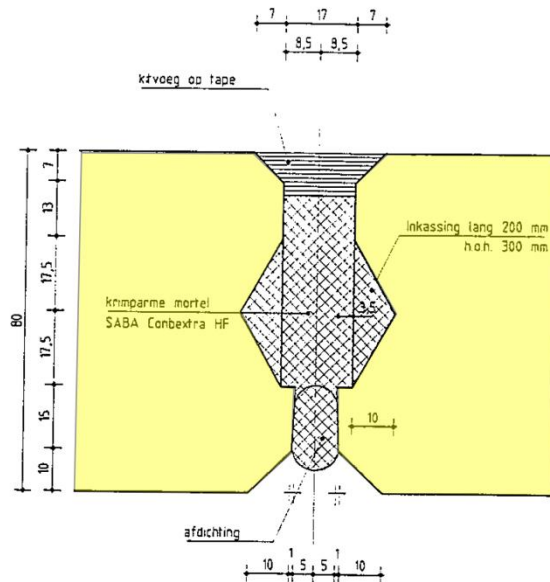


Figuur 2.2: Locaties van de aangegoten nokken t.b.v. horizontale steun (detail in figuur 2.3).



Figuur 2.3: Detail met mortel aangevulde nokken.

De voeg tussen de TT-vloerplaten onderling is aangegoten met krimparme mortel (figuur 2.4) en op enkele posities zijn naast elkaar gelegen ook nog gekoppeld met een staalplaat aan de onderzijde, om wisseling onderling van de platen te voorkomen (foto 28).



Figuur 2.4: Detail vulling plaatvoegen onderling.

Aan de binnenzijde (rond het atrium) liggen de TT-vloerplaten op aan de kolom geïntegreerde borstweringen (foto 3). Bij deze opleggingen zijn de platen voorzien van een horizontale koppeling. Deze is gerealiseerd met behulp van een stek uit het borstweringselement en balken die in een gat in de vloerplaat is aangegoten (foto 60). De voeg tussen de vloerplaten en de diepwand en tussen de vloerplaten en de prefab balken is gevuld met een elastisch materiaal (foto 58, 59 en 61).

In de binnenring die vanaf elke parkeerlaag bereikbaar is, zijn zogenaamde wokkelplaten toegepast die spiraalsgewijs naar boven de retourbaan vormen (foto 35). De platen zijn puntvormige opgelegd op nokken aan de prefab kolommen en daar ook voorzien van een horizontale koppeling met aangegoten stek (foto 62).

Dak

Het dak van de parkeergarage is uitgevoerd in voorgespannen railbalken met daar tussen een breedplaatvloer (foto 43, 45 en 55). De railbalken zijn opgelegd op een prefab balk over de kolommen en op de diepwand. Bij de opleggingen zijn rubberblokken toegepast (foto 44).

Kolommen

De binnenring bestaat uit twee ringen van kolommen met een lengte van 15 meter (foto 47 en 53). De kolommen lopen in één geheel van fundering tot dek. Ze zijn uitgevoerd in prefab beton en aan de onderzijde voorzien van een aflat-vijzelconstructie (foto 47 en 54) waarmee het opzwellen van de potklei onder funderingspoer gecompenseerd kan worden.

Inrit

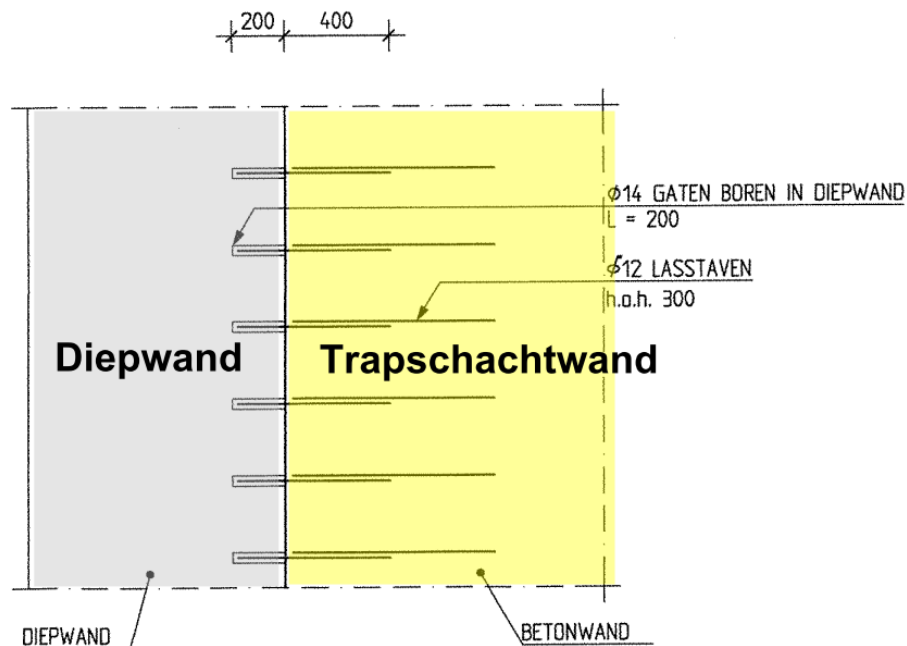
De inrit van de parkeergarage bestaat uit uitkragende voorgespannen betonbalk (foto 5 en 6). Boven op deze uitkragende balken is het dek van de inrit gestort.

Parkeerwachters ruimte

De parkeerwachters ruimte is een losse houten inbouwconstructie. Het plafond is opgehangen aan de railbalken van het dek (foto 12 en 13). De wanden zijn van hout en zijn afgesteund tegen het plafond en rusten op de parkeervloer.

Entree en trappenhuizen

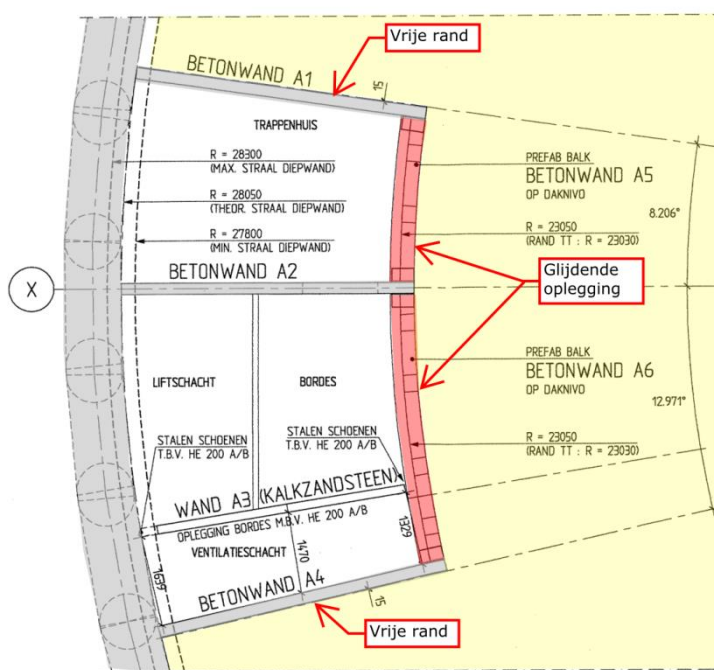
De entree en trappenhuizen van de parkeergarage bestaan uit in het werk gestorte betonwanden haaks op de diepwand. Deze zijn met ingelijmde wapening (figuur 2.5) gekoppeld aan de diepwand constructie (foto 30).



Figuur 2.5: Ingelijmde wapening t.b.v. ophanging trappenhuiswanden.

De wanden zijn gefundeerd op een funderingsbalk met een breedte van 400 mm. Verder bevindt zich onder de liften een liftput. Zowel balken als liftput zijn op staal gefundeerd op de potklei.

Aan de zijde van de parkeergarage is een balk/wand aangebracht waarop de parkeervloer glijdend is opgelegd (zie figuur 2.6).



Figuur 2.6: Oplegging parkeervloer op betonwanden trappenhuis.

Dilataties

In de hoofdconstructie van het gebouw zijn geen dilataties aanwezig. De TT-vloerplaten met de prefab constructie rondom het atrium kan verschuiven ten opzichte van de diepwand en is alleen via de zes eerder beschreven nokken gefixeerd.

2.2.2.

Stabiliteit

De stabiliteit van de parkeergarage wordt verzorgd door de 25 meter diepe ronde diepwandconstructie. Deze kan door ringdrukkracht, zonder verankering of stempeling, de horizontale gelijkmatige gronddruk weerstaan. Door de elastische voeg naar de vloerschijf is het niet mogelijk om krachten op de binnenconstructie uit te oefenen.

De binnenconstructie is niet zelf stabiel doch wordt met de eerder vermelde nokken geschoord aan de buisvormige diepwandconstructie.

2.2.3.

Fundering

De parkeergarage is gefundeerd middels de ronde diepwandconstructie en een ronde funderingspoer in het hart van de garage. Verder zijn er nog funderingsbalken en liftputten onder de trappenhuisen. Alle funderingselementen in de parkeergarage zijn op staal gefundeerd.

De grote centrale funderingspoer draagt de kolommen van de binnenring en is niet (bijvoorbeeld via een betonvloer o.i.d.) gekoppeld met de omliggende diepwand. De ruimte tussen deze poer en de diepwand is wel gevuld met grond zodat onderling verplaatsen wordt verhinderd.

Langs de diepwand is verder geen aparte funderingsconstructie aanwezig. De diepwand zelf wordt daar als dragend funderingselement gebruikt.

De bodemafluiting van de kelder wordt verzorgd door de laag potklei waarin de diepwandconstructie staat. Het eventuele opzwellen van deze laag als gevolg van de 15 meter diepe ontgraving kan gecompenseerd worden middels de aflat-vijzelconstructie van de kolommen.

2.3. *Niet-constructieve elementen*

2.3.1. *Gebouwschil*

De parkeergarage bestaat uit een ronde diepwandconstructie en is omsloten door grond. Daardoor heeft de parkeergarage geen gebouwschil.

Langs de randen van de vloerafscheidingen zijn tussen de betonnen kolommen metalen hekwerken aangebracht. Deze hekwerken zijn bevestigd aan op de betonnen vloerdelen. De hekwerken kunnen enigszins vervormen.

2.3.2. *Toegangen*

De parkeergarage is bereikbaar via 2 trappenhuizen.

Trappenhuis 1 (Ossenmarkt, foto 2): Dit trappenhuis bestaat uit een staalconstructie met glazen invulling. De trappen bestaan uit prefab trappen en bordessen (foto 31-34). De trappen zijn met een elastische oplegging opgelegd op de inkassing in de bordesplaat. De bordesplaten zijn op hun beurt aangestort aan de betonwanden. De bevestiging van de betonwanden is verder beschreven in paragraaf 2.2.1.

Trappenhuis 2 (Spilsluizen): In dit trappenhuis is de liftinstallatie gesitueerd. Het gebouw bestaat uit een staalconstructie met steenachtige wanden en beglazing. Nabij de toegang tot de lift bevinden zich grote glasoppervlakten in de gevels en dak.

2.3.3. *Inbouw*

In verkeersruimte richting trappenhuis 2 (Spilsluizen) en de parkeerwachters ruimte zijn geperforeerde metalen systeemplafonds aanwezig (foto 16).

2.3.4. *Installaties*

E en W installaties

De E- en W-installaties bestaan voornamelijk uit leidingen (waaronder droge blusleidingen, zie foto 40), hemelwaterafvoeren en leidinggoten. Deze zijn opgehangen aan de vloeren (foto 10).

In de technische ruimte (NSA) zijn een groot aantal besturingskasten opgesteld (foto 20). In het tweede deel van de technische ruimte staat een noodstroom aggregaat opgesteld dat draait op dieselolie (foto 21). De diesel is in jerrycans opgeslagen in het 1^e gedeelte van de technische ruimte (foto 24).

Verlichting

Verlichting wordt gerealiseerd door armaturen bevestigd aan de onderzijde van de betonvloeren (foto 9).

Sprinkler

De parkeergarage is niet voorzien van een sprinkler installatie.

Liften

In de parkeergarage zelf bevinden zich twee tractieliften (foto 18). In trappenhuis 2 bevindt zich een hydraulische lift (zie paragraaf 2.3.2).

3. Analyse en oplossingsrichting

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.

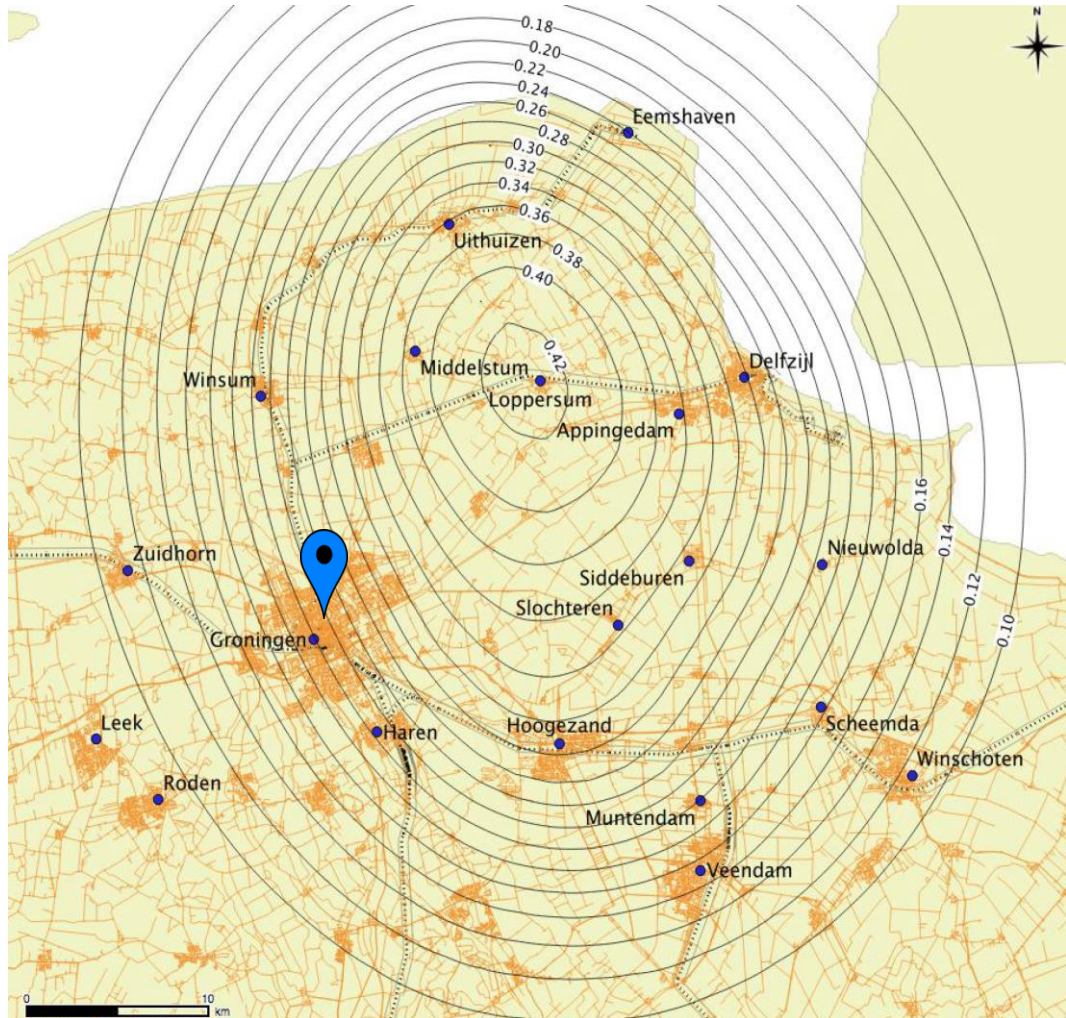
Uitgangspunt	Invoer	Bron
Piekgrondversnelling $a_{a,ref}$	0,24 g	NPR 9998 (3.2.1)
Gevolklasse (Consequence Class)	CC2	NEN-EN 1990 (2.3)
Belangklasse (Importance Class)	III	NEN-EN 1998-1 (4.2.5)

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

Piekgrondversnelling

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 3.1.



Figuur 3.1: Contourplot van de piekgrondversnellingen $a_{g,ref}$ met een herhalingsstijd van 475 jaar (NPR d.d. februari 2015)

Gevolgklasse

Gevolgklasse CC2 is aangehouden zoals vereist voor parkeergarages.

Belangklasse

Belangklasse III is gehanteerd, zoals vereist voor parkeergarages met een oppervlakte groter dan 1000 m².

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 "belangrijke 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 "belangrijke 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.

		Grenstoestand	Waarde
Constructieve toets			
Berekening	NPR 9998	Near Collapse	
Herhalingstijd			1500 jaar
Piekgrondversnelling $a_{g,d}$			0,34 g
Checklist	ASCE	Life Safety	
Seismisch niveau			high
Bouwkundige toets			
Berekening	VU-NEN	Damage Limitation	
Herhalingstijd			100 jaar
Piekgrondversnelling $a_{g,d}$			0,12 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 stijve 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 type C2: 'Concrete shear walls with stiff/flexible diaphragms'	16.10 LS
Niet-constructieve elementen	
Nonstructural checklist	16.17

Tabel 4: Relevante ASCE checklists voor toetsing van constructieve elementen

3.3. *Analyse seismisch 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:

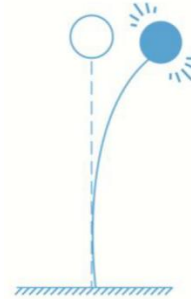
- a) Zijdelingse Belasting Methode met een eenvoudige benadering van de trillingstijd conform de NPR 9998
- b) Spectrale Modale Responsieberekening met een exacte berekening van de trillingstijden, gebaseerd op aannames naar de stijfheden van de constructie.

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

3.3.1. *Zijdelingse Belasting Methode*

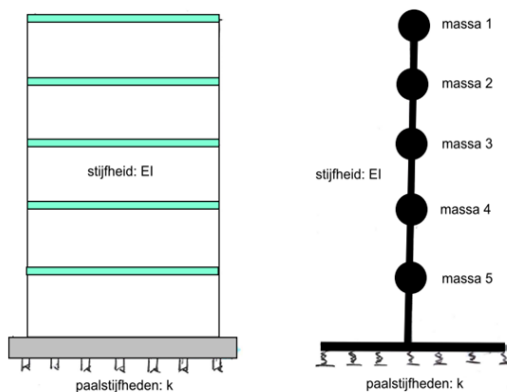
Bij de Zijdelingse Belasting Methode wordt enkel gekeken naar de eerste eigenfrequentie van de structuur. Deze wordt geschat met eenvoudige formules uit de NPR. De schatting houdt geen rekening met specifieke stijfheden van onderdelen van de structuur, maar met generieke eigenschappen van het betreffende 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 hoofdrichtingen gemodelleerd tot een massa-veersysteem (figuur 3.2.), 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 3.2: *Gebouw schematisering en stabiliteitssystemen in twee hoofdrichtingen*

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.

Model beschrijving

De hiervoor beschreven methoden zijn voor deze constructie niet zonder meer van toepassing. De diepwandconstructie is door zijn ronde vorm enorm stabiel en zit volledig opgesloten in de grond. Hierdoor zal bij een aardbeving de volledige diepwandconstructie mee willen bewegen met de trilling van de grond. De vloerplaten binnen de diepwand zullen deze beweging ook meemaken, en oefenen daarbij een horizontale kracht uit op de damwandconstructie. Deze horizontale seismische lasten worden via aangegoten nokken afgedragen naar de diepwandconstructie. Indien deze nokken deze kracht niet door kunnen geven zal de binnenconstructie tegen de diepwandbuis gaan "hameren".

Voor de bepaling van de in trilling gebrachte massa is een eenvoudige gewichtsberekening gemaakt over één van de vrijliggende vloerplaten, welke is opgenomen in bijlage 2. Vervolgens daarmee een benaderingsberekening gemaakt voor de seismische last.

3.3.4.

Uitvoer model

De meest belangrijke uitvoer van de analyse is de maximaal optredende horizontale seismische belasting. Deze belasting grijpt aan in de massazwaartepunten van de verdiepingvloeren, en dient via het stabiliteitssysteem te worden overgebracht naar de fundering (in dit geval de diepwand). In de constructieve toetsing wordt beoordeeld of verschillende elementen in het stabiliteitssysteem voldoende capaciteit hebben om deze belasting af te dragen. In deze situatie betreffen dit de in paragraaf 2.2.1. en in figuur 2.2 en 2.3 aangegeven nokken.

Bij het beoordelen van de resultaten is het van belang te realiseren dat er in het gemeente archief geen constructieve detailtekeningen en berekeningen (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	Optredende belastingen		Capaciteit van de wanden
	Zijdelingse Belasting Methode	Spectrale Modale Responsie Berekening	
Beide richtingen	2570 kN	5230 kN	126 kN

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 inschatting 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 onwerkbare conclusies.*";

Oplossingsrichting

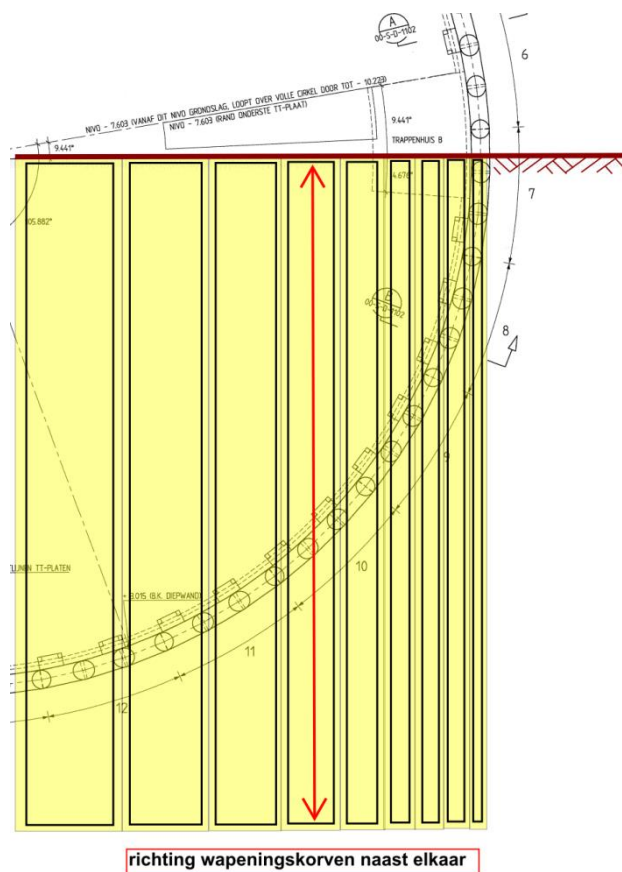
Het effect dat liquefactie op de fundering heeft dient nader onderzocht te worden. Dit kan na gereedkomen van aanvullend geotechnisch onderzoek en nadat de normgeving op dit gebied verder is geëvolueerd.

Diepwand

De diepwandconstructie bestaat uit in de grond gevormde betonelementen met daarin aangebrachte wapeningskorven. Deze korven staan verticaal naast elkaar en hebben onderling geen overlappende wapening. De zo in de grond gevormde "buis" bestaat dus fictief uit allemaal tegen elkaar staande gewapende "schotten". Deze buis is instaat om de grote membraan drukkracht door te geven die ontstaat uit een gelijkmatige statische alzijdige gronddruk (uniforme alzijdige belasting). De diepwand is daarop ook ontworpen.

In geval van aardbeving zou het kunnen gebeuren dat de rondom aanwezige potklei niet gelijkmatig reageert. Daardoor ontstaat een niet uniforme belasting en wordt er in de wand naast een membraan kracht een buigkracht gegenereerd. Daarvoor is gezien de losse wapeningskorven geen wapening voor aanwezig. De wand zal in dat geval een verticale scheurvorming vertonen.

Daarnaast is het de vraag of de seismische aanstoting over de hoogte gelijkmatig plaatsvindt. Door het verschillend reageren van de potklei op verschillende diepten, zullen de elementen in diepgerichting op buiging belast worden. De vraag is of daarvoor voldoende wapening aanwezig is (De wapening van de diepwand elementen is niet bekend).



Figuur 3.3: Verticale wapeningskorven in diepwanden (losse elementen).

Oplossingsrichting

Om de hiervoor beschreven effecten te kunnen beoordelen is het nodig de lokale geotechnische parameters vast te leggen. Hiervoor is grondonderzoek op locatie noodzakelijk. In dat onderzoek dient ook rekening te worden gehouden met het gedrag van de omliggende grond in relatie tot diepte effecten, grondwater etc. Dan dient er een complex 3D-model te worden vervaardigd waarin naast de constructie tevens de grondeigenschappen meegenomen dienen te worden. Indien de diepwand niet blijkt te voldoen kan een versterking gezocht worden in het laten samenwerken met de wokkelvormige parkeervloer die daarvoor versterkt dient te worden.

Keldervloer

De funderingspoer met daarop de prefab kolommen van de binnenring is gefundeerd op staal. De ruimte tussen de funderingsconstructie en de diepwand is gevuld met potklei waardoor bij een aardbeving de poer gelijkmatig met de diepwand zal meebewegen. Toch is het de vraag of dit afdoende is.

Oplossingsrichting

Nader onderzoek van aanvulling van de grond rondom de poer. Indien onvoldoende, kan een betonvloer aangebracht worden, zodat een stabiele koppeling ontstaat.

Kolommen

De prefab kolommen ter plaatse van de binnenring zijn voorzien van een stalen tussenkolom (foto 52 en 54) die gebruikt kan worden om de kolommen met vijzels te laten zakken ter compensatie van het eventuele zwellen van de potklei ondergrond. Hierdoor ontstaat een wat tuitelige constructie (weak storey) die een gevaar oplevert bij een horizontale beweging.

Oplossingsrichting

De oplossingsrichting bestaat uit het zijdelings steunen van de kolommen en de tussenkolom met een hulpconstructie die geschoord is aan de funderingspoer.

3.4.2.

Hoofddraagconstructie / stabiliteit

De vloerschijven binnen de diepwandconstructie zijn op een zestal tegenover elkaar gelegen locaties (zie figuur 2.2) in het horizontale vlak gesteund aan de diepwand met behulp van aangegoten nokken. Deze kunnen via afschuiving maar beperkt een horizontale belasting afdragen aan de diepwandconstructie. De horizontale seismische belasting, als gegeven in tabel 5, moet via de nokken worden afgedragen naar de damwandconstructie. Uit de toetsing van hierbij optredende afschuifspanningen blijkt echter dat er onvoldoende capaciteit is voor de afdracht van de lasten. De resultaten van de toetsing zijn opgenomen in onderstaande tabel 6. De laatste kolom geeft een vergelijking tussen de benodigde en de beschikbare capaciteit, waarbij een waarde hoger dan 1 duidt op onvoldoende capaciteit.

Schuifspanning [N/mm ²]	Optredende spanningen		Capaciteit van de nokken
	Zijdelingse Belasting Methode	Spectrale Modale Responsie Berekening	
Beide richtingen	7,14	14,53	0,35

Tabel 6: Toetsing van stabiliteitssysteem op afschuiving

De uit TT-vloerplaten opgebouwde vloeren zijn niet voorzien van een druklaag en er bevindt zich tussen de vloeren en de diepwand een elastische voeg (foto 61). De voegen tussen vloerplaten zijn gevuld met krimparme mortel en verder met stekken gekoppeld aan de prefab balken en kolommen. De vloeren zijn ter plaatse van de kolommen en balken gekoppeld met aangegoten stekken (foto 56, 58-60 en 62).

Oplossingsrichting

Een oplossingsrichting kan bestaan uit het aangieten met krimparme mortel van de voegen in de vloer tussen de diepwand en de vloerschijf en de voegen tussen de vloeren en balken. Er zal dan een schijf ontstaan die in elke richting gesteund is door de diepwand en daarnaast door de wigvorm van de elementen één geheel gaat vormen.

Een alternatief kan bestaan uit het aanbrengen van een volledige druklaag waarmee ook het probleem van de onderling wisselende TT-vloerplaten is opgelost. In dit geval dient wel gecontroleerd te worden of de vloeren, balken en kolommen deze aanvullende belasting kunnen dragen.

3.4.3.

Dilataties

Rondom de vloer bevindt zich een elastische voeg. Om "aanstoten" te voorkomen moet een minimale tussenruimte van circa 8,4 mm (NC) worden aangehouden ($=0,7 \cdot \sqrt{(8,5^2 + 8,5^2)}$) uitgaande van een maximale seismische vervorming behorend bij $a_{g,d} = 0,34g$ en de NEN EN 1998-1: Artikel 4.4.2.7). Dit lijkt haalbaar gezien de dilatatiebreedte van ca. 20 mm.

3.5. Analyse niet-constructieve elementen

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen uit de analyse voor niet-constructieve elementen toegelicht, waarbij 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	3 mm
Over totale gebouw	3 mm

Tabel 7: vervormingen in the Damage Limitation grenstoestand

3.5.1. Toegangen

De grote glasoppervlakten in de gevels en het dak in diverse delen van het gebouw bestaan, gezien de eisen uit het Bouwbesluit, uit veiligheidsglas.

Oplossingsrichting

De beglazing in de trappenhuizen en parkeerwachter ruimte is gehard. Voorzieningen kunnen worden getroffen om te voorkomen dat het glas uit de sponning valt. Dit is met name van toepassing voor de grote glasoppervlakten ter plaatse van de gevels en daken in trappenhuis 1 en 2.

3.5.2. Inbouw

In de verkeersruimte richting trappenhuis 2 (Spilsluizen) en de parkeerwachters ruimte zijn metalen geperforeerde systeemplafonds aanwezig. Uitval van plafonddelen, met name in de verkeersruimte richting trappenhuis 2 kan mogelijk schade en persoonlijk letsel veroorzaken. Het schoren van de systeemplafonds is bouwkundig goed uitvoerbaar en leidt tot minder schadegevoeligheid en letsel in geval van een aardbeving.

Oplossingsrichting

Advies is het systeemplafond in de verkeersruimte richting trappenhuis 2 te borgen tegen uitval of te vervangen door een lichte plafondsysteem.

3.5.3. Installaties

E- & W- installaties

In de richtlijnen worden met de gestelde uitgangspunten alleen eisen gesteld aan leidingwerk met gevaarlijke vloeistoffen. Deze zijn in de geïnspecteerde delen volgens opgave niet aanwezig. Het verdient echter aanbeveling valgevoelige, zwaardere apparatuur (>10 kg) met een zwaartepunt boven 1,2 m¹ te verankeren aan de draagconstructie, zoals bijvoorbeeld de stuwdruk ventilatoren (foto 8).

Droge blusleidingen

Droge blusleidingen zijn nu star bevestigd aan wanden (foto 40). De doorvoeringen zijn beperkt flexibel.

Oplossingsrichting

Voor leidingwerk dat van belang is voor de gebruiksveiligheid is het raadzaam deze te voorzien van flexibele bevestigingen en/of koppelingen. Dit is met name van toepassing ter plaatse van de doorvoeringen.

Diesel olie (NSA)

De jerrycans staan nu los op een verhoging en zijn niet gezekeerd (foto 24).

Advies

Aanbevolen wordt de jerrycans in gezekeerde houders te plaatsen.

Reclamebord

Boven de rijbaan hangt een groot reclamebord (foto 6 en 7). Het zwaartepunt ligt boven de 1,2 m.

Oplossingsrichting

De verankering van het reclamebord op seismische belasting controleren zodat het bord voldoende verankerd is aan de achterliggende betonstructuur.

Bewegwijzering

Boven de rijbaan is bewegwijzering opgehangen.

Advies

Geadviseerd wordt deze voldoende te zekeren tegen vallen.

Verlichting

In de garage zijn op sommige locaties armaturen aanwezig die vrij hangen (foto 9 en 11).

Oplossingsrichting

Vrij hangende armaturen kunnen worden gezeurd en afgeschoord om te ver uitzwaaien te voorkomen.

Armaturen in systeemplafonds kunnen worden gezeurd door middel van een afzonderlijke ophangconstructie.

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 naar 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 4. 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 gemeente archief geen constructieve detailtekeningen en -berekeningen (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>			
Aanpassen en versterken vloerschijf	■	■	■
Realiseren van een vloerschijf	■	■	■
Verstevigen stalen kolomdelen onder de prefab kolommen	■	■	■
Mogelijk aanbrengen van een keldervloerschijf	■	■	■
Niet-Constructieve elementen			
<i>Toegangen</i>			
Verbeteren bevestiging beglazing grote glasoppervlakken	■	■	■
<i>Installaties</i>			
Armaturen bevestigen aan constructie	■	■	■

Tabel 4: Samenvatting oplossingsrichtingen



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.

- Het vaststellen van de grondsamenstelling door het uitvoeren van een nader bodemonderzoek;
- Nadere informatie over de rekenwijze van en de mogelijke schadebeelden bij liquefactie;
- Opstellen 3D-model waarin naast de constructie tevens de grondeigenschappen meegenomen worden.

Bijlagen
Bijlage 1

Checklist constructieve en niet-constructieve elementen

Project	Seismische scan Exemplarische gebouwen	Parkeergarage Ossemarkt	Werkcode	13663-06-L
Opdrachtgever	Gemeente Groningen		Referentie	hor
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	VN	NVT	O			<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ffff00; border: 1px solid black;"></div> Erg belangrijk <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #ffff00; border: 1px solid black;"></div> Belangrijk <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #90ee90; border: 1px solid black;"></div> Minder belangrijk <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: #add8e6; border: 1px solid black;"></div> Niet belangrijk </div>
16.17t INBOUW										
Partitions										
			16.17b_a			NVT		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)		
			16.17b_b			NVT		LS-LMH; PR-LMH. HEAVY PARTITIONS SUPPORTED BY CEILING: 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)		
			16.17b_c	V				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)	Wanden zijn gekoppeld aan de diepwand. Deze laatste beweegt gelijkmatig heen en weer bij een aardbeving.	Belangrijk
			Ceilings 16.17b			NVT		LS-		
			16.17b_g			NVT		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)		
			16.17b_h			NVT		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)		
			Contents and Furnishings 16.17b_n			NVT		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			NVT		LS-		
			16.17c_ay			NVT		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)		
			16.17c_b	V				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)	Trappen met een ongefiekerd tandoplegging uitgevoerd. Is naar verwachting voldoende sterk om vervormingen op te vangen.	Belangrijk
16.17c INSTALLATIES										
			Life Safety Systems			NVT		LS-		
			16.17d_a			NVT		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			VN		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)	droge blusleiding	Erg belangrijk
			16.17d_c	V				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)	Aandachtspunt: dieselopslag naast elektrakasten en noodstroomaggregaat	Minder belangrijk
			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			NVT		LS-		
			16.17d_g			NVT		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			NVT		LS-		
						NVT		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)		

Project	Seismische scan Exemplarische gebouwen	Parkeergarage Ossemarkt	Werkcode	13663-06-L
Opdrachtgever	Gemeente Groningen		Referentie	hor
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	VN	NVT	O			<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100px;"> Erg belangrijk Belangrijk Minder belangrijk Niet belangrijk </div>

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 lead 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)						Belangrijk
16.1_b	V		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)				Buitenwanden zijn niet afhankelijk van vloerschijven voor afsteuning		Erg belangrijk

16.1.2 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)						Belangrijk
16.1.2LS_b		NVT	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)				Er is geen aangrenzende bebouwing.		Minder belangrijk
16.1.2LS_c		VN	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)				Vloeren zijn onvoldoende gekoppeld aan buitenwand		Erg belangrijk
16.1.2LS_d	V		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. A.2.2.2. Tier 2: Sec. 5.4.2.1)						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 seismic-force-resisting system stiffness in an adjacent story above or less than 80% 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)						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)						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)						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)						Belangrijk
16.1.2LS_j	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)						Belangrijk

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

Geologic Site Hazards

16.1.2LS_j	V		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)				Uit sonderingen blijkt dat er gefundeerd is op een kleilaag op 11,0 - NAP. De kleilaag loopt tot max verkende diepte van 32,0 - NAP .		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		NVT	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)						
16.1.2LS_n	V		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)				Funderingspoer is ingesloten door klei die gesteund wordt door de diepwand.		Erg belangrijk

Project	Seismische scan Exemplarische gebouwen	Parkeergarage Ossenberg	Werkcode	13663-06-L
Opdrachtgever	Gemeente Groningen		Referentie	hor
Onderwerp	ASCE 41-13 Checklist		Printdatum	28-05-15
Versienummer	nr. 2		Adviesgroep	SA

nr	seismicity	part	item	Compliant (voldoet)	Non Compliant (voltoet niet)	Not Applicable (NV; komt niet voor)	Unknown (Onbekend)	check	reden gebrek	impact
				V	VN	NVT	O			<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100px;"> Erg belangrijk Belangrijk Minder belangrijk Net belangrijk </div>

16.10L LIFE SAFETY STRUCTURAL CHECKLIST FOR BUILDING TYPES C2: BETONNEN STABILITEITSWANDEN MET STIJVEN VLOERSCHIJVEN EN C2A: BETONNEN STABILITEITSWANDEN MET FLEXIBELE VLOERSCHIJVEN

Low and Moderate Seismicity

nr	seismicity	part	item	Compliant (voldoet)	Non Compliant (voltoet niet)	Not Applicable (NV; komt niet voor)	Unknown (Onbekend)	check	reden gebrek	impact
Seismic-Force-Resisting System										
16.10LS_a				V				COMPLETE FRAMES: Steel or concrete frames classified as secondary components form a complete vertical-load-carrying system. (Commentary: Sec. A.3.1.6.1. Tier 2: Sec. 5.5.2.5.1)	Kolommen binnenring vormen één geheel van dek tot fundering.	Belangrijk
16.10LS_b				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)	De diepward is cirkelvormig.	Belangrijk
16.10LS_c						NVT		SHEAR STRESS CHECK: The shear stress in the concrete shear walls, calculated using the Quick Check procedure of Section 4.5.3.3, is less than the greater of $0,8 \text{ N/mm}^2$ or $2 \sqrt{f'_c}$. (Commentary: Sec. A.3.2.2.1. Tier 2: Sec. 5.5.3.1.1)	De diepward is cirkelvormig doorlopend.	
16.10LS_d					VN			REINFORCING STEEL: The ratio of reinforcing steel area to gross concrete area is not less than 0.0012 in the vertical direction and 0.0020 in the horizontal direction. (Commentary: Sec. A.3.2.2.2. Tier 2: Sec. 5.5.3.1.3)	Het exacte wapeningspercentage in de diepwarden is niet bekend. Horizontaal is er nooit een doorlopende wapening tussen de diepwardelementen aanwezig.	Belangrijk
Connections										
16.10LS_e				V				WALL ANCHORAGE AT FLEXIBLE DIAPHRAGMS: Exterior concrete or masonry walls that are dependent on flexible diaphragms 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 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)	Buitenwanden zijn niet afhankelijk van vloerschijven voor afsteuning	Erg belangrijk
16.10LS_f					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)	De verdiepingvloeren zijn op een aantal posities gekoppeld aan de diepward.	Erg belangrijk
16.10LS_g						NVT		FOUNDATION DOWELS: Wall reinforcement is doweled into the foundation with vertical bars equal in size and spacing to the vertical wall reinforcing immediately above the foundation. (Commentary: Sec. A.5.3.5. Tier 2: Sec. 5.7.3.4)		

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

nr	seismicity	part	item	Compliant (voldoet)	Non Compliant (voltoet niet)	Not Applicable (NV; komt niet voor)	Unknown (Onbekend)	check	reden gebrek	impact
Seismic-Force-Resisting System										
16.10LS_h				V				DEFLECTION COMPATIBILITY: Secondary components have the shear capacity to develop the flexural strength of the components. (Commentary: Sec. A.3.1.6.2. Tier 2: Sec. 5.5.2.5.2)	De secundaire elementen zijn uitgevoerd in prefab beton. Deze zullen niet snel buiging kunnen opnemen.	Belangrijk
16.10LS_i					VN			FLAT SLABS: Flat slabs or plates not part of the seismic-force-resisting system have continuous bottom steel through the column joints. (Commentary: Sec. A.3.1.6.3. Tier 2: Sec. 5.5.2.5.3)	De vloeren van de binnenring zijn van prefab, dus geen doorlopende onderwapening tussen de elementen.	Belangrijk
16.10LS_j				V				COUPLING BEAMS: The stirrups in coupling beams over means of egress are spaced at or less than $d/2$ and are anchored into the confined core of the beam with hooks of 135 degrees or more. The ends of both walls to which the coupling beam is attached are supported at each end to resist vertical loads caused by overturning. (Commentary: Sec. A.3.2.2.3. Tier 2: Sec. 5.5.3.2.1)	Wapening prefab koppelbalken onbekend, maar aan deze eisen volgens de nederlandse voorschriften voldaan.	Belangrijk
Connections										
16.10LS_k						NVT		UPLIFT AT PILE CAPS: Pile caps have top reinforcement, and piles are anchored to the pile caps. (Commentary: Sec. A.5.3.8. Tier 2: Sec. 5.7.3.5)	De parkeergarage is gefundeerd op staal.	
Diaphragms (Flexible or Stiff)										
16.10LS_l					VN			DIAPHRAGM CONTINUITY: The diaphragms are not composed of split-level floors and do not have expansion joints. (Commentary: Sec. A.4.1.1. Tier 2: Sec. 5.6.1.1)	Prefab vloerplaten zijn gedilateerd. Vloeren zijn verlopend aangebracht dus niet op één vlak niveau.	Erg belangrijk
16.10LS_m				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 vloeropeningen ondergeschikt t.o.v. de totale lengte van alle stabiliteitswanden.	Minder belangrijk
Flexible Diaphragms										
16.10LS_n						NVT		CROSS TIES: There are continuous cross ties between diaphragm chords. (Commentary: Sec. A.4.1.2. Tier 2: Sec. 5.6.1.2)		
16.10LS_o						NVT		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)		
16.10LS_p						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)		
16.10LS_q						NVT		DIAGONALLY SHEATHED AND UNBLOCKED DIAPHRAGMS: All diagonally sheathed or unblocked wood structural panel diaphragms have horizontal spans less than 8 m and aspect ratios less than or equal to 4-to-1. (Commentary: Sec. A.4.2.3. Tier 2: Sec. 5.6.2)		
16.10LS_r				V				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)		Minder belangrijk

Project	Seismische scan Exemplarische gebouwen	Parkeergarage Ossemarkt	Werkcode	13663-06-L
Opdrachtgever	Gemeente Groningen		Referentie	hor
Onderwerp	ASCE 41-13 Checklist		Printdatum	28-05-15
Versionummer	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="display: flex; justify-content: space-between; width: 100px;"> Erg belangrijk Belangrijk Minder belangrijk Niet belangrijk </div>

16.12L LIFE SAFETY STRUCTURAL CHECKLIST FOR BUILDING TYPES PC1: PRECAST OR TILT-UP CONCRETE SHEAR WALLS WITH FLEXIBLE DIAPHRAGMS AND PC1A: PRECAST OR TILT-UP CONCRETE SHEAR WALLS WITH STIFF DIAPHRAGMS

Low Seismicity

Connections

16.12LS_a	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)	Erg belangrijk
-----------	----	---	----------------

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

Seismic-Force-Resisting System

16.12LS_b	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)	De diepwand is cirkelvormig.	Belangrijk
16.12LS_c	NVT	WALL SHEAR STRESS CHECK: The shear stress in the precast panels, calculated using the Quick Check procedure of Section 4.5.3.3, is less than the greater of $0,8 \text{ N/mm}^2$ or $2\sqrt{f'_c}$. (Commentary: Sec. A.3.2.3.1, Tier 2: Sec. 5.5.3.1.1)		
16.12LS_d	V	REINFORCING STEEL: The ratio of reinforcing steel area to gross concrete area is not less than 0.0012 in the vertical direction and 0.0020 in the horizontal direction. (Commentary: Sec. A.3.2.2, Tier 2: Sec. 5.5.3.1.3)	Het exacte wapeningspercentage in de wanden is niet bekend, maar aan deze eisen wordt volgens de nederlandse voorschriften voldaan.	Belangrijk
16.12LS_e	NVT	WALL THICKNESS: Thicknesses of bearing walls shall not be less than 1/40 the unsupported height or length, whichever is shorter, nor less than 100 mm. (Commentary: Sec. A.3.2.3.5, Tier 2: Sec. 5.5.3.1.2)		

Diaphragms

16.12LS_f	VN	TOPPING SLAB: Precast concrete diaphragm elements are interconnected by a continuous reinforced concrete topping slab with a minimum thickness of 50 mm. (Commentary: Sec. A.4.5.1, Tier 2: Sec. 5.6.4)	Deze 50 mm dikke druklaag is niet aanwezig.	Minder belangrijk
-----------	----	---	---	-------------------

Connections

16.12LS_g	NVT	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)		
16.12LS_h	V	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)	De vloerschijven zijn d.m.v. wapening verbonden met de i.h.w.g. stabiliteitswanden	Belangrijk
16.12LS_i	NVT	TOPPING SLAB TO WALLS OR FRAMES: Reinforced concrete topping slabs that interconnect the precast concrete diaphragm elements are dowelled for transfer of forces into the shear wall or frame elements. (Commentary: Sec. A.5.2.3, Tier 2: Sec. 5.7.2)		
16.12LS_j	V	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)		Belangrijk

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

Seismic-Force-Resisting System

16.12LS_k	V	DEFLECTION COMPATIBILITY FOR RIGID DIAPHRAGMS: Secondary components have the shear capacity to develop the flexural strength of the components. (Commentary: Sec. A.3.1.6.2, Tier 2: Sec. 5.5.2.5.2)	De prefab elementen bezitten voldoende afschuifcapaciteit om de vervorming a.g.v. buiging mee te kunnen maken.	Belangrijk
16.12LS_l	NVT	WALL OPENINGS: The total width of openings along any perimeter wall line constitutes less than 75% of the length of any perimeter wall when the wall piers have aspect ratios of less than 2-to-1. (Commentary: Sec. A.3.2.3.3, Tier 2: Sec. 5.5.3.3.1)		

Diaphragms

16.12LS_m	NVT	CROSS TIES IN FLEXIBLE DIAPHRAGMS: There are continuous cross ties between diaphragm chords. (Commentary: Sec. A.4.1.2, Tier 2: Sec. 5.6.1.2)		
16.12LS_n	NVT	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)		
16.12LS_o	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)		
16.12LS_p	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)		
16.12LS_q	V	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)		Minder belangrijk

Connections

16.12LS_r	NVT	MINIMUM NUMBER OF WALL ANCHORS PER PANEL: There are at least two anchors from each precast wall panel into the diaphragm elements. (Commentary: Sec. A.5.1.3, Tier 2: Sec. 5.7.1.4)		
16.12LS_s	V	PRECAST WALL PANELS: Precast wall panels are connected to the foundation. (Commentary: Sec. A.5.3.6, Tier 2: Sec. 5.7.3.4)		Minder belangrijk
16.12LS_t	NVT	UPLIFT AT PILE CAPS: Pile caps have top reinforcement, and piles are anchored to the pile caps. (Commentary: Sec. A.5.3.8, Tier 2: Sec. 5.7.3.5)	De parkeergarage is gefundeerd op staal.	
16.12LS_u	NVT	GIRDERS: Girders supported by walls or pilasters have at least two ties securing the anchor bolts unless provided with independent stiff wall anchors with adequate strength to resist the connection force calculated in the Quick Check procedure of Section 4.5.3.7. (Commentary: Sec. A.5.4.2, Tier 2: Sec. 5.7.4.2)		

Bijlage 2

Constructieve berekening

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

Project	: Seismische scan Exemplarische gebouwen	X/Y-richting	Projectcode	13663-06-L
Gebouw	: Parkeergarage Ossenmarkt		Referentie	hor
Adviesgroep	: SA	versie 3.4	Print date	28-mei-15

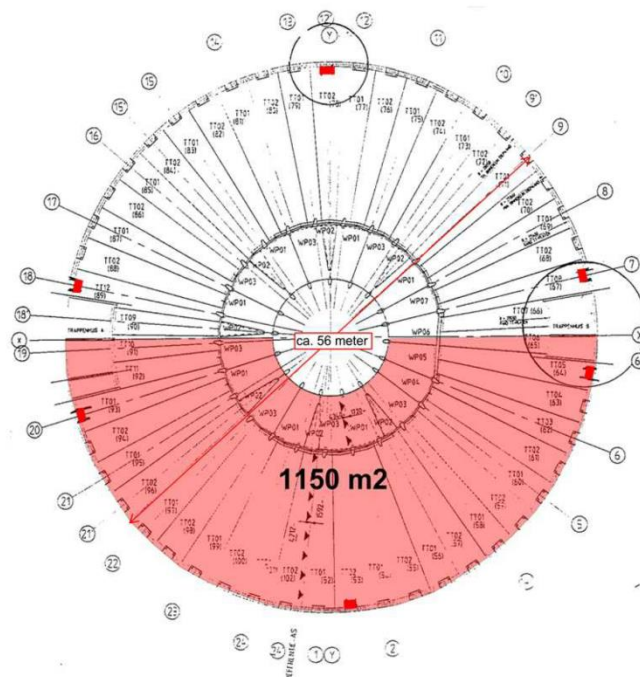
Quickscan aardbeving op basis van de NPR 9998: "Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen" ontwerp versie februari 2015

Vloerschijf

Niveau	hoogte tov fundering [m]	TOTAAL [kN]	seismische belasting [kN]	seismische belasting, variabel [kN]
bovenste niveau	3,00	5.980	4.600	1.380

Belastingen

Niveau		G_{eg} [kN/m ²]	G_{perm} [kN/m ²]	ΣG_{perm} [kN/m ²]	Q [kN/m ²]	ϕ	Combinatie coefficient ψ_2	Seismische combinatie coefficient ψ_{EI}	x aantal	lengte [m]	σ breedte [m]	oppervlakt [m ²]	seismische belasting, permanent [kN]	seismische belasting, variabel [kN]
bovenste niveau	Permanent	4,00		4,0				1,0	1	1150,0	1,0	1.150	4.600	
niveau	Categorie F, verkeersruimte, voertuigg				2,0	1,0	0,6	0,6	1	1150,0	1,0	1.150		1.380
													4.600	1.380
													4.600	1.380
													4.600	1.380



■ : Nokken die zijdelings zijn gevuld tegen afschuiven.

Project	: Seismische scan Exemplarische gebouwen	XY-richting	Projectcode	13663-06-L
Gebouw	: Parkeergarage Ossenmarkt		Referentie	hor
Adviesgroep	: SA	versie 3.4	Print date	28-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

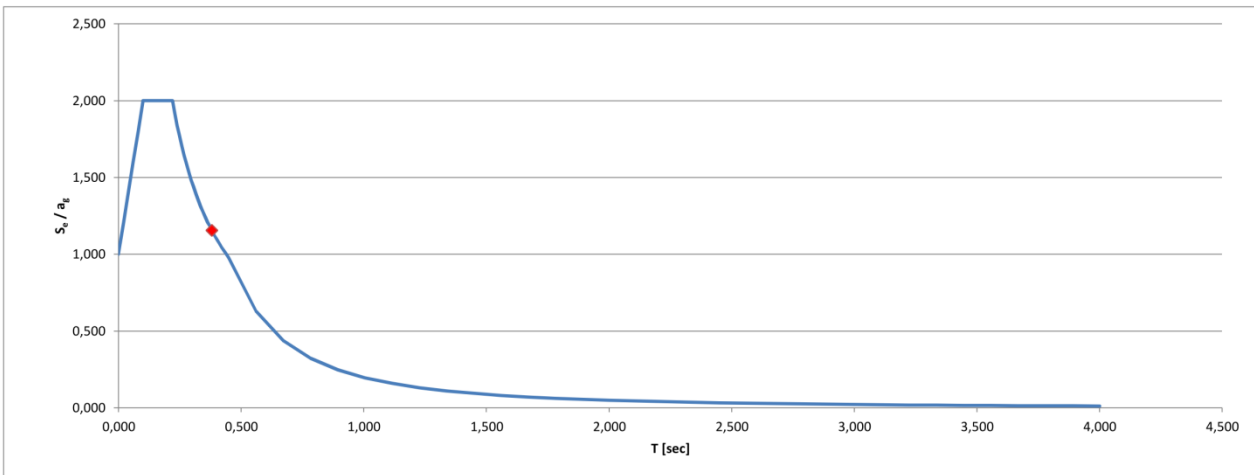
Zijdelingse belastingmethode

Representatieve gedragsfactor	1,5	
Regelmaat in verticale doorsnede	ja	NPR 9998 (4.2.3.3)
Gedragsfactor	q= 1,50	
Type stabiliteitssysteem	Overig	NEN-EN 1998-1 (4.3.3.2 (1) t/m (4))
Gebouwhoogte	15,0 m	
Verdiepingen	5	
C_t	0,050	

	T_1	$S_d(T_1)/a_{gd}$	$* a_{gd} =$	$S_d(T_1)$	$* \lambda *$	%	$= F_{bk}$	
Trillingstijd	$T_1 = 0,38$ sec	1,155	$* 0,34 =$	$0,388 g *$	0,85	100	1,972	kN
Base Shear Force						SRSS:	1,972	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 2.570 kN

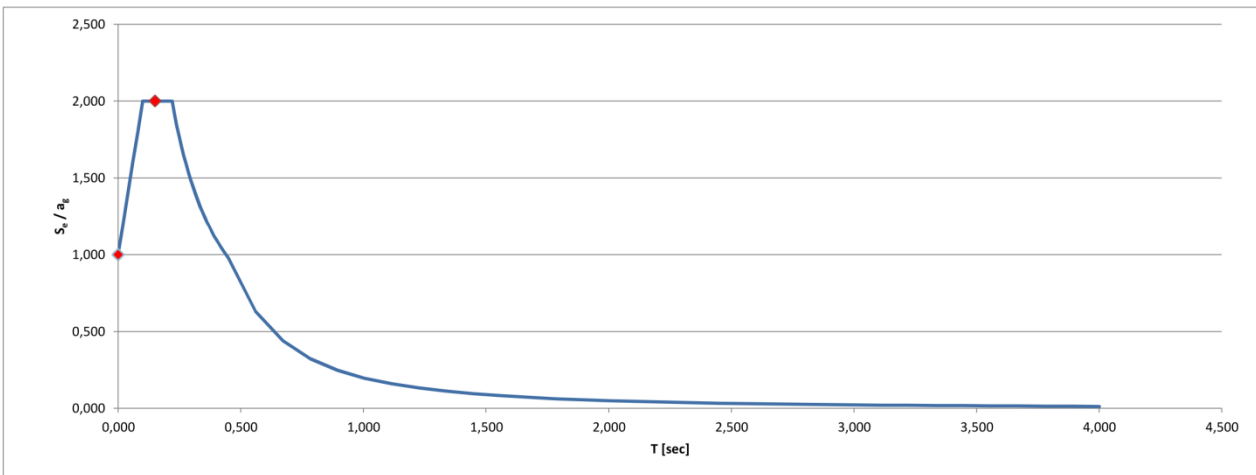


Project	: Seismische scan Exemplarische gebouwen	X/Y-richting	Projectcode	13663-06-L
Gebouw	: Parkeergarage Ossenmarkt		Referentie	hor
Adviesgroep	: SA	versie 3.4	Print date	28-mei-15

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

Representatieve gedragsfactor	1,5					
Regelmaat in verticale doorsnede	ja		NPR 9998 (4.2.3.3)			
Gedragsfactor	q = 1,50					
		$S_d(T_1)/a_{gd}$	$* a_{gd} =$	$S_d(T_1)$	$* \%$	$= F_{bk}$
Trillingstijd	$T_1 = 0,15$ sec	2,000	$* 0,34 =$	0,672 g *	100,0	= 4,019 kN
Base Shear Force						SRSS: 4,019 kN
Factoren						
Tweede-orde-effecten	1,00		NPR 9998 (4.4.2.2)			
Torsie-effecten	1,30		NPR 9998 (4.3.2.4)			
Rekenwaarde maximale dwarskracht						5,230 kN

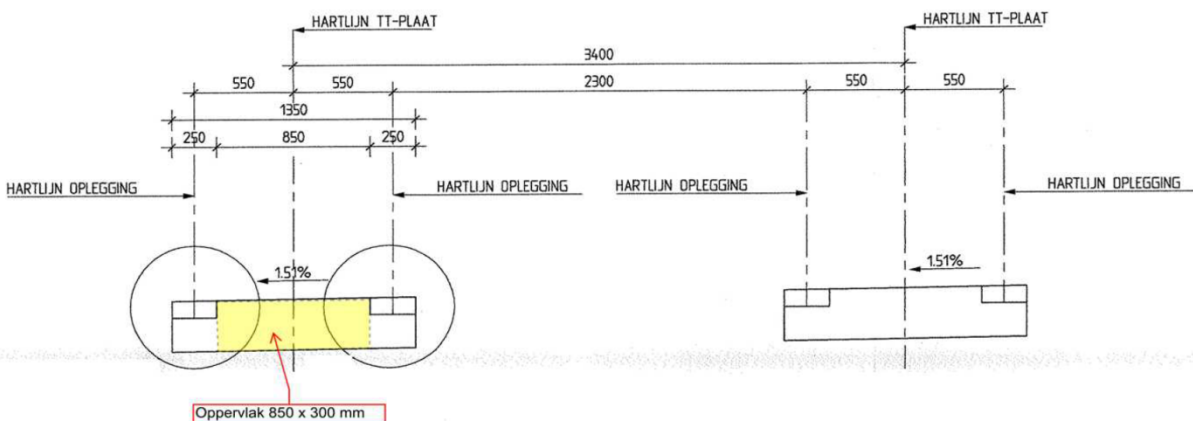


Betonkwaliteit

Betonkwaliteit (constructie)	f_{ck}	35,0	N/mm ²
Gemiddelde druksterkte (constructie)	f_m	43,0	N/mm ²
E-modulus beton (constructie)	E_{cm}	34077	N/mm ²
Factor volgens NPR		0,50	[-]
E-modulus beton (krachtsverdeling)	E_{cm}	17039	N/mm ²
Factor NPR 9998 4.4.2.2	γ_R	1,2	N/mm ²

Controle console

	L [m]	B [m]	k	$v_{Rd,c}/\gamma_R$ [N/mm ²]	ΣF_b [kN]	$v_{ed,gem}$ [N/mm ²]	u.c.
Console	0,80	0,30	1,500	0,35	5230	14,53	41,3 Voldoet niet



Bepaling vervorming bij $a_g = 0,34$ en $q = 1,5$:

Vervorming op de "top" van de grafiek bij trillingstijd $T_1 = 0,15$:

De vervorming Near Collapse (NC) kan als volgt worden bepaald (met $q = 1,5$):

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 = 0,34 \cdot 9,81 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = 10,00 \text{ m/s}^2 \quad \text{NPR 9998 (3.5)}$$

$$S_{De}(T) = S_e(T) \cdot \left[\frac{T_1}{2\pi} \right]^2 = 10,00 \cdot \left[\frac{0,15}{2\pi} \right]^2 = 0,0057 \text{ m} \quad \text{NEN-EN 1998-1 (3.7)}$$

$$\text{verplaatsing aan de top } d_s = q \cdot S_{De}(T) = 1,5 \cdot 0,0057 = 0,0085 \text{ m} \quad \text{NEN-EN 1998-1 (4.23)}$$

De vervorming Damage Limitation (DL) kan als volgt worden bepaald (met $q = 1,5$):

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 = 0,12 \cdot 9,81 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = 3,53 \text{ m/s}^2 \quad \text{NPR 9998 (3.5)}$$

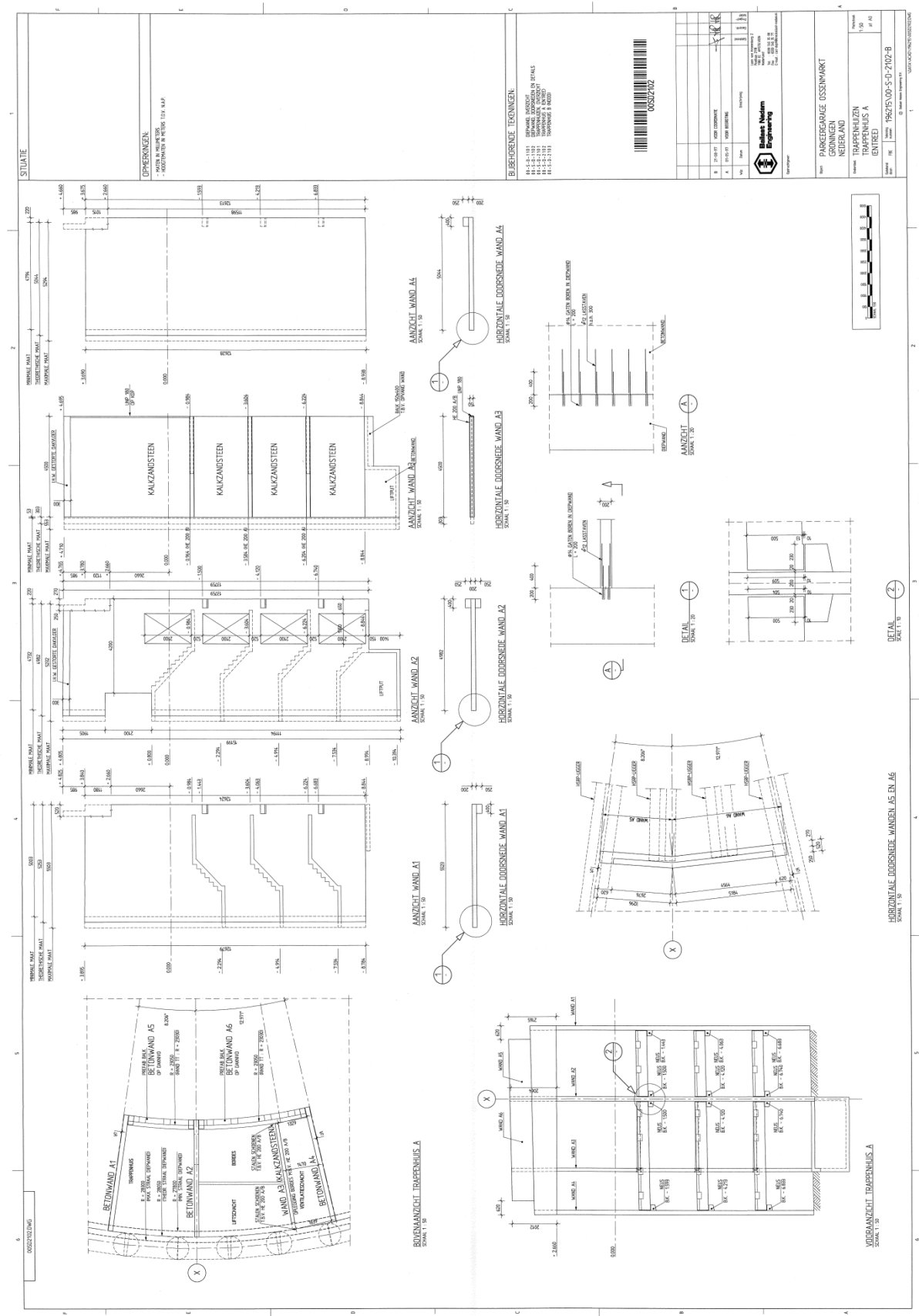
$$S_{De}(T) = S_e(T) \cdot \left[\frac{T_1}{2\pi} \right]^2 = 3,53 \cdot \left[\frac{0,15}{2\pi} \right]^2 = 0,0020 \text{ m} \quad \text{NEN-EN 1998-1 (3.7)}$$

$$\text{verplaatsing aan de top } d_s = q \cdot S_{De}(T) = 1,5 \cdot 0,0020 = 0,0030 \text{ m} \quad \text{NEN-EN 1998-1 (4.23)}$$



Bijlage 3

Tekeningen



SITUATIE

OPMERKINGEN:
 - ALLE AFMETINGEN IN METERS EN DECIMALEN
 - ALLE AFMETINGEN IN METERS EN DECIMALEN

BIJBEHOORENDE TEKENINGEN:

11-2-2-111 BEKONING DOORSNEDEN IN DETAIL
 11-2-2-112 TRAPPELHUIS IN DETAIL
 11-2-2-113 TRAPPELHUIS IN DETAIL
 11-2-2-114 TRAPPELHUIS IN DETAIL
 11-2-2-115 TRAPPELHUIS IN DETAIL



NO	NAAM	VERANTWOORDING
1	...	...
2	...	...
3	...	...
4	...	...
5	...	...
6	...	...
7	...	...
8	...	...
9	...	...
10	...	...

Bakker Nieuwen Engineering

Streekl. 100
 1000 AA Amsterdam
 T. 020 610 0000
 F. 020 610 0001
 E. info@bakker-nieuwen.nl

Project: PARKERGARAGE OSSENMARKT
 Grond: GRONINGEN
 Naam: TRAPPELHUIS A
 Locatie: TRAPPELHUIS A
 Ontwerp: ONTWERP

Scale: 1:50
 Date: 19-05-2019
 Drawing: 19-05-2019-05-0-2102-B



HORIZONTALE DOORSNEDEN WAND A5 EN A6
 SCHAAL 1:50

VOORZICHT TRAPPELHUIS A
 SCHAAL 1:50

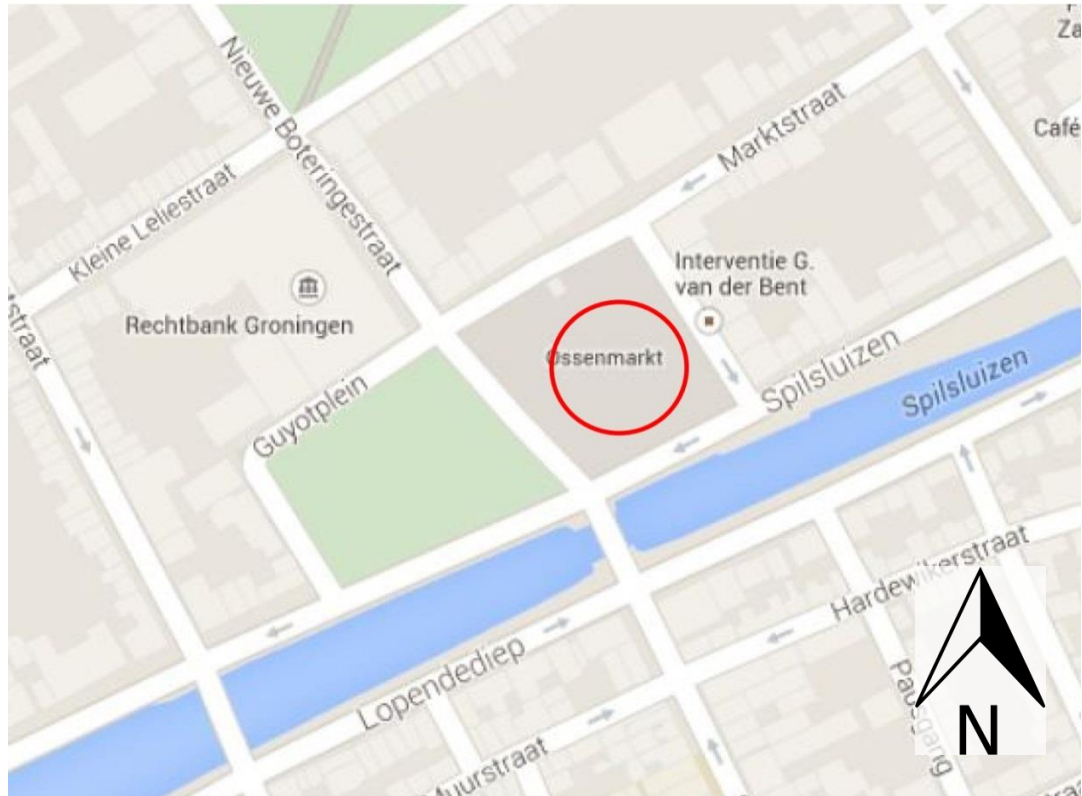


Bijlage 4

Foto's

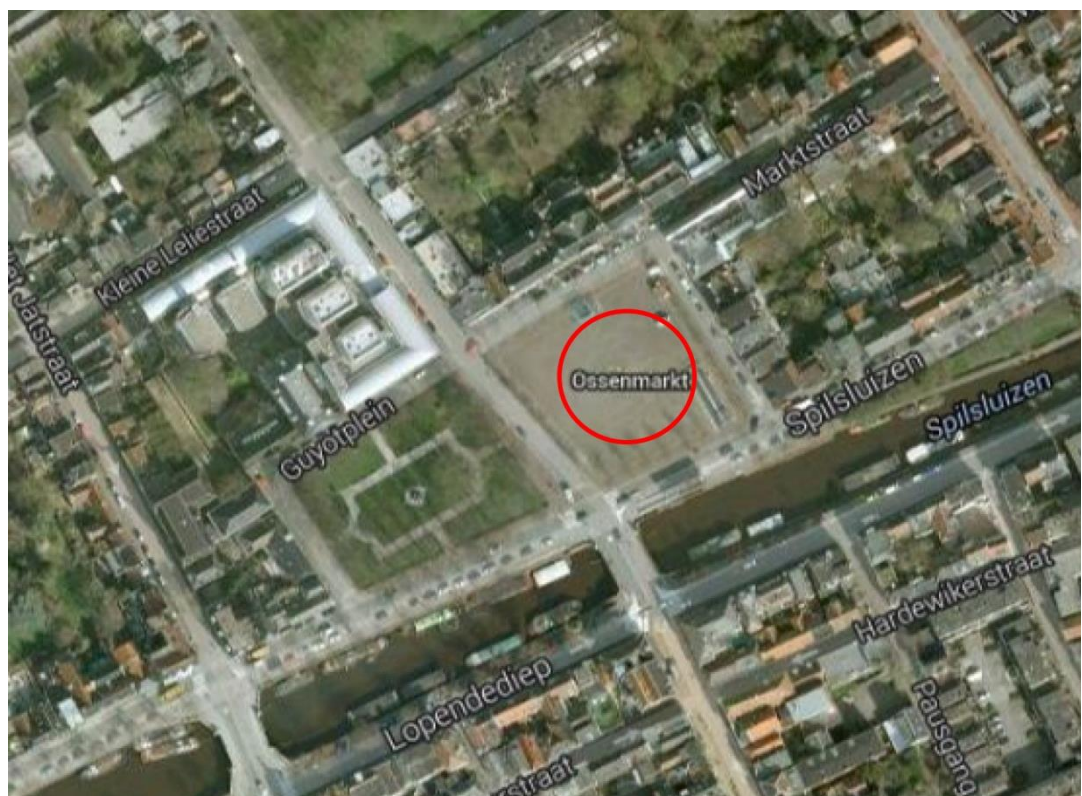
- Situatie
Foto's constructief en bouwkundig

Situatie



Kaart

Bron: Google maps



Luchtfoto

Bron: Google maps

Foto's constructief en bouwkundig



Foto 1: Entree parkeergarage.



Foto 2: Voetgangers entree parkeergarage.



Foto 3: Foto van de bouw. De kolommen met uitragende borstweringselementen en op de neus de doken voor de vloerplaatbevestiging.

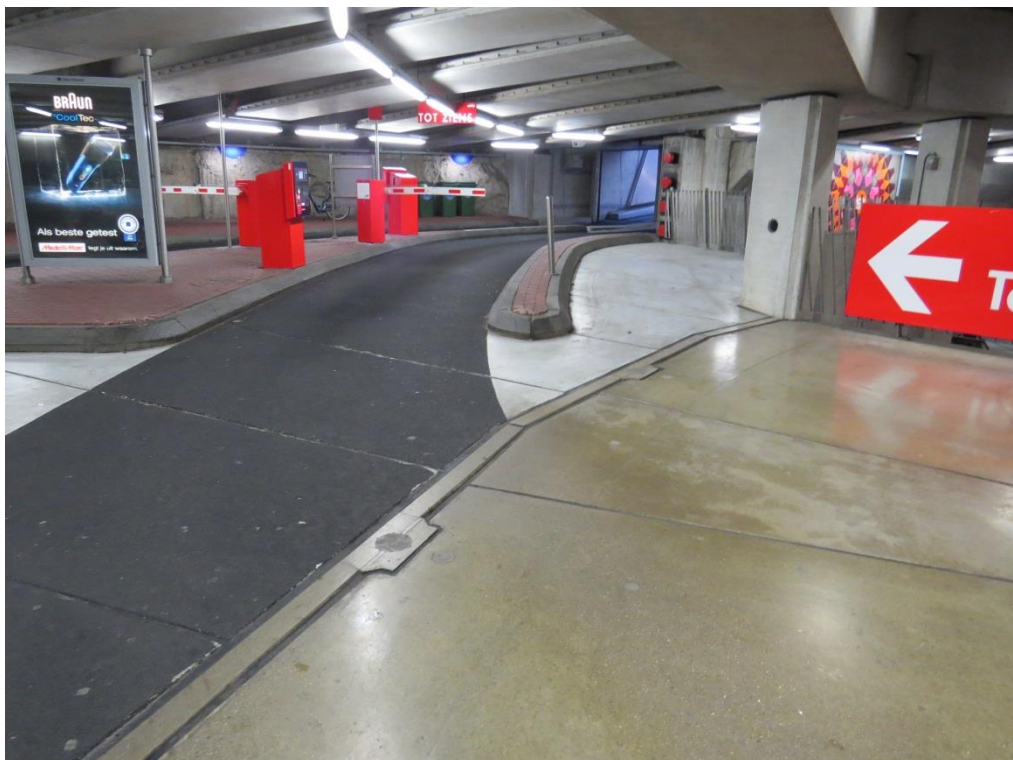


Foto 4: Inrit vanuit de garage met rechts van de inrit een voorgespannen wand van de inrit.



Foto 5: Kop voorgespannen wand inrit.



Foto 6: Zijkant voorgespannen inritwand met reclame bord.



Foto 7: Bevestiging reclame bord.



Foto 8: Ophanging stuwdruk ventilator aan draadeinden.



Foto 9: Ophanging verlichting aan lange draadeinden t.p.v. de inrit.



Foto 10: Ophanging kabelgoot aan lange draadeinden t.p.v. de inrit.

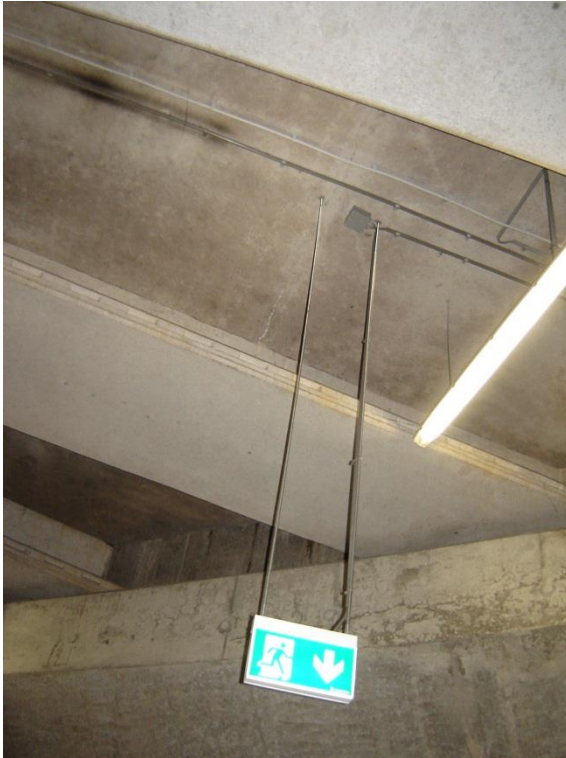


Foto 11: Bordjes aan lange draadeinden t.p.v. de inrit.



Foto 12: Portiersloge. Dak is opgehangen aan het kelderdek.

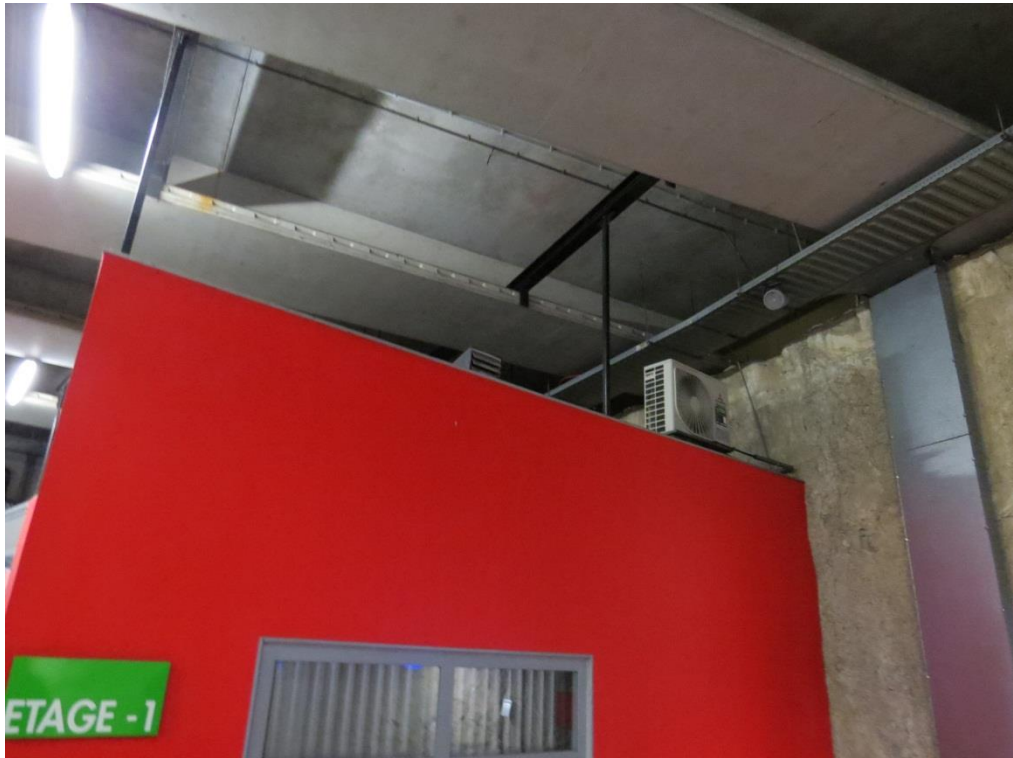


Foto 13: Ophangpunten dak portiersloge aan kelderdek.



Foto 14: Airco op dak portiersloge.



Foto 15: Entree portiersloge.

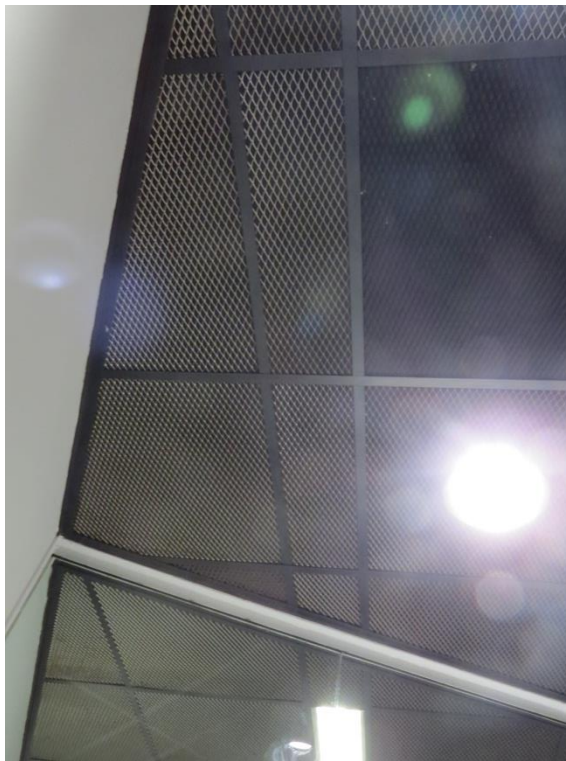


Foto 16: Plafond in portiersloge en trappenhuis.



Foto 17: Glaswand in portiersloge.



Foto 18: Liften.



Foto 19: NSA ruimte naast portiersloge.



Foto 20: Interieur NSA ruimte.



Foto 21: Noodaggregaat naast NSA ruimte (diesel).

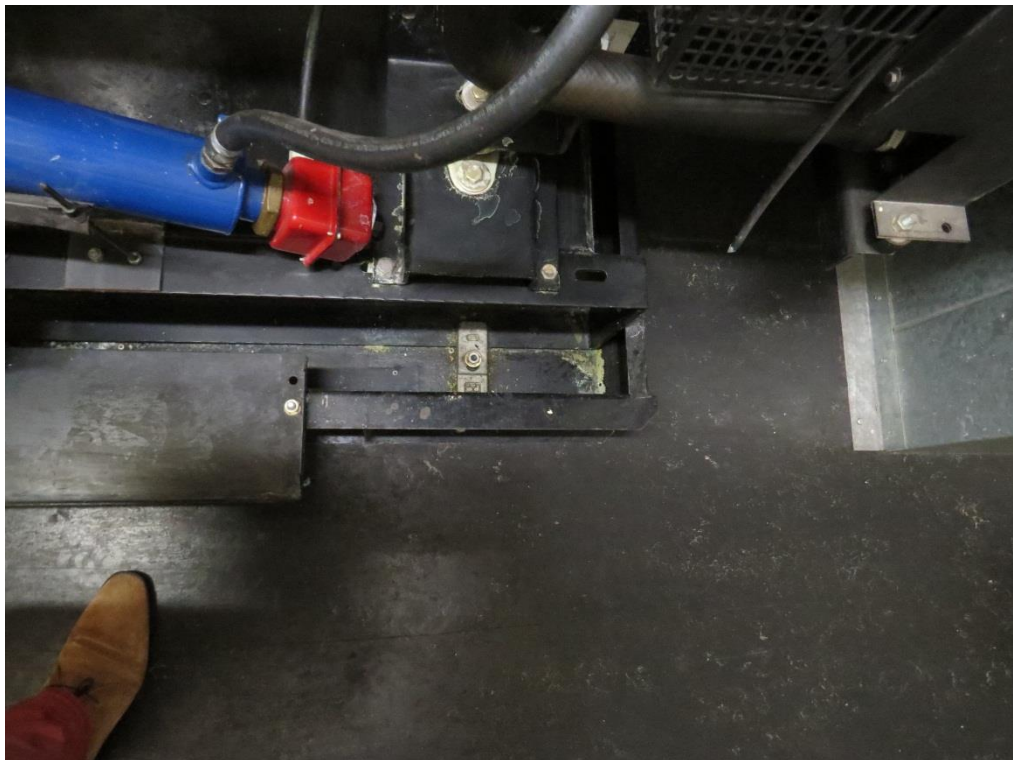


Foto 22: Noodaggregaat vast gezet aan de vloer.



Foto 23: Kasten in NSA ruimte zijn vastgezet aan de (houten) wand.



Foto 24: Voorraad diesel olie.



Foto 25: Bevestiging hekwerken langs rijbaan.

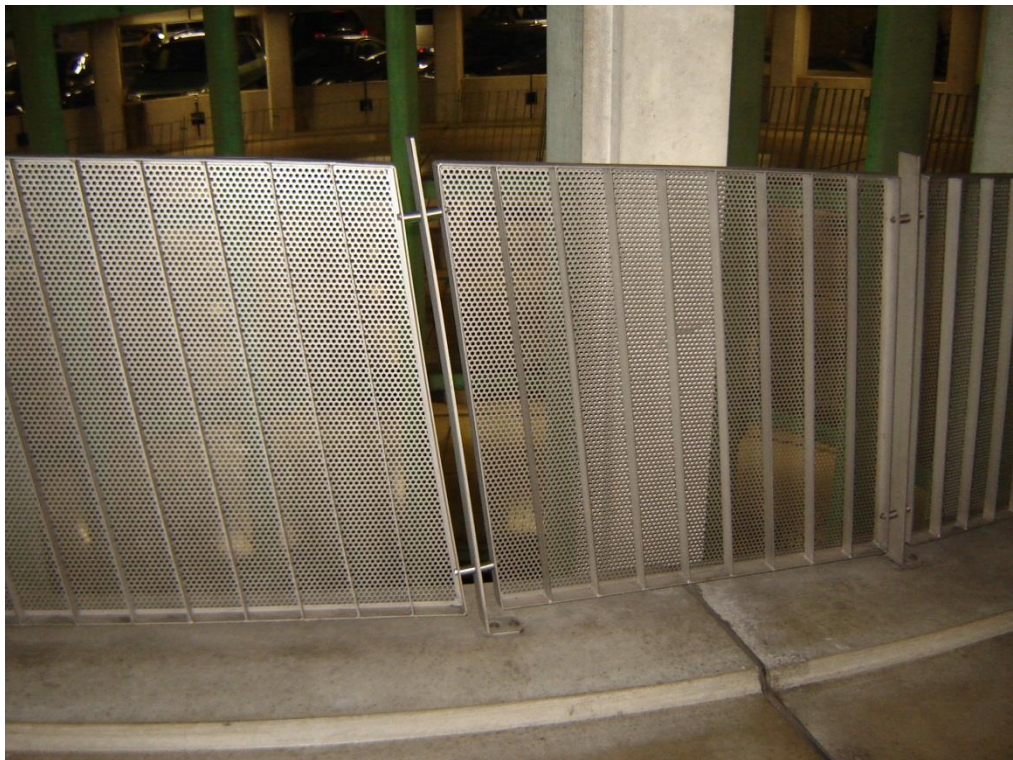


Foto 26: Hekwerken langs rijbaan.



Foto 27: Ophanging stuwdruk ventilator.



Foto 28: Doorkoppeling van TT-vloerplaten.



Foto 29: Trappenhuis.



Foto 30: Wand van trappenhuis aan diepwand.

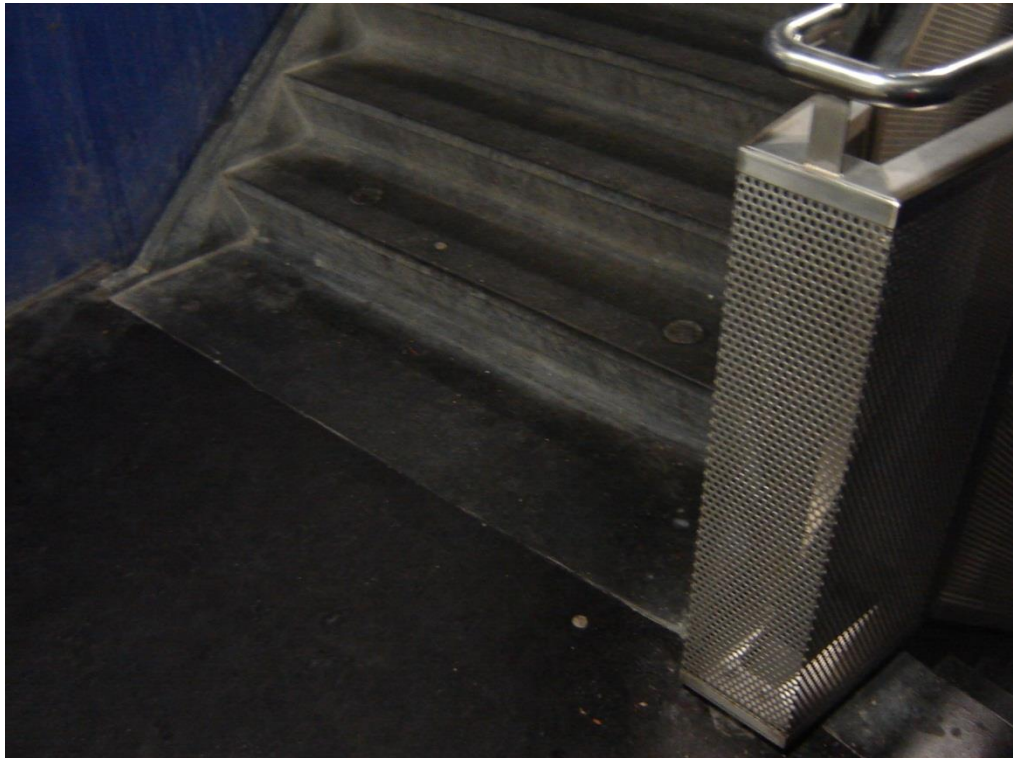


Foto 31: Prefab trap met leuning.

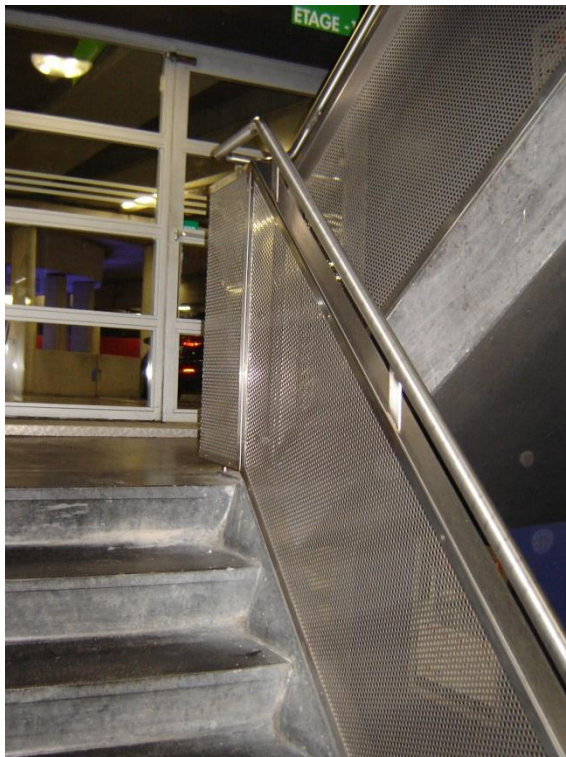


Foto 32: Prefab trap met leuning.



Foto 33: Oplegging prefab trap met neus.



Foto 34: Vrije ruimte tussen wand en prefab trap.



Foto 35: Binnenring in de parkeergarage.



Foto 36: Oplegnok aan diepwand.



Foto 37: Aan de kolom geïntegreerde prefab borstweringselement t.b.v. oplegging TT-vloerplaten.

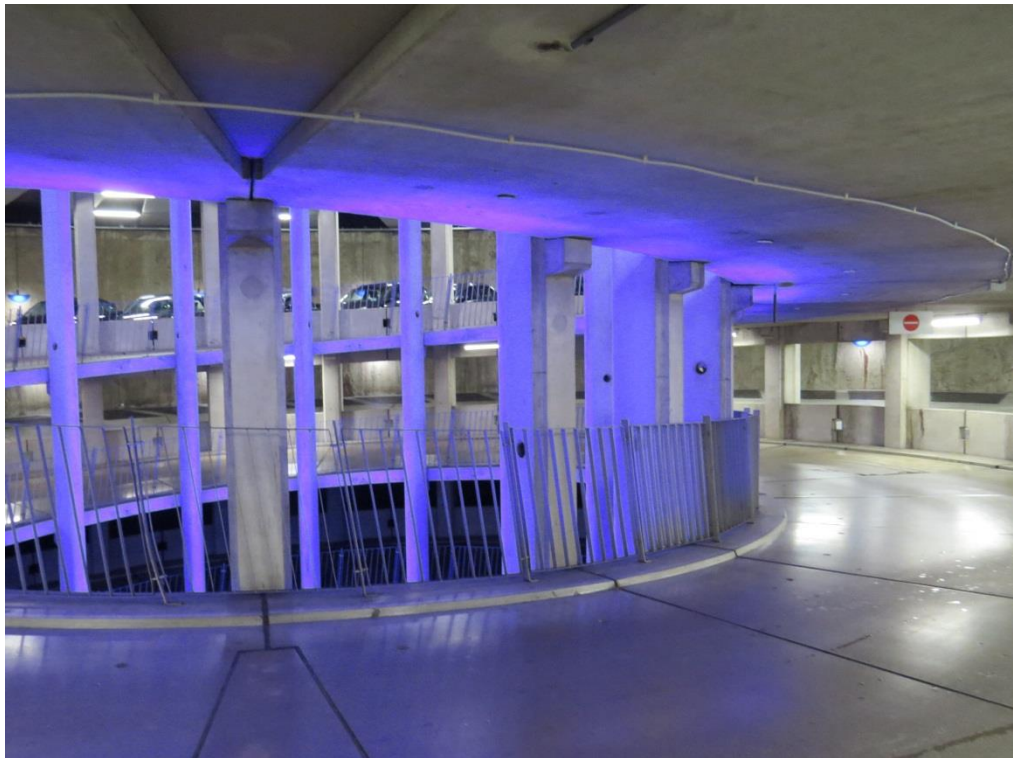


Foto 38: Binnenring opgebouwd uit puntvormig opgelegde prefab platen op nokken aan de kolommen.

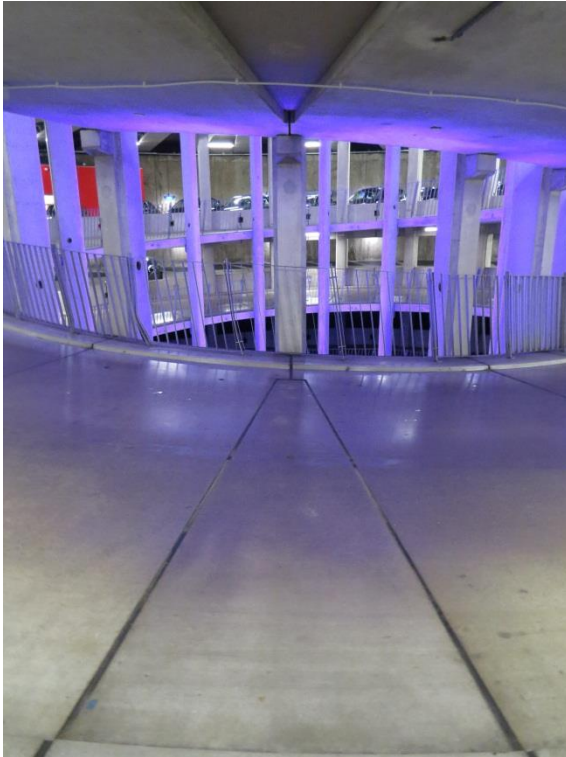


Foto 39: Wigvormige plaat in de binnenring.



Foto 40: Nauwe leidingdoorvoer.



Foto 41: Kanaaldoorvoer.



Foto 42: Prefab kelderdek op prefab balken op de kolommen.



Foto 43: Voorgespannen railbalken als kelderdek.



Foto 44: Oplegging voorgespannen railbalken op diepwand.



Foto 45: Voorgespannen railbalken als kelderdek.



Foto 46: Verlichting aan de diepwand.



Foto 47: Prefab kolommen in één keer doorgaand over de gehele hoogte.



Foto 48: Nok aan prefab kolom. Let op de scheur!



Foto 49: Oplegnok horizontaal vrij.



Foto 50: Oplegnok horizontaal gefixeerd.



Foto 51: Parkeervloer onderin bestraat.



Foto 52: Stalen tussenstuk in de kolom om vijzelen mogelijk te maken.

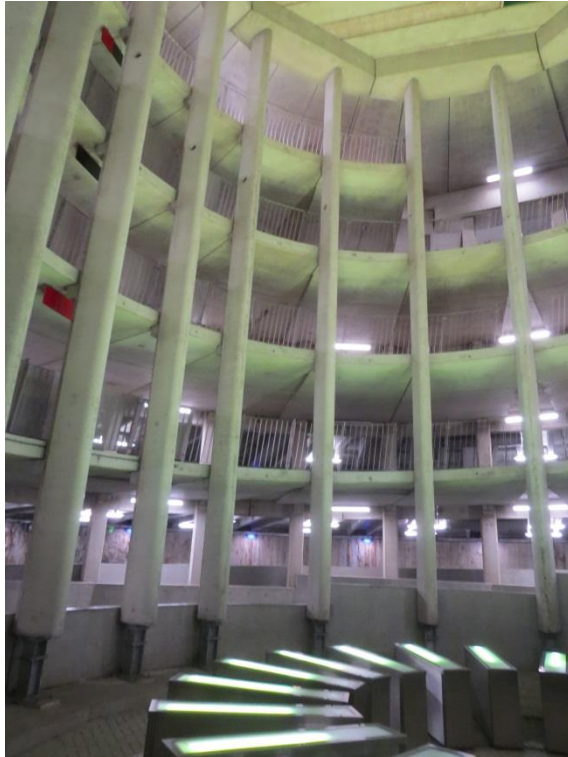


Foto 53: Overzicht stalen tussenstukken.



Foto 54: Stalen tussenstuk in de kolom om vijzelen mogelijk te maken.



Foto 55: Dek van voorgespannen railliggers.



Foto 56: Voeg tussen kolom/balk en vloerelementen koppeling met aangegoten doken.



Foto 57: Doorkijk vanuit het midden naar de diepwand.

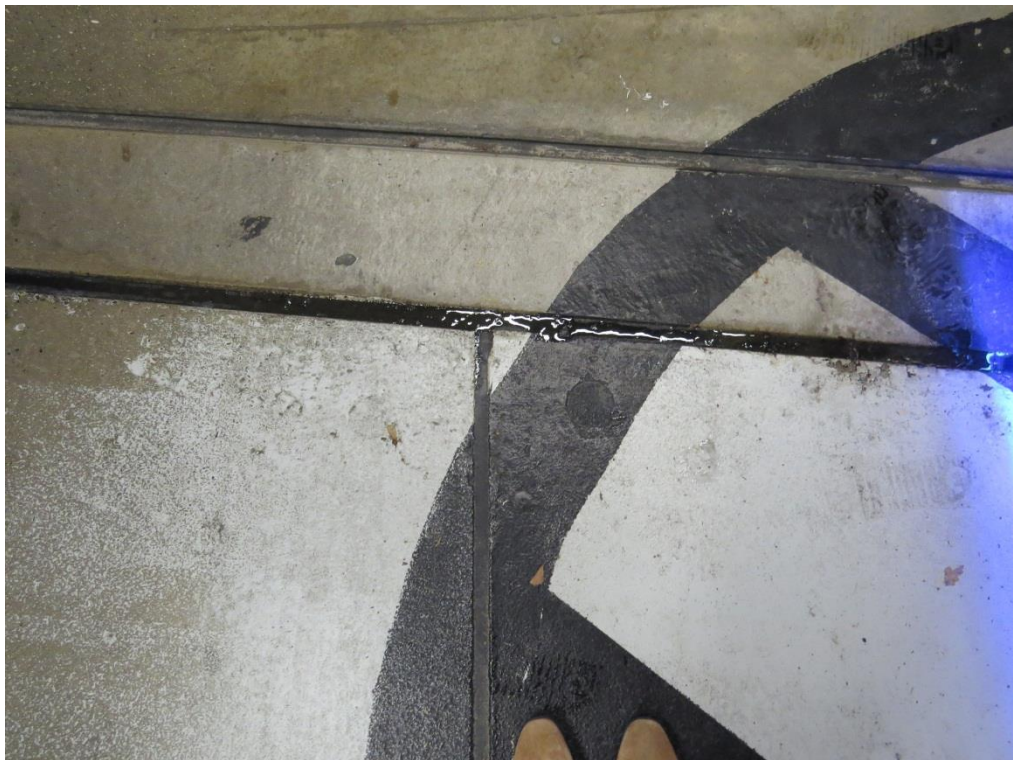


Foto 58: Elastische voeg in aansluiting naar prefab balken.



Foto 59: Elastische voeg in aansluiting naar prefab balken.

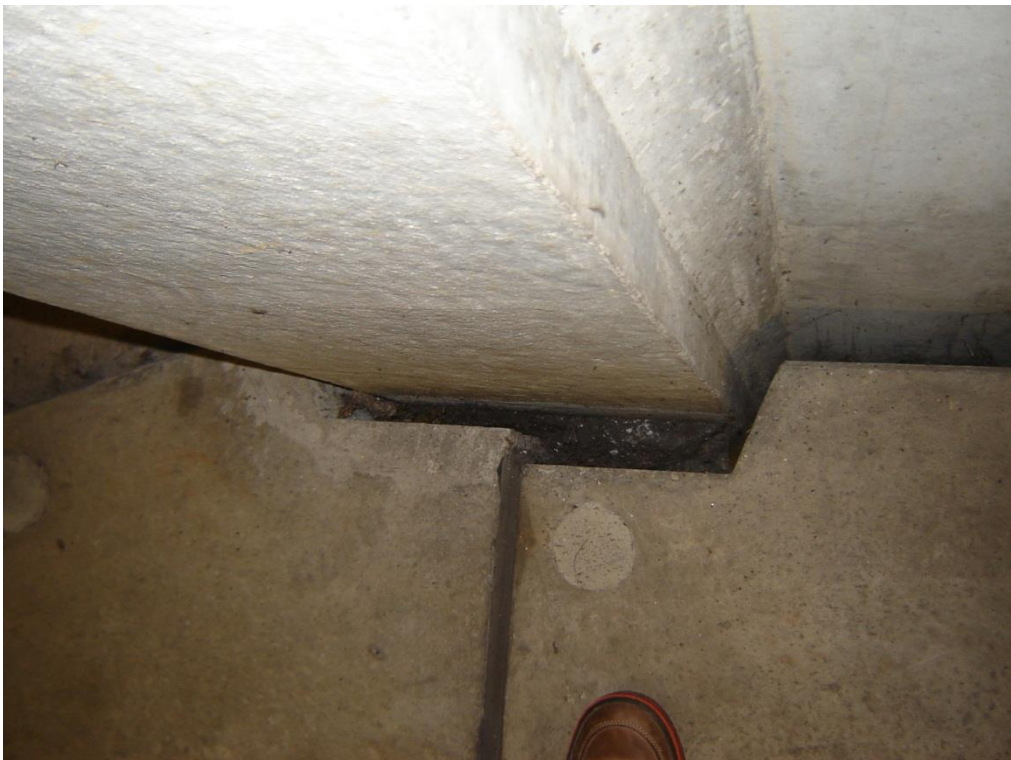


Foto 60: Voeg tussen kolom/balk en vloerelementen koppeling met aangegoten doken.



Foto 61: Elastische voeg tussen TT-vloerplaten en de diepwandconstructie.



Foto 62: Voeg tussen kolom/balk en vloerelementen koppeling met aangegoten doken.



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.

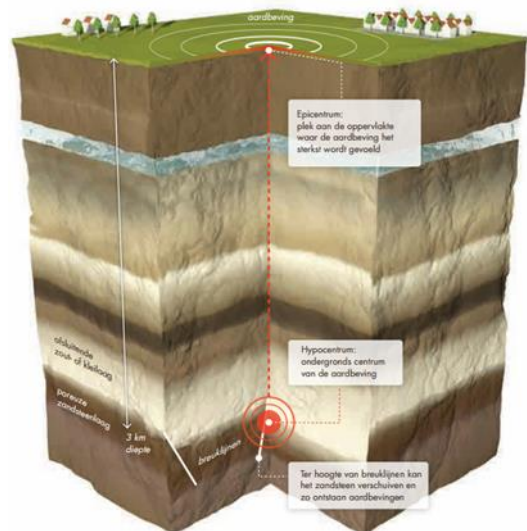
De NAM heeft een internationaal ingenieursbureau opdracht gegeven om de gevolgen van de aardbevingen op bestaande panden te onderzoeken en het ontwikkelen van nieuwe regelgeving voor "Groninger aardbevingen". In deze notitie wordt de relatie tussen aardbevingen en schade aan bebouwing uitgelegd aan de 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.



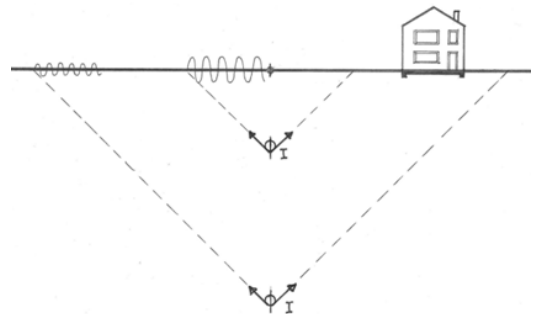
Bijgaande kaart toont de aardbevingen in en rond Nederland. In Groningen is sprake van geïnduceerde bevingen door gaswinning. De geïnduceerde aardbevingen zijn aangeduid met gele stippen. De relatieve grootte van de stip geeft de orde van grootte van de gemeten magnitude aan.

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.

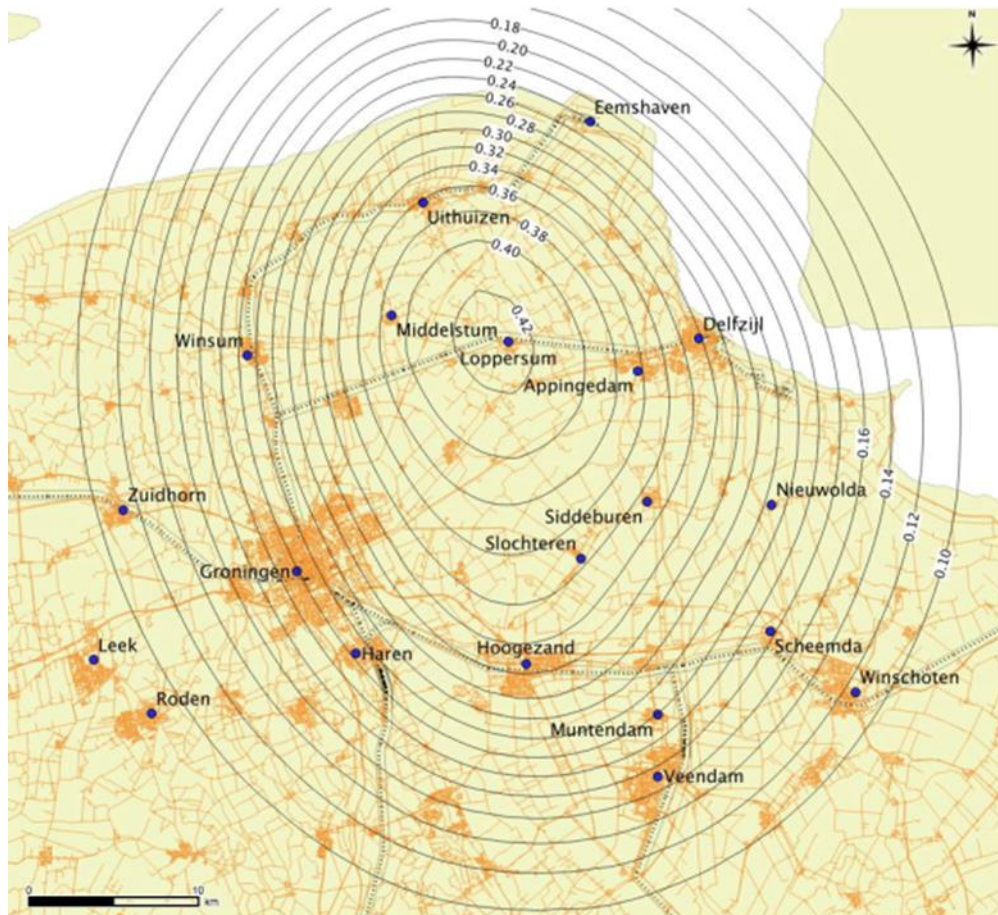
2.3. *Toetsing conform de voorlopige NPR 9998 d.d. februari 2015*

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

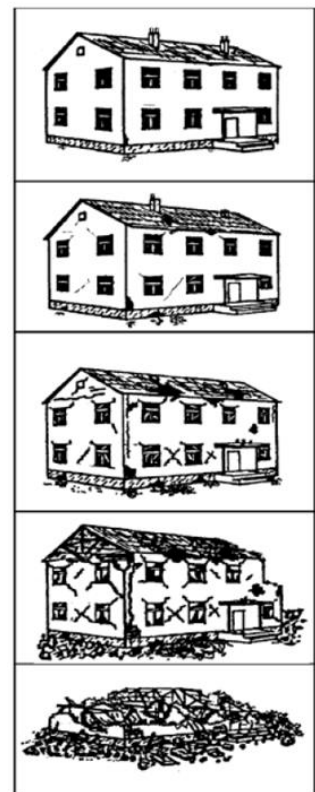
3.1. Algemene risico's bij aardbevingen

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.

