

# Bouwkundig Versterken Prioriteringsadvies Versie Mid-2016

---

**18 juli 2016**

**Inhoudsopgave**

<b><u>Onderwerp</u></b>	<b><u>Page</u></b>
1. Introductie	2
2. Achtergrond	3
2.1. Doelstellingen en reikwijdte van het prioriteringsadvies	3
2.2. Welke risicoinzichten worden gebruikt in het advies	3
2.3. Met welke risicomaatstaven wordt rekening gehouden mbt het advies	4
3. Risicoinzichten	6
3.1. Dreiging en risicobeoordeling	6
3.2. Sterkteberekeningen/ontwerpen	11
3.3. “Stutten” gevallen	13
3.4. Prioriteringsgroep 2	14
4. Aanbevelingen	17
Referentielijst	19

## 1. Introductie

Dit document is een bijgewerkt versie van het risico-gebaseerde prioriteringsadvies voor het bouwkundig versterkingsprogramma in Groningen en aangeboden met de intentie om door NCG in overweging genomen te worden t.b.v. de ontwikkeling van het 2017+ NCG meerjarenprogramma of MJP. Het bijgewerkte prioriteringsadvies kan worden gebruikt voor het selecteren van gebouwen/gebieden voor toekomstige fasen (of ronden) van het MJP, en anderszins om de beschikbare middelen te prioriteren voor de belangrijkste onderdelen van het bouwkundig versterkingsprogramma, inclusief inspectie, engineering (sterkteberekeningen en ontwerpen van versterkingsmaatregelen), en planning / uitvoering van versterkingswerkzaamheden. Het document dient te worden gelezen als een bijgewerkte versie (update) van het vorige prioriteringsadvies “November 2015 seismische risicoanalyse / Prioritering vervolgstappen” (*Ref. 1*), aangeboden aan NCG op 4 december 2015. Het document dient ook te worden gelezen in combinatie met de presentatie op 11 mei 2016 op de NCG/CVW/NAM werkconferentie (*zie Bijlage*), die een geïntegreerd overzicht geeft van prioritering over de verschillende werkstromen / soorten risico's en waarin dit document is aangekondigd voor aanbidding mid 2016.

Dit document bestaat uit 3 hoofdsecties. Sectie 2 geeft de achtergrond /context voor het prioriteringsadvies. Sectie 3 geeft een overzicht van de laatste risicoinzichten vanuit bronnen variërend van wetenschappelijk onderzoek / risicomodelering tot praktische ervaring vanuit de schadeafhandeling en versterkingsactiviteiten in Groningen. In sectie 4 zijn de aanbevelingen m.b.t. prioritering opgesteld vanuit deze laatste risicoinzichten.

In het gehele document wordt de KNMI PGA kaart (of de KNMI PGA contouren) als referentie gebruikt om de locatie van verschillende type gebouwen op verschillende risicoconiveau's te beschrijven. De in het gehele document gebruikte referentie is de 'october 2015 KNMI 1 in 475 jaar PGA kaart' (*Ref. 2*), die is opgenomen in de huidige (Witte) versie van de NPR gerefereerd in het MJP van december 2015. Een nieuwe versie van de KNMI PGA kaart is net uitgegeven (30.06.2016). De volgende revisie van dit document zal zodanig moeten worden aangepast dat locatie referenties consistent zijn met deze nieuwe kaart.

Dit document gebruikt de resultaten van de april 2016 H&RA (NAM Hazard & Risk Assessment = Dreigings en Risicobeoordeling) als één van de belangrijkste bronnen van risicoinzichten. De H&RA maakt gebruik van de april 2016 NAM seismische dreigingsbeoordeling, die gebruik maakt van de laatste wetenschappelijke inzichten (inclusief de laatste versie van het model om groundbewegingen te voorspellen, de “Ground Motion Prediction Equation”), en niet de oktober 2015 KNMI seismische dreigingsbeoordeling (PGA kaart). Echter, wanneer de locatie van gebouwen m.b.t. de H&RA resultaten wordt benoemd dan wordt de KNMI PGA kaart uit oktober 2015 gebruikt als referentie, omdat deze algemeen wordt (h)erkend en gebruikt door de belanghebbenden (“key stakeholders”).

## **2. Achtergrond**

### **2.1. Doelstelling en reikwijdte van het prioriteringsadvies**

Dit prioriteringsadvies is ontwikkeld met als doel (onveranderd sinds het vorige advies) om het veiligheidsrisico voor de bewoners van het aardbevingsgebied in Groningen zo snel als praktisch mogelijk te reduceren. Het is een gegeven dat veiligheid de hoogste prioriteit heeft en hoewel met andere overwegingen (zoals praktische zaken of acceptatie van belanghebbenden) rekening zal moeten worden gehouden in het programma, veiligheidsrisico blijft de primaire drijvende kracht.

De reikwijdte van dit advies betreft het bezwijkrisico, d.w.z. het (veiligheids)risico voor mensen t.g.v. het potentieel bezwijken van gebouwen (gedurende aardbevingen) door het bezwijken van dragende elementen van gebouwen. Dit dekt alle types van normaal bezette gebouwen in de regio, inclusief woningen en utiliteitsgebouwen (als scholen, ziekenhuizen, kantoren en overige openbare gebouwen), met andere woorden gebouwen in gevolklassen ("Consequence Classes") CC1b, CC2 en CC3.

Op de op 11 mei gehouden NCG/CVW/NAM werkconferentie (Bijlage, slide 5), zijn drie prioriteringsgroepen ("pools") geïntroduceerd om op de juiste manier verschillende soorten gebouwen / risico's te onderscheiden voor prioritering:

1. Bezwijkrisico voor woningen en laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen (inclusief die met een combinatie van wonen en commercieel gebruik). Deze gebouwen zijn samengevoegd daar hun risico redelijk goed kan worden gekarakteriseerd via een op (gebouw)typologie gebaseerde aanpak, zoals die wordt gebruikt in de H&RA. Deze groep dekt de meerderheid (>90%) van de gebouwen in de regio.
2. Bezwijkrisico voor hoogbouw appartementsgebouwen en utiliteitsgebouwen, zoals scholen, ziekenhuizen en kantoren. Deze gebouwen zijn van nature meer uniek van aard en minder goed gekarakteriseerd d.m.v. een op typologie gebaseerde benadering; daarom worden de H&RA resultaten niet gebruikt in dit advies als een basis voor prioritering van deze gebouwen.
3. Risico van potentieel vallende objecten (niet-dragende gebouwelementen), zoals schoorstenen, balkons, borstweringen en topgevels.

Dit document dekt prioritering van de groepen 1 and 2. Prioritering van groep 3 "Potentieel Vallende Objecten" is te vinden in een ander document "Vallende Objecten Risico-gebaseerde Prioritering Strategie – Voorstel" (Ref. 3), welke is aangeboden aan NCG op 27 april 2016.

### **2.2. Welke risicoinzichten worden gebruikt in dit advies**

De eerste bron van risicoinzichten, beschreven in sectie 3.1, is the H&RA. Het vorige prioriteringsadvies (van 4 december 2015) was gebaseerd op de resultaten van de november 2015 H&RA. Het huidige

advies maakt gebruik van de april 2016 versie van de H&RA, die verbeteringen bevat ten opzichte van de november 2015 versie.

Een tweede bron van risicoinzichten, beschreven in sectie 3.2, komt vanuit de berekeningsmodellen om de sterkte van specifieke/individuele gebouwen in het Groningen aardbevingsgebied te bepalen. Deze modellen zijn gebouwd als onderdeel van 'pilots' om meer te leren van (de constructie en sterkte van) geselecteerde gebouwtypes en om te testen of ze voldoen aan de NPR. De resultaten van deze modellen en berekeningen kunnen worden vergeleken met de H&RA resultaten om te beoordelen of de resultaten voor echte gebouwen uit de regio in grote lijnen overeenkomen met de H&RA.

De derde bron van risicoinzichten die in aanmerking zijn genomen voor dit advies, beschreven in sectie 3.3, zijn "stutten" gevallen. "Stutten" zijn constructieve steunen geïnstalleerd als tijdelijke maatregel om gebouwen veilig te stellen totdat een permanente versterkingsmaatregel kan worden gepland/uitgevoerd. Stutten worden geïnstalleerd, wanneer is vastgesteld door middel van een inspectie dat de toestand van een gebouw (of in sommige gevallen, het ontwerp) het bijzonder kwetsbaar maakt voor aardbevingen, ongeacht of de kwetsbare toestand ontstaan is als gevolg van eerdere aardbevingen of anderszins. Analyse van de typen gebouwen die 'Stutten' nodig hadden biedt dan ook inzicht in de meer kwetsbare gebouwen in de regio op basis van praktijkervaring, wat belangrijk is om mede in overweging te nemen met de inzichten van de risicomodellen.

Tot slot vat sectie 3.4 de risicoinzichten samen die van toepassing zijn en gebruikt kunnen worden voor prioriteringsgroep 2 (hoogbouw appartementsgebouwen en utiliteitsgebouwen zoals scholen, ziekenhuizen en kantoren). Voor deze meer unieke gebouwen is een andere aanpak (simpeler /praktischer) nodig in vergelijking met prioriteringsgroep 1 (woningen en laagbouw /middelhoge appartementen), waarvoor de H&RA gebruikt wordt als een belangrijke bron van inzicht.

### **2.3. Met welke risico-maatstaven wordt rekening gehouden m.b.t. het advies**

Zoals uiteengezet op de werkconferentie van 11 mei 2016 (Bijlage, slides 6-7) worden twee maatstaven voor het veiligheidsrisico in overweging genomen om tot prioritering te komen:

- Individueel Risico ("Individual Risk"): betreft de kans op het overlijden van een persoon en kan worden vergeleken met de algemeen Individuele Risiconorm van  $10^{-5}$ / jr ingesteld door de Nederlands overheid.
- Totale Risico ("Aggregate Risk"): betreft de kans op overlijden van meerdere mensen of groepen mensen; nuttig voor prioriteringsdoeleinden, maar er is geen Totale Risiconorm door de overheid gedefinieerd.

In dit advies wordt "Inside Local Personal Risk" (ILPR) gebruikt als een maatstaf voor Individueel Risico en "Community Risk" (CR) wordt gebruikt als een maatstaf voor het Totale Risico. Het overkoepelende concept (Bijlage, slide 6) is om een hogere prioriteit te geven aan gebouwen met zowel een hoog Individuele Risico als hoog Totale Risico. In de praktijk zij er bij toepassing van dit proces twee stappen:

1. Identificeer die gebouwen die het meest waarschijnlijk boven de individuele risico norm van  $10^{-5}$  uitkomen en
2. Van deze gebouwen: zorg voor adequate prioriteit voor die gebouwen die grotere gevolgen hebben bij bezwijken, i.e. gebouwen met meer aanwezigen in het gebouw (dan gemiddeld).

Hoewel de door de Commissie Meijdam aanbevolen Totale Risico maatstaf “Maatschappelijk Veiligheidsrisico” niet direct wordt gebruikt in dit advies, wordt wel aan de doelstelling daarvan voldaan, omdat bij combinatie van ILPR en CR, de twee volgende situaties beiden met een hoge prioriteit naar voren zullen komen:

- Gemeenschappen (bv. dorpen) met clusters van gebouwen met een hoger individueel risico, waar meerdere gebouwen zouden kunnen bezwijken gedurende een aardbeving met als gevolg meerdere dodelijke slachtoffers in die gemeenschap.
- Gebouwen met een hoge bezettingsgraad waar meerdere dodelijke slachtoffers kunnen vallen als het gebouw bezwijkt.

### **3. Risicoinzichten**

#### **3.1. Dreiging en Risicobeoordeling (H&RA)**

In dit advies worden de resultaten gebruikt uit april 2016 H&RA (33 bcm scenario) om een advies te ontwikkelen voor prioritering van woningen en laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen (prioriteringsgroep 1), daar het risico van deze gebouwen relatief goed kan worden gekarakteriseerd door een typologie aanpak. Het 33 bcm scenario is gebruikt voor deze analyse om aan de conservatieve kant te blijven, er wordt echter op gewezen dat een gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd als onderdeel van de april 2016 H&RA waaruit bleek dat het aantal gebouwen met een gemiddelde ILPR  $>10^{-5}$  relatief ongevoelig was voor vergeleken productieniveaus van 33 bcm, 27 bcm and 21 bcm (*Ref. 4*). Verder wordt opgemerkt dat de april 2016 H&RA (zoals ook in de Witte NPR) alleen betrekking heeft op het risico van bezwijken van gebouw (draagconstructie/dragende delen). The H&RA resultaten en de uitwerking op prioritering kunnen veranderen als ook falen van niet-dragende elementen (potentieel vallende objecten) worden meegenomen in de toekomstige H&RA updates.

In de april 2016 HRA komen ~100 gebouwen uit op een gemiddelde ILPR  $>10^{-5}$  (allemaal tussen de  $10^{-5}$  en  $10^{-4}$ , geen enkele komt uit op een gemiddelde ILPR  $>10^{-4}$ ). In principe alleen die gebouwen met een gemiddelde ILPR  $>10^{-5}$  komen uit boven de IR norm en vereisen daarom maatregelen. Echter, voor prioriteringdoeleinden wordt het passend geacht om een grotere steekproef van gebouwen te bekijken voor de volgende redenen:

- ~100 gebouwen is een relatief kleine steekproef en omdat deze ~100 allemaal laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen zijn, geeft de steekproef geen inzicht in de prioriteitsstelling voor woningen
- De H&RA resultaten hebben een inherente onzekerheid en kunnen veranderen in de toekomstige versies als nieuwe inzichten zijn verwerkt
- De NPR (niet de H&RA) bepaalt uiteindelijk welke gebouwen veilig zijn en welke niet en de NPR resultaten kunnen verschillen van H&RA resultaten.

#### **Analyse overzicht**

In de tabel hieronder is het aantal gebouwen weergegeven in de prioriteringsgroep 1 met een ILPR  $>10^{-5}$  voor een scala van verschillende probabilistische aannamen/uitkomsten in de april 2016 H&RA. De gebruikte terminologie in deze tabel is als volgt te verklaren: “P90” staat voor de uitkomst waarbij er 90% kans is dat het risico lager is en er 10% kans is dat risico hoger is. P90 and P99 zijn bruikbaar omdat voor deze aannamen/uitkomsten er een hoge mate van betrouwbaarheid is dat het risico niet hoger is.

Number of buildings with Inside Local Personal Risk $>10^{-5}$					
Case	Low/mid-rise apartments	Terraced houses	Semi-detached houses	Detached houses	Total
P10	0	0	0	0	0
Mean	~100	0	0	0	~100
P90	~550	0	0	0	~550
P99	~2400	~1000	~500	~100	~4000

Zoals weergegeven in deze tabel zijn alle ~100 gebouwen met een gemiddelde ILPR  $>10^{-5}$  laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen. Ze zijn overwegend gebouwd met ongewapend metselwerk (URM). De lijst met gebouwen met P90 ILPR  $>10^{-5}$  is vergelijkbaar, met alle ~550 in de categorie laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen. Voor de situatie P99 ILPR  $>10^{-5}$  bestaat circa 60% van het totaal uit laagbouw /middelhoge apartmententsgebouwen, en de rest uit woningen, met rijtjeshuizen het hoogst in aantal, gevolgd door 2<sup>1</sup> kap woningen en vrijstaande woningen.

Voor dezelfde probabilistische aannamen/uitkomsten geeft onderstaande tabel een indicatie van het gebied waarin gebouwen met ILPR  $>10^{-5}$  zich bevinden, gebruikmakend van de oktober 2015 KNMI PGA kaart als referentie. De getoonde PGA contouren voor elk geval/gebouwtype is een buitengrens benadering, waarbuiten er geen gebouwen meer zijn van dit type met ILPR  $>10^{-5}$ .

Approximate outer contour (KNMI Oct 2015 PGA map) for buildings with Inside Local Personal Risk $>10^{-5}$				
Case	Low/mid-rise apartments	Terraced houses	Semi-detached houses	Detached houses
P10	-	-	-	-
Mean	~0.15g	-	-	-
P90	~0.10g	-	-	-
P99	~0.05g	~0.25g	~0.25g	~0.30g

De analyse van het gemiddelde en de P99 ILPR aanamen/uitkomsten worden nu verder verkend, te beginnen met het gemiddelde ILPR situatie.

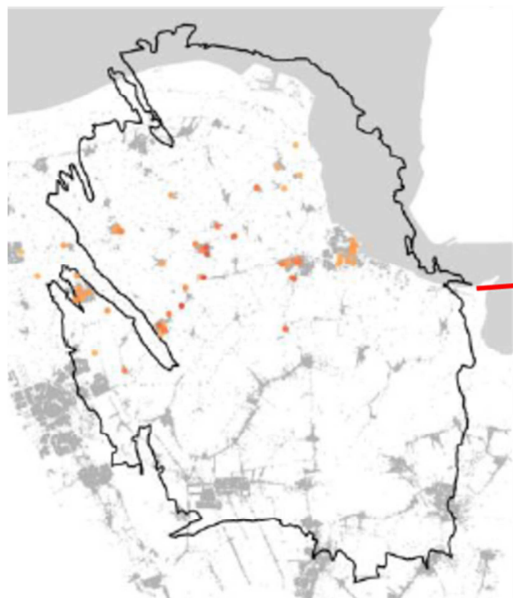
#### Analyse van gebouwen met een gemiddelde ILPR $>10^{-5}$

Het diagram/kaart hieronder laat de locaties zien waar de ~100 laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen met een gemiddelde ILPR  $>10^{-5}$  zich ongeveer bevinden (links) en waar ze zich bevinden in relatie tot de gebiedsprioritering in het MJP (rechts). De meerderheid van deze gebouwen is gelegen binnen de 0.2g oktober 2015 KNMI PGA contour, de overigen bevinden zich net buiten deze 0.2g contour in Bedum and Delfzijl (de buitengrens op ~0.15g). De ~100 gebouwen zijn ongeveer gelijkelijk



verdeeld over de 5 gemeenten Loppersum, Appingedam, Delfzijl, Ten Boer and Bedum. In het algemeen is er een goede afstemming tussen het gebied waarin deze ~100 buildings zich bevinden en de prioriteitsgebieden (ronde 1 en 2) in het MJP.

Approximate location of ~100 buildings with mean ILPR  $>10^{-5}$  in April 2016 H&RA (orange dots)



Area with buildings with mean ILPR  $>10^{-5}$  (red dotted oval) relative to KNMI 0.2g contour / MJP



Figuur 2: prioritaire gebieden in fase 1 (blauw) en fase 2 (geel) en maximale grondversnellingscontouren 0,3 g en 0,2 g (1 g = 9,81 m/s<sup>2</sup>). Onderdondam (groen) is reeds in ontwikkeling.  
Bron: NCG, maximale grondversnellingscontouren KNMI.

De volgende tabel laat het % zien van de laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen met een gemiddelde ILPR  $>10^{-5}$  ten opzicht van het totale aantal laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen, beschreven aan de hand van oktober 2015 KNMI PGA contouren. De “buitengrens” ligt op 0.15g, maar tussen 0.15-0.25g is het percentage laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen met een gemiddelde ILPR  $>10^{-5}$  klein (<5%).

KNMI Oct 2015 PGA Contour	% of low/mid-rise apartment buildings with mean ILPR $>10^{-5}$
$> 0.3g$	~30%
0.25 - 0.30g	~15%
0.20 - 0.25 g	< 5%
0.15 - 0.20g	< 5%
$< 0.15g$	~0

#### Analyse van gebouwen met P99 ILPR $>10^{-5}$

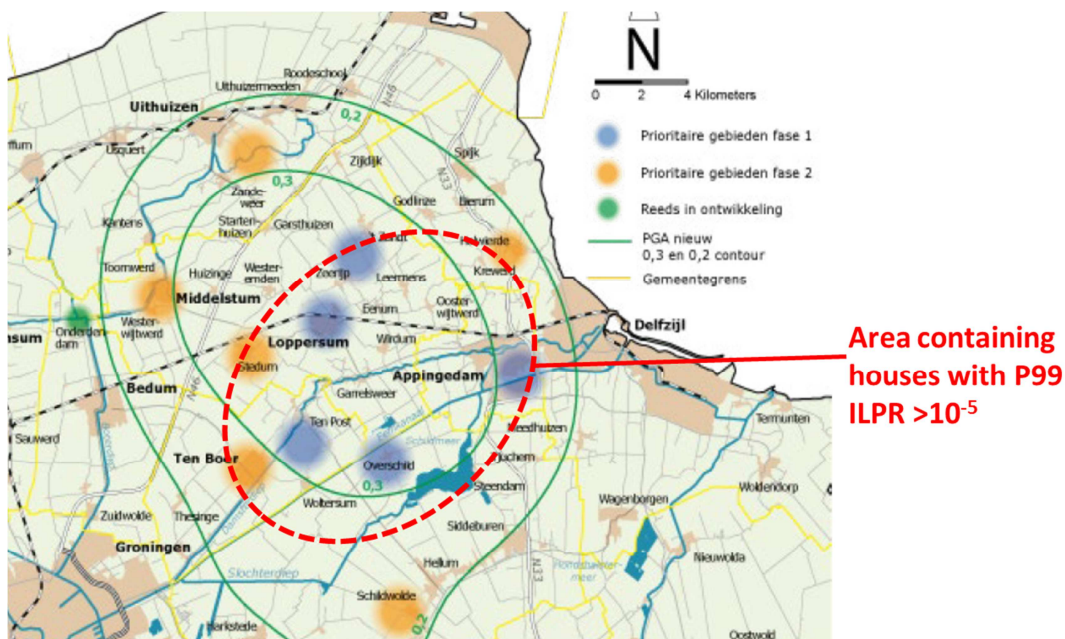
In de P99 situatie (zoals aangegeven in de eerder getoonde tabel) hebben ~4000 gebouwen in prioriteringspoel 1 een ILPR  $>10^{-5}$ , waarvan ~2400 laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen, ~1000

rijtjeswoningen, ~500 2<sup>^</sup>1 kap woningen en ~100 vrijstaande woningen. De volgende tabel laat voor ieder gebouwtype het % zien van gebouwen (P99 situatie) met ILPR >10<sup>-5</sup> ten opzichte van het totale aantal gebouwen van dat type, beschreven aan de hand van de oktober 2015 KNMI PGA contouren.

% of buildings by type/location with P99 ILPR >10 <sup>-5</sup>					
Typology		Low/mid-rise apartments	Terraced Houses	Semi-detached houses	Detached houses
KNMI Oct 2015 PGA Contour	>0.3g	~80%	~50%	~30%	~5%
	0.25-0.3g	~90%	~20%	~15%	0%
	0.2-0.25g	~50%	0%	0%	0%
	0.15-0.2g	~60%	0%	0%	0%
	0.1-0.15g	~70%	0%	0%	0%
	0.05-0.1g	<10%	0%	0%	0%
	0-0.05g	0%	0%	0%	0%

“Outer bound”  
beyond which there  
are no houses with  
P99 ILPR >10<sup>-5</sup>)

De laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen met P99 ILPR >10<sup>-5</sup> zijn vrij breed verspreid over de PGA contouren, hoewel buiten de 0.1g het percentage >10<sup>-5</sup> erg klein wordt, met de “buitengrens” op 0.05g. De P99 resultaten voor woningen laat zien dat rijtjeshuizen een hoger risico zijn (relatief gezien), gevolgd door 2&1 kap woningen en daarna vrijstaande woningen. Ook de “buitengrens” is op ~0.25g voor woningen, wat betekent dat er buiten de ~0.25g met een >1% waarschijnlijkheid geen woningen zijn met ILPR >10<sup>-5</sup>. De hieronder getoonde kaart toont met grotere nauwkeurigheid het gebied met de woningen met P99 ILPR >10<sup>-5</sup>. De buitengrens van dit gebied volgt niet exact op de 0.25g contour, aangezien de H&RA berekeningen gebruik maken van de NAM (in plaats van de oktober 2015 KNMI) seismische dreigingskaarten, waarin het effect van de lokale bodemgesteldheid is meegenomen en de piek PGA iets meer naar het zuiden verplaats t.o.v. de oktober 2015 KNMI PGA kaart. Het begrensde gebied komt nauw overeen met het MJP ronde 1 gebied, met toevoeging van Ten Boer, Stedum and Holwierde. Deze resultaten impliceren dat aan de woningen in Stedum, Ten Boer and Holwierde hogere prioriteit dient te worden gegeven dan aan de andere ronde 2 locaties.



#### Onzekerheid laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen versus woningen

De april 2016 H&RA resultaten geven aan dat laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen een groter risico zijn (relatief gezien) vergeleken met woningen. Echter, dit wordt mede veroorzaakt door het feit dat laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen minder goed gekarakteriseerd zijn tot op heden en dus onderworpen zijn aan meer onzekerheid dan woningen. Het relatieve risico van laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen kan veranderen als er meer kennis beschikbaar komt in de toekomstige H&RA versies. Woningen zijn beter gekarakteriseerd tot op heden, in het bijzonder rijtjeshuizen.

#### H&RA conclusies

De conclusies voor prioriteringspoel 1 vanuit de april 2016 H&RA resultaten kunnen worden gescheiden in die voor laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen en die voor woningen.

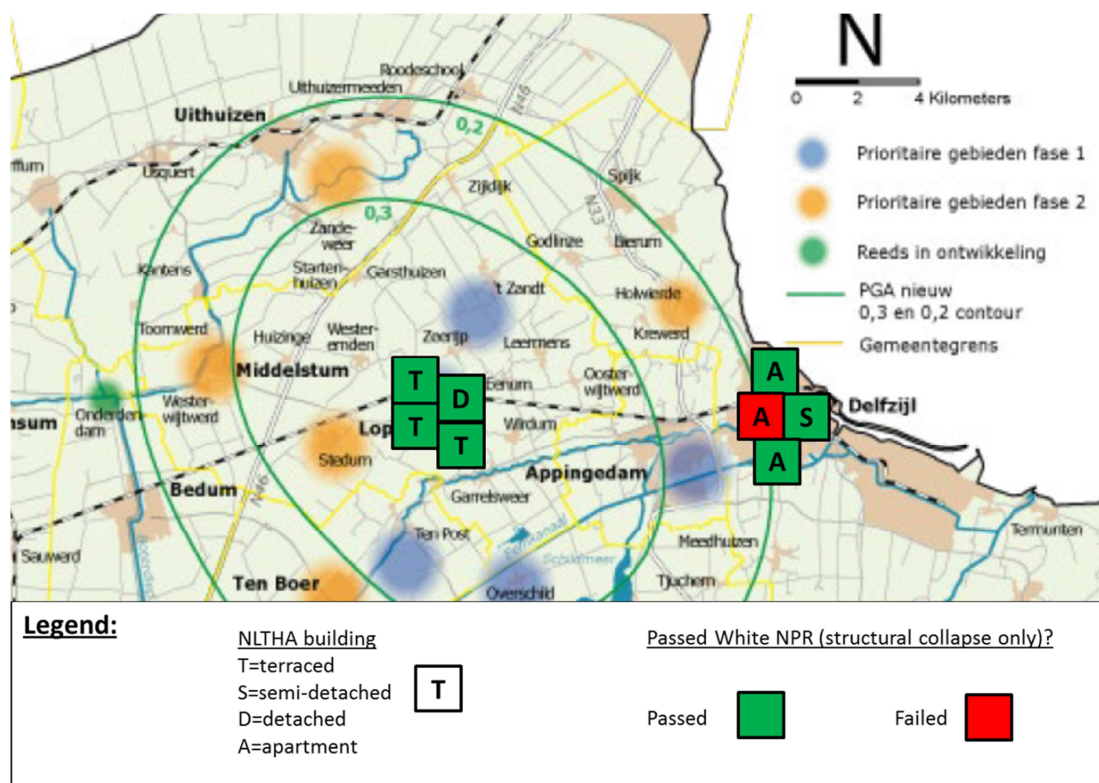
Aan laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen dient een relatief hoge prioriteit te worden gegeven in de volgende fasen (rondes) van het MJP om twee redenen. Ten eerste, gebaseerd op de H&RA resultaten zijn het de hoogste risico bouwtypes in termen van ILPR. Ten tweede, het totale risico (bepaald met CR) voor deze gebouwen is waarschijnlijk relatief hoog omdat zij normaal gesproken in vergelijking met woningen groter zijn met een (gemiddeld) hogere aanwezigheid van mensen. Omdat de grotere mate van onzekerheid een hoofdoorzaak is voor het feit dat deze gebouwen als hoger risico worden gezien is het (uiterst) belangrijke om voor deze gebouwen te focussen op verdieping van kennis over en begrip van deze type gebouwen d.m.v. engineering pilots, de volgende H&RA update of anderszins. De H&RA resultaten, kijkend naar de gemiddelde of de P99 situatie, laten zien dat het hoogste % van deze gebouwen met  $ILPR > 10^{-5}$  zich binnen de oktober 2015 KNMI 0.25g contour bevindt, dus dit is het aanbevolen gebied om te prioriteren in de komende fasen (rondes) van het MJP.

Bij woningen dienen rijtjeshuizen een hogere prioriteit te krijgen in de komende MJP fasen (rondes), gevolgd door 2<sup>1</sup> kap woningen, gevolgd door vrijstaande woningen. Aangezien er geen huizen zijn met P99 ILPR  $>10^{-5}$  buiten de KNMI 0.25g contour, wordt sterk aanbevolen de MJP activiteit met betrekking tot woningen te beperken tot het gebied binnen de 0.25g contour, of meer specifiek in het gebied gemarkeerd op de kaart op pagina 8.

### **3.2. Sterkteberekeningen/ontwerp (Structural Engineering)**

De volgende bron van risicoinzichten om in de overwegingen mee te nemen zijn de sterkte of draagkrachtberekeningen die voor specifieke gebouwen in het Groningen aardbevingsgebied zijn uitgevoerd in het kader van een pilot of om te toetsen of een gebouw aan de NPR voldoet. Alleen sterkteberekeningen in de vorm van NLTHA (non-linear time history analysis) getoetst aan de Witte NPR - en die ook tenminste een voorlopige beoordeling hebben ondergaan - worden voorgesteld te worden meegenomen als bron van risicoinzicht hier. In de afgelopen twee jaar zijn veel meer gebouwen geevalueerd, maar de meeste van deze evaluaties gebruiken een oudere versie van de NPR ("Groene" NPR of voorafgaande tussentijdse richtlijnen) en/of maken gebruik van vereenvoudigde berekeningsmethoden (b.v. de 'push-over' methode, of de 'modal response' methode) die inferieur zijn aan / conservatief zijn in vergelijking met NLTHA en die dus geen accuraat risicoinzicht geven vergelijkbaar met de H&RA resultaten.

Vandaar dat voor dit prioriteringsadvies de voorlopige NLTHA resultaten voor 8 gebouwen zijn meegenomen, waarvan 3 appartementsgebouwen and 5 woningen (3 rijtjes, 1 2<sup>1</sup> kap en 1 vrijstaand). De gebouwen bevinden zich in gebieden met relatief hoge seismisiciteit, in Loppersum of Delfzijl, zoals blijkt uit de kaart hieronder.



Uit deze voorlopige NLTHA resultaten die zijn getoetst aan de Witte NPR blijkt dat slechts één van deze gebouwen (een middelhoog URM appartementsgebouw) niet voldoet aan de Witte NPR, d.w.z. in dit geval dat een gedeelte van de draagconstructie bezwijkt bij de ontwerp PGA volgens de Witte NPR. Net als bij de april 2016 H&RA, toetst de Witte NPR alleen op bezwijken (van de dragende constructiedelen van een gebouw), en niet op bezwijken van niet-dragende constructiedelen. Bij veel van de 8 gebouwen is geconstateerd dat er een zekere mate van falen was van niet-dragende constructiedelen bij de ontwerp PGA, wat de noodzaak versterkt om ook niet-dragende constructiedelen te behandelen in de volgende update/actualisatie van de NPR. Er dient echter te worden benadrukt dat in veel gevallen, waar falen van niet-dragende constructiedelen voorkomt, het individuele risico  $IR < 10^{-5}$  zal zijn, met name waar de falende delen klein zijn en/of buiten het gebouw vallen.

Deze NLTHA resultaten kunnen worden gebruikt als extra controle van de april 2016 H&RA resultaten, hoewel dit met de nodige voorzichtigheid dient te gebeuren. Ten eerste, de omvang van de NLTHA steekproef is zeer klein. Ten tweede, hoewel in principe zowel de Witte NPR als de H&RA getoetst worden op dezelfde criteria (gemiddelde ILPR vs  $10^{-5}$ ), zijn de technische uitgangspunten verschillend, omdat de april 2016 H&RA actuelere inzichten bevat dan die in de Witte NPR (b.v. actuelere grondbewegingsvoorspellingen). Ondanks de benodigde voorzichtigheid kunnen er wel enkele opmerkingen worden gemaakt. Hoewel dit slechts één enkel datapunt is, gegeven het feit dat het enige gebouw wat niet voldoet aan de Witte NPR een middelhoog (URM) appartementsgebouw is (de twee appartementsgebouwen die wel voldeden waren betonnen gebouwen), is dit in ieder geval niet in tegenspraak met de bevindingen uit de H&RA dat laagbouw/middelhoge URM appartementsgebouwen tot de hoogste risicotypes gebouwen behoren. De NLTHA resultaten bieden geen basis voor de

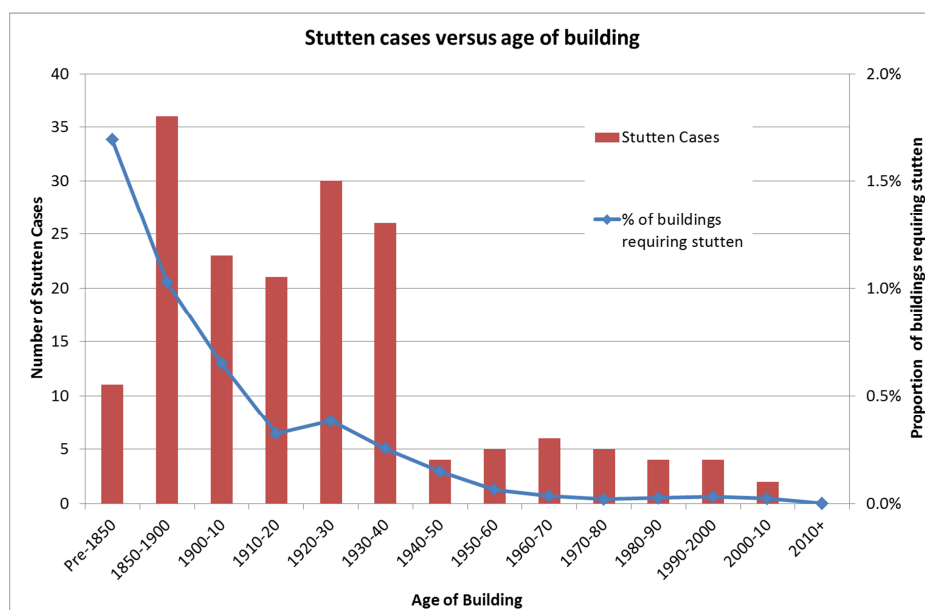


prioritering tussen verschillende typen woningen. Echter, aangezien alle 5 woningen voldeden aan de Witte NPR, versterkt dit alleen maar de noodzaak om selectief te zijn en te prioriteren naar de omgeving van de hoogste seismiciteit, in lijn met de conclusies uit de H&RA.

### 3.3. “Stutten” gevallen

Analyse van “Stutten”gevallen is uitgevoerd om twee belangrijke vragen te beantwoorden. Ten eerste, welke typen gebouwen moe(s)ten worden gestut gezien hun staat van onderhoud of anderszins? Ten tweede, zijn alle gebouwen die ‘stutten’ nodig hebben (gehad) in de gebieden met hogere seismiciteit reeds gevonden, voor zover praktisch mogelijk, of is er een pro-actief / praktisch programma dat uitgevoerd dient te worden voor de potentieel resterende onbekende gevallen.

Tot op heden is een analyse gedaan van ~180 stutten gevallen die zijn gerapporteerd tot en met augustus 2015 (verder werk is in gang gezet om meer gegevens te verzamelen voor na augustus 2015 om de analyse te voltooien). De eis om te ‘stutten’ was gebaseerd op de mening van deskundigen (niet op technische berekeningen) tijdens inspecties van het gebouw in de werkstroom schade of versterken (RVS/EVS). Bij de meerderheid van de gevallen leidde de toestand van de gebouwen (aardbevings-gerelateerd of niet) tot de noodzaak van stutten. Deze ~180 gevallen komen voor in verschillende types gebouwen, waarbij nog geen duidelijke trend is vastgesteld tussen het type gebouw en de waarschijnlijkheid van noodzaak tot ‘stutten’. Er is echter een zeer sterke correlatie tussen de ouderdom van een gebouw en de ‘stutten’ gevallen, zoals blijkt uit onderstaande grafiek, waarschijnlijk omdat de toestand van oudere gebouwen veel variabeler blijkt te zijn. De meerderheid (>80%) van de ‘stutten’ gevallen kwam voor bij gebouwen die voor 1940 zijn gebouwd en het % gebouwen die ‘stutten’ vereisen is veel hoger voor oudere gebouwen dan moderne gebouwen.



Binnen de oktober 2015 KNMI 0.2g contour zijn er in totaal ~24,000 gebouwen, waarvan ~19,000 zijn geïnspecteerd of via de werkstroom schade of via de RVS/EVS werkstroom. Voor de overige ~5000 gebouwen is de waarschijnlijkheid van 'stutten' gevallen lager dan bij de gebouwen die reeds waren geïnspecteerd, omdat de eigenaar (nog) geen schade heeft gemeld en in veel gevallen een gebouw dat reeds in een slechte toestand was en dat dit zichtbaar was voor de eigenaar, dit reeds zou hebben geleid tot een schadeclaim. Om echter verder het vertrouwen te krijgen dat alle 'stutten' gevallen zijn gevonden (voor zover mogelijk) binnen de 0.2g contour kan een korte/ gerichte inspectiecampagne worden overwogen. Bijvoorbeeld, beperking van de campagne tot alleen pre-1940 gebouwen zou inhouden dat slechts ~300 van de ~5000 gebouwen worden geïnspecteerd, maar dit zou waarschijnlijk de meerderheid van de gebouwen in slechte staat identificeren die nog 'stutten' vereisen (ervan uitgaande dat er nog niet geïdentificeerd 'stutten'gevallen bestaan).

Tot slot is het raadzaam dat de analyse van de in de 'stutten' gevallen wordt afgerond en dat vervolgens een gerichte campagne om oudere gebouwen te inspecteren in het gebied van hogere seismiteit dient te worden overwogen.

### **3.4. Prioriteringsgroep 2**

De tot dusverre beschreven analyse in dit document heeft zich gericht op de prioritering van groep 1 – woningen en laagbouw /middelhoge appartementsbouwen.

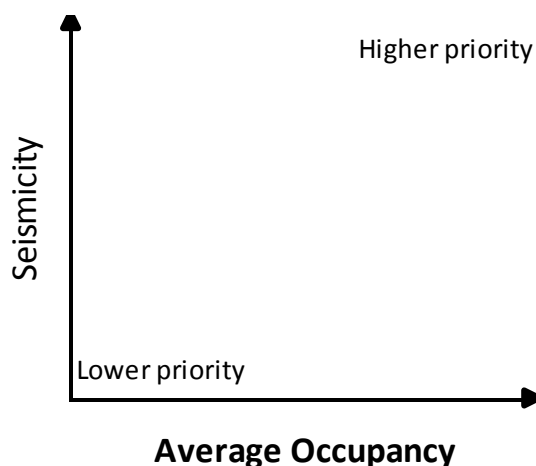
Hoe zit het met prioritering van groep 2 met hoogbouw appartementsgebouwen en utiliteitsgebouwen, zoals scholen, ziekenhuizen en kantoren? Voor deze gebouwen is een andere benadering vereist, omdat ze van nature een meer uniek karakter hebben en daarom niet zo geschikt zijn voor een op typologie gebaseerde risicobeoordeling, zoals die in de H&RA. In plaats daarvan wordt een eenvoudiger / praktischer benadering aanbevolen die de belangrijkste risicofactoren in aanmerking neemt.

Voor prioritering van groep 2 gebouwen bestaan al verschillende specifieke werkstromen voor een scala van gebouwtypes, zoals scholen, verzorgingstehuizen, hoogbouw appartementsgebouwen en kerken. Deze werkstromen bestaan uit inspectieprogramma's, engineering (initieel via pilots) en ingrepen om gebouwen veiliger te maken. De werkstromen zijn in verschillende stadia van ontwikkeling, maar in het algemeen kan men stellen dat er goede voortgang wordt geboekt om de risico's van gebouwen beter te karakteriseren. Inzichten op basis van risicofactoren, zoals relatieve kwetsbaarheid (die de kans op falen beïnvloedt) en de gemiddelde bezettingsgraad over een jaar (die de gevolgen van falen bepaalt), zijn gebruikt om deze werkstromen te prioriteren. Bijgevolg hebben scholen en verzorgingstehuizen de hoogste prioriteit gekregen en zijn deze werkstromen zijn ook het verst doorontwikkeld.

Naar de toekomst toe is de aanbeveling om scholen, ziekenhuizen en verzorgingstehuizen nog steeds de hoogste prioriteit toe te kennen in poel 2 op basis van hun risico en anderzijds hun waarde voor de samenleving.

Voor andere poel 2 gebouwen (anders dan scholen/ ziekenhuizen/ verzorgingstehuizen) zijn eenvoudige criteria voor prioritering aanbevolen. In het algemeen zijn poel 2 gebouwen moeilijker te categoriseren in typologieën, hetzij omdat hun ontwerp meer uniek is of omdat het type gebouw significant kan variëren voor een bepaald type gebruik. Bijvoorbeeld, sommige kantoren zijn hoogbouw (betonnen) appartementsgebouwen, waar anderen meer op URM woningen lijken. Op grond hiervan is het moeilijk om relatieve kwetsbaarheidsniveau's toe te kennen op basis van hun gebruik. Echter, een algemene vuistregel die kan worden toegepast (op basis van alle kwetsbaarheidsanalyses tot nu toe) is dat URM gebouwen kwetsbaarder lijken te zijn dan gebouwen van beton of staal, dus dat URM gebouwen als eerste geprioriteerd dienen te worden. Los van de kwetsbaarheidsoverwegingen worden twee simpele risicocriteria aanbevolen voor poel 2 prioritering, nl. seismiteit en gemiddelde bezettingsgraad. Seismiciteit is medebepalend voor de kans op bezwijken van een gebouw, terwijl de gemiddelde bezettingsgraad bepalend is voor de gevolgen hiervan. De PGA contouren van de meest recente 'eens in de 475 jaar' KNMI kaart kunnen worden gebruikt als een maat voor seismiteit, en er zijn verschillende bronnen waarmee de gemiddelde bezetting is in te schatten, inclusief de 'Exposure Database' gebruikt voor de H&RA. Daarbij wordt voor de gemiddelde bezettingsgraad rekening gehouden met het piekgebruik van het gebouw evenals het % van de tijd dat het bezet is.

Samengevat: de aanbeveling is om de (overige) poel 2 gebouwen zodanig te prioriteren dat die met de combinatie van hoogste seismiteit en hoogste gemiddelde bezettingsgraad als eerste worden geprioriteerd (zie het volgende diagram), en anderszijds een hogere prioriteit toe te kennen aan URM gebouwen ten opzichte van andere bouwtypen. Deze aanpak is een eenvoudige manier om de gebouwen met het hoogste individuele risico en het hoogste totale risico (CR) eerst te prioriteren. Kwetsbaarheid en seismiteit bepalen het individuele risico en door toevoeging van de gemiddelde bezettingsgraad als criterium wordt ook met CR rekening gehouden.



Deze aanbevolen benadering is over het algemeen gelijk aan de methode gebruikt door VIIA voor CC2/CC3 gebouwen, afgezien van het feit dat VIIA gebruik maakt van een wat complexere methode waarbij gebouwen worden onderscheiden op basis van hun kwetsbaarheid, gebruikmakend van de kwetsbaarheidscurves van de US Federal Emergency Management Agency. Deze kwetsbaarheidscurves zijn op maat gemaakt voor de Amerikaanse aanpak en in de praktijk bieden ze niet heel veel hulp bij het



onderscheiden van gebouwen, daar veel van de curves dicht bij elkaar liggen. Bijgevolg wordt een simpeler benadering aanbevolen die URM prioriteert boven andere bouwtypes.

#### **4. Aanbevelingen**

Gebruik makend van de laatste risicoinzichten worden de volgende aanbevelingen gedaan voor de prioritering van gebouwen in het bouwkundig versterken programma / volgende fasen (ronden) van het MJP.

##### **Woningen en laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen (prioriteringsgroep 1):**

- Laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen:
  - Geef laagbouw /middelhoge URM appartementsgebouwen hoge prioriteit, omdat de april 2016 H&RA resultaten aangeven dat dit het bouwtype is met het hoogste risico.
  - Concentreer de activiteiten in het gebied zoals getoond door de rood gestippelde lijn op de kaart op pagina 8, vooral het deel binnen de oktober 2015 KNMI 0.25g PGA contour (buiten dit gebied geeft de H&RA aan dat het % laagbouw /middelhoge appartementsgebouwen met ILPR  $>10^{-5}$  laag is)
  - Leg de nadruk op het meer leren over deze gebouwen – een van de redenen dat ze een groter risico zijn is dat ze minder goed gekarakteriseerd zijn (meer onzekerheid) in relatie tot woningen
- Woningen:
  - Prioriteer rijtjeswoningen eerst, gevolgd door 2<sup>1</sup> kap woningen, gevolgd door vrijstaande woningen, met daarin een mix van alle woningtypes in het programma om te blijven leren over alle types
  - Beperk de activiteiten tot het gebied die de rode stippellijn laat zien op de kaart op pagina 10 (binnen oktober 2015 KNMI 0.25g PGA contour), dat wil zeggen het gebied dat in de H&RA woningen bevat met P99 ILPR  $>10^{-5}$ . Hierbuiten bevinden zich geen woningen met  $>1\%$  kans ILPR  $>10^{-5}$ .

##### **Hoogbouw appartementsgebouwen en Utiliteitsgebouwen zoals scholen, ziekenhuizen of kantoren (prioriteringsgroep 2):**

- Wijs een redelijke hoeveelheid middelen toe aan pool 2 gebouwen, aangezien in het algemeen de consequenties als gevolg van bezwijken groter zijn en er een behoefte blijft om te blijven leren over deze gebouwen
- Geef de hoogste prioriteit aan / blijf doorgaan met toegewezen werkstromen voor scholen en ziekenhuizen/ verzorgingstehuizen
- Voor overige pool 2 gebouwen, prioriteer datgene met het hoogste individuele risico (IR) en totale risico (CR):
  - Prioriteer die met een combinatie van hoogste seismiciteit / hoogste gemiddelde bezettingsgraad eerst
  - Anderszins, prioriteer ongewapend mestelwerk (URM) gebouwen ten opzichte van andere constructietypes (beton, staal)

**Analyse van 'Stutten' gevallen:**

- Maak de analyse af, inclusief data (gegevens/dossiers) van na augustus 2015
- Overweeg een korte / gerichte campagne om oudere gebouwen (bv pre-1940) te inspecteren, binnen het gebied met een hogere seismiciteit (october 2015 KNMI 0.2g PGA contour) die nog niet geïnspecteerd zijn, daar oudere gebouwen in een veel minder goede staat lijken te zijn / 'stutten' vereisen

## **Referentielijst**

1. “November 2015 seismische risicoanalyse/ Prioritering vervolgstappen”; aangeboden aan NCG per e-mail op 4 december 2015
2. Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Induced Earthquakes in Groningen; Update 2015; Bernard Dost and Jesper Spetzler; KNMI, October 2015;  
[http://cdn.knmi.nl/system/data\\_center\\_publications/files/000/052/459/original/KNMI\\_PSHA\\_update\\_Groningen\\_2015.pdf?1445526758](http://cdn.knmi.nl/system/data_center_publications/files/000/052/459/original/KNMI_PSHA_update_Groningen_2015.pdf?1445526758)
3. “Vallende Objecten Risico-gebaseerde Prioritering Strategie – Voorstel”; aangeboden aan NCG per e-mail op 27 april 2016.
4. Technical Addendum bij het ‘Winningsplan Groningen 2016’; PART IV – Risk; 1 April 2016; pagina’s 17-18; <http://feitenencijfers.namplatform.nl/download/rapport/c38f6dc6-f92a-443a-ac1c-d1ff92492264?open=true>