

**Beantwoording vragen ministerie van Economische Zaken en
Klimaat**

**Effect van veranderende seismische dreiging bij toepassing van de
Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR) 9998**

28 juni 2018

NEN

Vlinderweg 6

2623 AX Delft

Postbus 2600 GB Delft

vragenNPR@nen.nl

www.nen.nl/aardbevingen

Disclaimer

Voor de beantwoording van de vragen geldt dat deze beantwoording naar eer en geweten en met de beschikbare middelen en beperkte doorlooptijd heeft plaatsgevonden. Aannames en gemaakte keuzen zijn (in losse achtergronddocumenten en bijlagen) beschreven, de antwoorden op de vragen zijn zo goed mogelijk geduid. Gegeven de korte doorlooptijd zijn de achtergronddocumenten slechts voorzien van een globale collegiale toetsing en kunnen fouten en onvolledigheden niet geheel worden uitgesloten.

Hoewel bij deze beantwoording van vragen de uiterste zorg is nagestreefd, kunnen ook hier fouten en onvolledigheden niet geheel worden uitgesloten. Het Nederlands Normalisatie-instituut en/of haar partners aanvaarden derhalve geen enkele aansprakelijkheid, ook niet voor directe of indirecte schade, ontstaan door of verband houdend met toepassing van door het Nederlands Normalisatie-instituut gegeven antwoorden op deze vragen.

Inhoud

1	Introductie	4
1.1	Algemeen	4
1.2	Toelichting op doel en inhoud van de NPR.....	4
2	Aanpak	5
2.1	Uitgangspunten en doel.....	5
2.2	Organisatie en teamsamenstelling	6
2.3	Operationalisering aanpak.....	6
2.4	Basis van de analyses	6
2.5	Scenario's	7
2.6	Aannames, randvoorwaarden en opmerkingen bij de analyses.....	8
3	Beantwoording van de gestelde vragen	9
3.1	Wat betekent een toekomstig veranderende seismische dreiging voor de uitkomst van berekeningen die met de NPR gemaakt worden (bv. door analyses van versterkingsadviezen)? (vraag 1)	9
3.2	Zijn er grenswaarden aan te geven ten aanzien van de piek -grondversnelling, waaronder voor bepaalde gebouwtypen zeker geen of alleen bepaalde typen versterking meer nodig zijn? (vraag 2).....	11
3.3	Welke impact is te verwachten bij verdere ontwikkeling van de NPR in zijn algemeenheid op de soort versterkingsmaatregelen? (vraag 3).....	12
3.4	Hoe verhoudt de uitkomst van bovenstaande vragen en het gebruik van de NPR zich tot de uitkomsten van de risicoanalyses en hoe kunnen eventuele verschillen worden verklaard vanuit de NPR (risicoanalyse is bij andere partijen belegd)? (Vraag 4)	12
3.5	Welke andere type (tijdelijke) versterkingsmaatregelen zijn mogelijk gegeven de veranderende seismiciteit? (Vraag 5)	13
3.6	Wat betekent een andere orde grootte van versterkingsmaatregelen voor de snelheid van het gehele versterkingsproces? (Vraag 6)	13
3.7	Hoe kan, gezien het verwachte uitvoeringstempo van maatregelen, een balans worden gevonden tussen tijdelijke en permanente versterkingsmaatregelen? (Vraag 7)	14
4	Conclusies	16
5	Bijlagen.....	17
5.1	Nadere toelichting op beantwoording vragen 5 en 7.....	17
5.2	Visualisatie weerstand geanalyseerde woningtypen bij verschillende scenario's	24

1 Introductie

1.1 Algemeen

NEN heeft via de Mijnraad van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) een aantal vragen ontvangen, volgend uit de brief van de minister aan de Tweede Kamer, met kenmerk DGETM-EI / 18057375 - d.d. 29 maart 2018. NEN is gevraagd wat het effect van veranderende seismische dreiging — bij toepassing van de Nederlandse Praktijk Richtlijn (NPR) - betekent voor de uitkomst van berekeningen die met de NPR gemaakt worden, aangevuld met de vraag hoe deze uitkomst zich verhoudt tot de risicoanalyses.

Kernvragen hierbij zijn:

1. Wat betekent een toekomstig veranderende seismische dreiging voor de uitkomst van berekeningen die met de NPR gemaakt worden (bv. door analyses van versterkingsadviezen)?
2. Zijn er grenswaarden aan te geven ten aanzien van de Piek Grondversnelling, waaronder voor bepaalde bouwtypen zeker geen, of alleen nog bepaalde typen, versterking nodig zijn?
3. Welke impact is te verwachten bij verdere ontwikkeling van de NPR in zijn algemeenheid op de soort versterkingsmaatregelen?
4. Hoe verhoudt de uitkomst van bovenstaande vragen en het gebruik van de NPR zich tot de uitkomsten van de risicoanalyses en hoe kunnen eventuele verschillen worden verklaard vanuit de NPR (risicoanalyse is bij andere partijen belegd)?
5. Welke andere typen (tijdelijke) versterkingsmaatregelen zijn mogelijk gegeven de veranderende seismiciteit?
6. Wat betekent een andere orde-grootte van versterkingsmaatregelen voor de snelheid van het gehele versterkingsproces?
7. Hoe kan, gezien het verwachte uitvoeringstempo van maatregelen, een balans worden gevonden tussen tijdelijke en permanente versterkingsmaatregelen?

1.2 Toelichting op doel en inhoud van de NPR

In Noord-Nederland komen aardbevingen voor die ontstaan ten gevolge van het inklinken van de grond op relatief geringe diepte onder het aardoppervlak, met als oorzaak de winning van gas uit het Groninger gasveld. Deze zogenoemde 'geïnduceerde' aardbevingen onderscheiden zich van de in de wereld veel voorkomende en algemeen bekende 'tektonische' aardbevingen, die optreden als gevolg van grondbewegingen in de diepe aardkorst.

De Nederlandse praktijkrichtlijn, NPR 9998 *Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen*, geeft richtlijnen om te beoordelen of:

- a) nieuw te bouwen gebouwen voldoende aardbevingsbestendig zijn,
- b) bestaande gebouwen voldoende aardbevingsbestendig zijn, en
- c) bestaande gebouwen na versterking voldoende aardbevingsbestendig zijn.

Daarbij wordt zowel gekeken naar de instorting van het gehele gebouw als het bezwijken van individuele constructieve elementen, waarbij mede de fundering in beschouwing wordt genomen.

Bij het vaststellen van het niveau van veiligheid is aangesloten bij het niveau dat voor andere belastingen, betrokken op de menselijke veiligheid, in de publiekrechtelijke regelgeving (Woningwet en Besluit Omgevingsrecht) is verankerd.

Oplossingen die voldoen aan NPR 9998 voldoen dus aan de betrouwbaarheidseisen als beschreven in NEN-EN 1990 voor nieuw te bouwen bouwconstructies voor gebouwen en in NEN 8700 voor bestaande en te verbouwen bouwconstructies voor gebouwen, betrokken op het aspect menselijke veiligheid. Ook andere methoden kunnen, mits adequaat gemotiveerd, leiden tot het voldoen aan hetzelfde betrouwbaarheidsniveau (gelijkwaardigheidsprincipe).

NPR 9998 gaat uitsluitend over constructieve veiligheidsaspecten. Scheurvorming (schade) als gevolg van aardbevingsbelastingen kan ondanks gebruikmaking van deze NPR optreden. Scheurvorming kan een rol spelen bij de bepaling van de respons tegen aardbevingsbelastingen.

De NPR geeft verschillende methoden voor de constructieve beoordeling van een gebouw, waarbij de optredende aardbevingsbelastingen worden vergeleken ten opzichte van de sterkte eigenschappen van het te beoordelen gebouw. De NPR geeft parameters die gebruikt kunnen worden voor de bepaling van de optredende aardbevingsbelastingen op een specifieke locatie, zoals die op het moment van publiceren bekend waren. De NPR staat toe uit te gaan van de materiaaleigenschappen zoals die 'in-situ' voorkomen in het te analyseren gebouw. Als deze niet bekend zijn, worden daarvoor te gebruiken waarden gegeven.

2 Aanpak

2.1 Uitgangspunten en doel

Op dit moment wordt voor de uitvoering van de versterkingsoperatie en -inspecties zowel gebruik gemaakt van NPR 9998: 2015 als van NPR 9998:2017. In het najaar van 2018 zal naar alle waarschijnlijkheid NPR 9998:2018 worden gepubliceerd.

De NPR beschrijft methoden om de seismische weerstand van een gebouw te bepalen en deze te vergelijken met de aardbevingsbelastingen. Daarbij geldt dat, rekening houdend met het beoogde veiligheidsniveau de seismische weerstand van een gebouw groter dan of gelijk moet zijn aan de aardbevingsbelastingen om instorten van dat gebouw te voorkomen. In alle gepubliceerde versies van de NPR is gebruikgemaakt van seismische gegevens van dat moment onder de aanname dat de gasproductie in Groningen op dat niveau zou worden gecontinueerd. Afbouw of stopzetten van de gasproductie leidt tot andere aardbevingsbelastingen en daarmee tot een verandering in een deel van de aannames die ten grondslag liggen aan de verschillende versies van de NPR.

Doel van deze studie is het verkrijgen van inzicht in de impact van de nieuwe NPR en de veranderende belasting op de versterkingsopgave. Centraal staat beantwoording van de 7 kernvragen met een goede duiding op basis van de resultaten die volgen uit de hierna beschreven onderdelen.

Uitgangsdocumenten

NPR 9998:2015 *Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen*, NEN, Delft, 2015

NPR 9998:2017 Ontw. *Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen*, NEN, Delft, 2017

NPR 9998:2018 *Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen*, NEN, Delft, publicatie in voorbereiding

2.2 Organisatie en teamsamenstelling

Het projectmanagement en secretariaatsvoering ligt bij NEN. Het project is als aparte ad-hoc groep georganiseerd, gebruikmakend van kennis en kunde van leden van de Werkgroep Aardbevingen van NEN, die verantwoordelijk is voor de oplevering van de NPR 9998. Het projectteam bestond uit:

- Joost Walraven (TUDelft/WCE)
- Raphaël Steenbergen / Jitse Pruiksmā / Ton Vrouwenvelder / Marcel van Vliet (TNO)
- Rudi Roijakkers (BORG)
- Maurice Hermens (VIIA)
- Martin Damen (RIGO)
- Mark Lurvink / Arnoud Muizer (NEN)

2.3 Operationalisering aanpak

Voor het verkrijgen van inzicht in de impact van de nieuwe NPR en de veranderende belasting op de versterkingsopgave en voor beantwoording van de 7 kernvragen zijn de volgende stappen gezet:

1. Een selectie is gemaakt van verschillende typen huizen die als representatief kunnen worden beschouwd voor een grotere groep. Hierbij is het een voordeel indien deze typen al eerder onderwerp zijn geweest van analyses. Inmiddels zijn de resultaten van 5 typen bekend.
2. Deze typen zijn met Niet-Lineaire Push-Over (NLPO) programma's doorgerekend (bijvoorbeeld Tremuri en Slama).
3. Bij de analyse is gebruik gemaakt van de beschikbare gegevens ten aanzien van de aardbevingsbelastingen. Dit waren:
 - a) De belastingen zoals gegeven in de NPR van 2015;
 - b) De belastingen zoals gegeven in de webtool van de NPR 2017;
 - c) De belastingen voorzien bij gereduceerde gasproductie zoals gegeven door KNMI en beschikbaar gesteld in Juni 2018 in de modellen Mid-t1 – 2018~2020, Mid-t2 – 2020~2023 en Mid-t3 – 2023~2027.

Analyses zijn uitgevoerd op basis van de NPR versies 2015, 2017 en 2018 waarbij voor de laatste enig voorbehoud geldt omdat dit document zich nog in de afrondingsfase bevindt. Door deze wijze van analyseren wordt duidelijk welke invloed de ontwikkeling van de NPR, op grond van vermeerderde kennis, heeft op de versterkingsopgave.

2.4 Basis van de analyses

De berekeningen zijn uitgevoerd op een 7-tal typen. De gegevens van deze objecten zijn door NCG/CVW aangeleverd. Een aantal van de objecten (voornamelijk woningen) zijn getoetst in een gecombineerde Non-Lineair Push Over/Non-Lineair Kinematic Analysis (NLPO / NLKA) berekening. Voor alle berekeningen geldt dat de resultaten zijn afgezet tegen de verschillende aardbevingsbelasting scenario's en zijn uitgezet op de kaart van het aardbevingsgebied van

Groningen. De belangrijkste gegevens van de gebouwen die tot nu toe zijn geanalyseerd zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 – Beoordeelde objecten

Nr	Type	materiaal	bouwlagen	RHa typologie
I	CC1, rij	Metselwerk, betonnen verdiepingsvloer	2 bouwlagen + kap	URM4L
II	CC1, rij	Metselwerk, betonnen verdiepingsvloer	2 bouwlagen + kap	URM3L
III-A	CC1, twee onder één kap	Metselwerk, betonnen verdiepingsvloer	3 laagse kap tot op 1e verdieping	URM3L
III-B	CC1, twee onder één kap	Metselwerk, betonnen verdiepingsvloer	3 laagse kap tot op 1e verdieping	URM4L
IV	CC1, rij	Metselwerk, houten verdiepingsvloer	2 bouwlagen + kap, bergingen aan voorzijde	URM4L
V	CC1, vrijstaand, 'Boerderette'	Metselwerk, betonnen verdiepingsvloer	3 bouwlagen + hoge kap, torsiegevoelig	URM3L
VI	CC1, vrijstaand, karakteristiek	Metselwerk, houten verdiepingsvloer	1 bouwlaag + kap	URM6L

2.5 Scenario's

De capaciteitscurves (sterkte eigenschappen) zijn voor ieder woningtype in twee richtingen gecorreleerd aan de ADRS plots op alle locaties in het aardbevingsgebied. Dit is gedaan voor een aantal scenario's. Onderstaande tabel toont welke capaciteitscurves met welke responsespectra zijn getoetst.

Tabel 2 – Vergelijking capaciteitscurves en responspectra

Response spectrum	Capaciteitscurve		
	NPR 2015	NPR 2017	"NPR 2018"
2015	In-het-vlak	Uit-het-vlak	
2017		In- en uit-het-vlak	In-het-vlak
Mid-t1 – 2018~2020			In- en uit-het-vlak
Mid-t2 – 2020~2023			In- en uit-het-vlak
Mid-t3 – 2023~2027			In- en uit-het-vlak

OPMERKING In de NPR 2015 was de aardbevingsbelasting gegeven op 30 m diepte, met een herhalingsstijd van 475 jaar, welke met omrekenfactoren, waaronder k_{ag} , omgerekend werd naar de semi-probabilistische rekenwaarde voor de belasting op maaiveldniveau. Effectief resulteerde dit in een aardbevingsbelasting bij een herhalingsstijd van ca. 2475 jaar. In de NPR 2017 wordt direct gewerkt met een belasting op maaiveldniveau, waarbij voor de Near Collapse grenstoestand (relevant voor de menselijke veiligheid) gerekend wordt met een herhalingsstijd van 2475 jaar en een importantie factor

afhankelijk van de gevolgklasse van het gebouw, die met name wordt bepaald door het gebruik en het aantal gebruikers van het (type) gebouw.

2.6 Aannames, randvoorwaarden en opmerkingen bij de analyses

In de analyse zijn, gedurende het proces om tot beantwoording van de gestelde vragen te komen, verschillende aannames ten aanzien van de ontwikkeling van de NPR en de te analyseren objecten en de gehele populatie gemaakt. De belangrijkste uitgangspunten daarbij zijn beschreven.

3 Beantwoording van de gestelde vragen

3.1 Wat betekent een toekomstig veranderende seismische dreiging voor de uitkomst van berekeningen die met de NPR gemaakt worden (bv. door analyses van versterkingsadviezen)? (vraag 1)

Het effect van de veranderende seismische dreiging voor de uitkomst van berekeningen die met de NPR gemaakt worden vind haar oorzaak in twee ontwikkelingen. De eerste ontwikkeling betreft de veranderende seismische dreiging volgend uit nieuwe inzichten (ontwikkelingen Ground Motion Models). De tweede is een gevolg van de reductie van de gaswinning. Daarnaast neemt ook de kennis toe met betrekking tot berekeningsmethoden en sterkte eigenschappen, zoals bijvoorbeeld vastgelegd in de NPR.

Voor het effect van de reductie van de gaswinning wordt voor de beantwoording van deze vraag uitgegaan van de door KNMI op 07-06-2018 gepresenteerde scenario's. In overleg met de Mijnsraad is afgesproken uit te gaan van het scenario met gemiddelde winters. De door KNMI gepresenteerde kaarten beschrijven de piekgrondversnellingen in gridvlakken van ca. 600 bij 600 m, horende bij een herhalingsstijd van 475 jaar. In aanvulling daarop zijn ook de data met de spectrale versnellingen voor herhalingsstijden van 2475 jaar gegeven.

Vergelijking belasting NPR 2017 versus KNMI periode t1 en t3 op basis van de PGA

In periode t1 (periode van 3 jaar met 2019 in het midden) is de maximale piekgrondversnelling (peak ground acceleration, PGA) in het gebied 0,15g. In periode t3 (periode van 5 jaar met 2025 in het midden) is de maximale PGA in het gebied 0,12g. In de NPR 2017 webtool is de maximale PGA in het gebied met een herhalingsstijd van 475 jaar gelijk aan 0,24g.

Ten opzichte van de NPR2017 halveert de belasting dus grofweg in periode t3 (afwijkingen in de verhouding tussen de oude en de nieuwe 2475 jaar belastingen en afwijkingen in de verhouding tussen de oude en nieuwe belasting over het gehele gebied daargelaten). Al in de komende periode t1 is de reductie van de belasting iets meer dan 1/3.

De invloed op de versterkingsopgave is echter groter. Wanneer op de verschillende kaarten de contourlijnen die horen bij een bepaalde piekgrondversnelling worden vergeleken, dan nemen de oppervlaktes van die contourlijnen sterk af. De hoeveelheid te versterken gebouwen zal dus ook afnemen en kan zelfs meer reduceren dan de oppervlaktereductie als dichtbevolkte gebieden buiten de ondergrenzen van de toetsingscriteria vallen. Bovendien zullen de benodigde versterkingen voor de te versterken gebouwen beperkter zijn, omdat de belasting afneemt.

PGA versus spectrale verplaatsing

Voor de uitkomsten van de Niet-Lineaire Push-Over (NLPO) berekeningen is de spectrale verplaatsing echter veel belangrijker. De reductie in de spectrale verplaatsing verschilt significant over het gebied. Als de NPR 2017-webtool en de KNMI t3 waarden vergeleken worden voor de 2475 jaar herhalingsstijd, wordt gesignaleerd dat in Ten Boer de maximale spectrale verplaatsing iets meer dan halveert, terwijl in Delfzijl de reductie 40 % is.

Kijkend naar de contourlijn met maximale spectrale verplaatsing van 30 mm voor KNMI t3 en deze vergelijkend met de contourlijn met een maximale verplaatsing van 60 mm volgens NPR 2017 dan zien we een afwijkend beeld. De reductie van de spectrale verplaatsing over het gebied gezien reduceert significant minder dan wanneer naar de PGA zou worden gekeken.

Het oppervlak van het gebied met een maximale spectrale verplaatsing van bijvoorbeeld 20, 25, 30 of 35 mm wordt (voor t3) meer dan 50 % gereduceerd, en belangrijker nog, de gebieden met veel adressen zoals de stad Groningen, Hoogezand Sappemeer en afhankelijk van de waarde ook Delfzijl en eventueel Appingedam vallen buiten deze contourlijnen.

Afname aantal te versterken gebouwen

De noodzaak tot het uitvoeren van (ingrijpende) versterkingen neemt in de loop van de jaren af. Voor sommige woningtypen zal de dreiging op korte termijn (periode KNMI t1) verdwenen zijn, voor andere typen woningen duurt het iets langer (periode KNMI t3).

De grootste groep gebouwen betreft grondgebonden eengezinswoningen (CC1): rijtjeswoningen, 2-onder-1-kap, vrijstaande woningen. Voor die groep geldt dat in stappen de benodigde versterkingsmaatregelen zich als volgt ontwikkelen:

- In-het-vlak belaste wanden (wanden die als schijf werken bij een aardbevingsbelasting in dezelfde richting als deze wanden): het aantal benodigde versterkingen neemt aanzienlijk af.
- Samenhang en verbindingen: Daar waar onvoldoende samenhang bestaat tussen onderdelen van een gebouw, bijvoorbeeld door onvoldoende koppelingen zal dit naar verwachting ook in 2025 gelden.
- Uit-het-vlak belaste wanden (wanden die in trilling komen door een aardbevingsbelasting loodrecht op hun vlak): Ook rondom 2025 zijn naar verwachting nog voor veel objecten in het kerngebied versterkingen nodig indien NPR bijlage H gehanteerd wordt. Dit kan beperkt worden door het meerzijdig gesteund zijn van deze wanden in parameterstudies mee te nemen en waar nodig verstijvingsribben op naar schatting maximaal 2 tot 4 meter afstand aan te brengen. Lopend onderzoek, wat kan resulteren in een vernieuwing van bijlage H, zal naar verwachting voor veel situaties resulteren in minder conservatieve resultaten. Verwacht wordt dat dit het aantal benodigde versterkingen voor wanden die uit-het-vlak belast worden sterk zal reduceren.
- Verweking/fundering: de verwachting is dat met de nieuwe NPR 2018 en de aardbevingsbelastingen die volgen uit de gereduceerde gaswinning, zoals gegeven in de KNMI modellen t1, t2 en t3 er slechts sporadisch versterking vanwege verweking nodig zal zijn. Opgemerkt wordt dat de exacte NPR berekeningsmethode op dit moment nog wordt afgerond.
- Vallende objecten, 'High Risk Building Elements' HRBE's, ofwel zwakke onderdelen van gebouwen die bij een aardbeving kunnen losraken en naar beneden kunnen vallen, zoals slanke schoorstenen en vrijstaande borstweringen/balkonmuurtjes vooral boven in- en uitgangen (vluchtwegen) en in drukke publiek bezochte gebieden zijn voor een groot deel verwijderd of versterkt binnen een contour met een ontwerpgrondversnelling op basis van de NPR 2017 met bijhorende belastingen van ongeveer $a_{g,d} > 0,20 g$.
Ook niet-dragende binnenwanden en buitenbladen van gevels vallen in de categorie niet-seismische, constructieve elementen. Deze worden vooral uit-het-vlak gezien als zwak, beoordeeld op basis van de huidige NPR. Zie derde aandachtspunt uit deze lijst aangaande uit-het-vlak belaste wanden.

Gevoeligheid voor parameters en impact daarvan op de versterkingsopgave

Op dit moment wordt de laatste hand gelegd aan de nieuwe versie van de NPR (2018). De studies van de laatste weken wijzen erop dat de aantallen te versterken gebouwen op basis van de NPR heel gevoelig zijn voor de exacte invulling van de parameters in de berekeningen.

De reden daarvoor is het feit dat, zeker met de t1, t2 en t3 belastingen, steeds meer woningen in de buurt van het omslagpunt komen waarbij de weerstand groter of gelijk is aan de optredende belastingen.

Andere typen gebouwen dan woningen

In de gevolgklassen CC2 en CC3 bevinden zich veel gebouwen die in constructief opzicht overeenkomen met woningen, maar door hun functie zoals horeca of kantoor, onder gevolgklasse CC2 vallen. Daarnaast is er ook een grote groep afwijkende gebouwen, zoals ziekenhuizen, kantoren, scholen, hotels, etc. waarvan de conclusies kunnen afwijken van die getrokken voor de woningen.

Afnemen van de aardbevingsbelasting in de tijd

Gedurende de komende jaren zal, door het afnemen van het seismische risico de noodzaak tot versterken steeds kleiner worden. Daarbij zullen de versterkingsmaatregelen naar verwachting steeds minder ingrijpend van karakter worden.

Op dit moment is het helaas niet mogelijk gebleken om uitspraken te doen over de verwachting waar woningen die niet voldoen zich op de kaart bevinden. Wel is vastgesteld dat een bundeling van bronmateriaal nodig is om dit alsnog te kunnen doen. NEN kan hier op verzoek een concretiseringsslag in maken, maar heeft dan idealiter wel toegang nodig tot andere bronnen waaronder bijvoorbeeld de GESU-portal van Arup.

De versterkingsadviezen die tot op heden zijn gemaakt gingen er allemaal vanuit dat er een gedegen, zorgvuldige analyse gemaakt moest worden om tot een versterking te komen die ervoor zorgde dat de vereiste veiligheid volledig werd gehaald. Bij een dalende gasproductie daalt ook het risico in de tijd. Ook een versterking die in eerste instantie slechts gedeeltelijk het veiligheidsniveau verhoogt kan effectief zijn. Na verloop van tijd wordt in dat geval zeer waarschijnlijk ook het vereiste veiligheidsniveau gehaald.

Dit betekent dat het type van versterkingen en ook het type van berekeningen aangepast kan worden. Zoals ook uit de beantwoording van vraag 3 en 7 blijkt zien we de veiligheid van de totale voorraad woningen sneller toenemen als we meer generieke versterkingsmaatregelen snel kunnen uitvoeren.

3.2 Zijn er grenswaarden aan te geven ten aanzien van de piek - grondversnelling, waaronder voor bepaalde bouwtypen zeker geen of alleen bepaalde typen versterking meer nodig zijn? (vraag 2)

Het is mogelijk globale grenswaarden ten aanzien van de piekgrondversnelling aan te geven waaronder voor bepaalde bouwtypen zeker geen of alleen bepaalde typen versterkingen nodig zijn (de NPR geeft aan in zowel de 2015 als de 2017 versie dat bij een PGA onder 0,05 g bij een herhalingsdij van 475 jaar geen beoordeling op constructieve veiligheid nodig is). Hierbij moet wel worden bedacht dat binnen typologieën nog een aanzienlijke variatie in eigenschappen kan optreden vanwege verschillen in ruimtelijke indeling van woningen en de positie van deuren en ramen. Het aangeven van grenzen voor de PGA is daarom enigszins speculatief.

Wel kan worden aangegeven welke categorieën woningen het meest kwetsbaar zijn en daarom bij de versterkingsopgave prioriteit moeten krijgen. Voor een dergelijke categorie kan worden aangegeven welke versterkingsmaatregelen het meest efficiënt zijn in combinatie met

een zo beperkt mogelijke overlast voor de bewoners. De versterkingsopgave moet dan bij voorkeur worden gestart in de gebieden met de hoogste PGA, waarbij gewerkt wordt in de richting van gebieden met een lagere PGA.

Opgemerkt wordt wel dat bij de bepaling van de noodzaak tot versterken het gebruik van grenswaarden aan de piekgrondversnelling niet altijd de beste methode voor het vaststellen van het seismische risico is, aangezien in de waarde van de piekgrondversnelling niet de invloed van het responspectrum verdisconteerd is. Als goede optie kan daarom ook worden uitgegaan van grenswaarden op basis van de spectrale verplaatsing.

Met name voor de meer symmetrische woningen met een regelmatige plattegrond en opbouw zou op basis van typologische kenmerken een grenswaarde voor een veilige maximale spectrale verplaatsing kunnen worden vastgesteld.

Voor de beantwoording van deze vraag kon slechts een beperkt aantal woningtypen in de beschouwing worden meegenomen. Nadere studie dient uitgevoerd te worden om in bredere zin conclusies te kunnen trekken.

3.3 Welke impact is te verwachten bij verdere ontwikkeling van de NPR in zijn algemeenheid op de soort versterkingsmaatregelen? (vraag 3)

Verwacht wordt dat een verdere ontwikkeling van de NPR een positieve invloed zal hebben op het verminderen van conservatisme. Daarmee kan de noodzaak voor het toepassen van bepaalde versterkingsmaatregelen afnemen.

De soort van versterkingsmaatregelen zal veranderen naar meer generieke, minder ingrijpende maatregelen. De meest ingrijpende maatregelen zullen in aantal afnemen.

Zoals in recent uitgevoerde analyses naar voren is gekomen, is de impact van sommige parameters op de constructieve veiligheid groot. Zo is het afschuifdraagvermogen van metselwerkpenanten sterk bepalend voor het al dan niet voldoen aan de benodigde sterkte eigenschappen van de seismische weerstand van de constructie.

Met name met betrekking tot de seismische weerstand van wanden die uit-het-vlak worden belast is nog een ontwikkeling te verwachten. Onder punt 3.1 werd al gewezen op lopende ontwikkelingen die kunnen resulteren in vermindering van conservatisme in bijlage H van de NPR. Daarmee zal het aantal gebouwen met te versterken uit-het-vlak belaste wanden worden gereduceerd.

3.4 Hoe verhoudt de uitkomst van bovenstaande vragen en het gebruik van de NPR zich tot de uitkomsten van de risicoanalyses en hoe kunnen eventuele verschillen worden verklaard vanuit de NPR (risicoanalyse is bij andere partijen belegd)? (Vraag 4)

Deze vraag wordt door TNO beantwoord (zie rapportage zoals door TNO opgestuurd naar de Mijnsraad voor de beantwoording van Vraag 2 door TNO). In dat document wordt ingegaan op het verschil tussen een volledig probabilistische risicoanalyse en een praktijkbeveling zoals de NPR.

Op dit moment lijken de probabilistische risico analyses veelal gunstiger resultaten te laten zien dan volgt uit de berekeningen van de NPR. Bij een volledig probabilistische risicoanalyse wordt uitgegaan van de best denkbare schattingen van alle grootheden en hun variatie. Een

praktijkaanbeveling, zoals de NPR, moet voor de ingenieurs die deze aanbeveling gebruiken, praktisch toegankelijk en hanteerbaar zijn. De NPR is daarom gebaseerd op een semi-probabilistische aanpak, die gepaard gaat met vereenvoudigingen en wat grotere veiligheidsmarges.

Een ingenieur die in de beroepspraktijk de NPR gebruikt, zal hierbij keuzes moeten maken. Dit betreft keuzes ten aanzien van onzekerheden. Hierbij is het voor hem vaak niet duidelijk welke onzekerheden al impliciet in de norm zijn meegenomen en welke onzekerheden hij zelf in de berekening moet kwantificeren. Daarnaast moeten de gemaakte keuzes naar de gebruiker of eigenaar van het gebouw verantwoord worden. Hierdoor kunnen conservatieve keuzes zich opstapelen, wat kan resulteren in conservatieve uitkomsten in vergelijking met een volledig probabilistische risicobenadering. Daarentegen kan de ingenieur bij toepassing van de NPR een veel nauwkeuriger en zorgvuldiger beeld geven van een gebouw, waarbij rekening kan worden gehouden met de daadwerkelijke situatie ter plaatse. Een voorbeeld hiervan betreft het meenemen van het effect van verbouwingen en andere aanpassingen aan het gebouw. Een volledig probabilistische aanpak kan dit niet.

Bedacht moet worden dat berekeningen met de meest geavanceerde methoden, zoals de Non-Linear Time-History Analysis, ten aanzien van de nauwkeurigheid van de resultaten sterk afhankelijk zijn van de kwaliteit van de invoerwaarden en de mate waarin deze methoden zijn gekalibreerd aan representatieve resultaten van experimenten. Verwacht wordt dat door verdere verbeteringen de rekenregels in de NPR en de resultaten van de meest geavanceerde berekeningen in de toekomst dichter bij elkaar komen te liggen.

Het is wel van groot belang dat de uitkomsten van de NPR in lijn komen met de uitkomsten van de risico analyse om daarmee consistentie in beleid en verwachtingen te krijgen. Wanneer de uitkomsten tussen risico analyse en NPR in de verwachte aantallen te versterken gebouwen significant verschillen kan een 'mismatch' ontstaan tussen praktische zaken zoals de benodigde arbeid, capaciteit en doorlooptijd om tot het gewenste veiligheidsniveau te komen en de beeldvorming daarover bij alle betrokken partijen.

3.5 Welke andere type (tijdelijke) versterkingsmaatregelen zijn mogelijk gegeven de veranderende seismiciteit? (Vraag 5)

Zie beantwoording Vraag 7.

3.6 Wat betekent een andere orde grootte van versterkingsmaatregelen voor de snelheid van het gehele versterkingsproces? (Vraag 6)

Het aantal te versterken objecten neemt met de afnemende aardbevingsbelastingen als gevolg van het reduceren van de gasproductie in de tijd gezien af. Daarmee kan de afweging worden gemaakt of het uitvoeren van bepaalde versterkingsmaatregelen niet door de tijd achterhaald wordt.

De te nemen maatregelen zullen in de tijd gezien met de afnemende seismische dreiging in veel gevallen minder ingrijpend van omvang zijn. Op politiek niveau zal een keuze gemaakt moeten worden hoe de versterkingsoperatie wordt doorgevoerd. Mogelijke scenario's zijn:

- a. het kerngebied prioriteren: van 'binnen' naar 'buiten' werken
- b. risico-georiënteerde aanpak: op typologie prioriteren
- c. snellere aanpak: generiek boven specifiek

Daarnaast zal een keuze gemaakt moeten worden voor welke aardbevingsbelasting versterkt zal moeten worden. Op basis daarvan volgt dan een orde grootte aan versterkingsmaatregelen en een doorlooptijd om dit te kunnen realiseren.

Het aantal en soort te nemen versterkingsmaatregelen zijn niet de enige parameters voor de vaststelling van de snelheid van het versterkingsproces. De tijd en zorgvuldigheid waarmee men tot een afweging van het betreffende risico moet komen worden steeds belangrijker.

Zeker nu het risico in de tijd daalt kunnen andere keuzes ten aanzien van het versterken worden gemaakt, zie daarvoor het antwoord op vraag 1 (zie 3.1 van deze tekst). Wanneer voor elk gebouw specifieke analyses voor de toetsing van de constructieve veiligheid worden uitgevoerd, dan zijn de risico's per woning goed beheersbaar, maar de capaciteit om dit binnen de gegeven tijd tot uitvoering te kunnen brengen kan 'achterlopen' op het dalend seismisch risico en te laat komen om nog efficiënt en effectief te zijn. Een snellere aanpak waarbij gekeken wordt naar minder ingrijpende en generieke maatregelen ligt meer voor de hand. Ook al wordt hiermee niet direct een gehele versterking tot veiligheidsniveau per woning gerealiseerd.

3.7 Hoe kan, gezien het verwachte uitvoeringstempo van maatregelen, een balans worden gevonden tussen tijdelijke en permanente versterkingsmaatregelen? (Vraag 7)

Deze vraag komt overeen met Vraag 3 van TNO. Vragen 5 en 7 zijn door NEN mede op basis van input van TNO beantwoord (zie 5.1 voor de nadere toelichting). In deze paragraaf zijn de belangrijkste conclusies opgenomen.

Of gekozen wordt voor permanente of tijdelijke maatregelen lijkt door de sterk gereduceerde omvang van de gehele operatie vanuit kostenoverwegingen minder belangrijk. De belangrijkste reden om een tijdelijke maatregel te overwegen is de kortere realisatieduur en mogelijk geringere overlast. De voorkeur van de bewoner kan hierbij een rol spelen.

Een vraag is nog of tijdelijk versterken, in plaats van permanent versterken, zinvol is. De optie "tijdelijk" versterken kan worden ingegeven door de behoefte:

- het uiterlijk van de woning niet permanent ingrijpend door een versterkingsmaatregel te verstoren. Als de seismische dreiging voldoende is gereduceerd kan de tijdelijke maatregel ongedaan worden gemaakt.
- de overlast van de versterkingsoperatie voor de bewoners te minimaliseren;
- de kosten te verlagen.

Hierbij moet bedacht worden dat er ook "permanente", minder ingrijpende maatregelen zijn die aan bovenstaande criteria voldoen en die een effectieve werking hebben. Hierbij kan men denken aan:

- het koppelen van spouwbladen door middel van buitenaf aan te brengen renovatie-spouwankers;
- het eventueel vullen van de spouw met een geschikt vulmateriaal (ook in bouwfysisch opzicht);
- het infrezen van wapening in metselwerk wanden en het koppelen van wanden onderling of aan bovengelegen vloeren;
- het vastzetten van niet-constructieve onderdelen van woningen, of
- het versterken van uit-het-vlak belaste wanden door het aanbrengen van ribben op een beperkte afstand van elkaar.

Gezien de afname van het risico ligt een generieke en efficiënte aanpak met minder ingrijpende maatregelen waarmee op korte termijn meer woningen kunnen worden bereikt, meer voor de hand dan “tijdelijke” maatregelen.

Gezien het feit dat steeds meer woningen in de buurt van het acceptabele risico zitten (afhankelijk van de nog definitief vast te stellen laatste parameters in de NPR 2018), kunnen eenvoudig aan te brengen maatregelen zoals hierboven beschreven, mits goed gekozen op basis van de zwaktes van de gebouwen, heel effectief zijn om het risico te verminderen, waardoor deze op termijn op het gewenste veiligheidsniveau komen.

4 Conclusies

De afname van de belasting is aanzienlijk. Veel gebouwen zullen geen versterking meer nodig hebben. Het deel dat bij aardbevingsbelastingen volgens model t3 overblijft zit dicht bij het gewenste veiligheidsniveau.

Kort samengevat is een versterkingsoperatie het meest efficiënt en zinvol als op korte termijn een grote groep risicovolle woningen wordt aangepakt in de gebieden met de zwaarste seismische dreiging en met generieke maatregelen. Echter, hoe langer met de aanpak van dit soort woningen wordt gewacht, hoe minder zinvol deze operatie wordt, omdat de seismische dreiging tijdens de versterkingsperiode afneemt.

Gegeven de afnemende aardbevingsbelastingen kan, in plaats van het uitvoeren van een volledige gebouw specifieke constructieve analyse en versterkingsadvies, overwogen worden om minder ingrijpende maatregelen uit te voeren. Na het aanbrengen hiervan wordt mogelijk voor een specifiek gebouw niet direct voldaan aan het criterium van $IR \leq 10^{-5}$, maar hierdoor kan wel efficiënt voor grotere aantallen gebouwen een goede stap die kant op worden gemaakt en aldus het totale veiligheidsniveau in de regio worden verhoogd. Waar nodig geacht kan alsnog een gebouw specifieke constructieve analyse worden gemaakt.

5 Bijlagen

5.1 Nadere toelichting op beantwoording vragen 5 en 7

INLEIDING

Welke andere type (tijdelijke) versterkingsmaatregelen zijn mogelijk gegeven de veranderende seismiciteit? (Vraag 5)

Hoe kan, gezien het verwachte uitvoeringstempo van maatregelen, een balans worden gevonden tussen tijdelijke en permanente versterkingsmaatregelen? (Vraag 7)

De schattingen over de omvang van het versterkingsprogramma zijn tot nu toe voor een deel gebaseerd op NPR 2015. In de tussentijd is in 2017 een groene versie (concept) update geschreven die op korte termijn als NPR 2018 zal verschijnen. Dit document zal gebaseerd zijn op de laatste inzichten met betrekking tot de aardbevingsbelastingen (die daardoor substantieel lager uitvallen) en bevat ook verdere aanwijzingen voor een scherpere berekening.

Op dit moment speelt verder het besluit de gasproductie te verminderen waarmee ook de aardbevingsbelasting, beginnend met 2018, in de tijd verder zal afnemen. Door deze afname zullen sommige maatregelen lager uitvallen maar ook minder lang noodzakelijk zijn. De beoogde levensduur van een bouwkundige oplossing bij een gegeven belasting heeft echter slechts een beperkte invloed op de kosten. Wat eventueel voordelen kan bieden is dat bij een kortere periode een esthetisch minder verantwoorde en daardoor goedkopere en snellere oplossing gemakkelijker geaccepteerd kan worden.

OMVANG VAN DE VERSTERKINGSOPERATIE

Om de balans van tijdelijke en permanente maatregelen zinvol te kunnen overwegen is het doelmatig de omvang van de huidige versterkingsoperatie in het oog te houden.

Op basis van de NPR 2015 zijn in de loop van de tijd enkele schattingen gemaakt voor de omvang van de benodigde versterkingsoperatie. Als de woningen opnieuw worden beoordeeld met de belastingen en rekenmethoden volgens de per 1 september aanstaande in te voeren NPR 2018 is de schatting dat de omvang van de operatie zal afnemen.

Door de verlaging van de gasproductie zoals op dit moment in het voornemen ligt, daalt het aantal huizen dat niet voldoet aan de individueel risico norm van 10^{-5} al direct en ook nog verder als functie van de tijd.

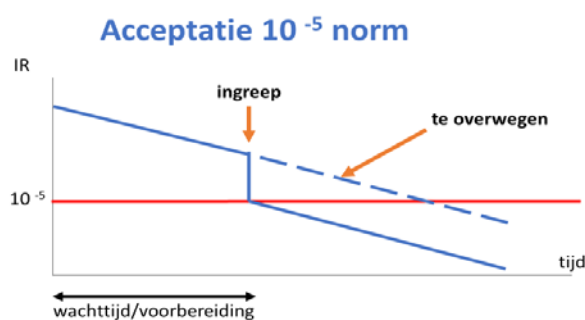
Door de afname van de belasting in de tijd zal op den duur ook zonder enige ingreep een situatie ontstaan waarbij alle gebouwen aan de norm voldoen. Dat geldt uiteraard niet voor alle gebouwen in een zelfde mate maar is afhankelijk van het tekort aan seismisch draagvermogen en dus ook van de locatie.

UITVOERING

Voorgaande maakt duidelijk dat de versterkingsoperatie met enige zorgvuldigheid gepland moet worden. Het voorbereiden en uitvoeren van een versterking kost enige tijd en het heeft niet veel zin een versterking voor te bereiden voor een woning die op het tijdstip van oplevering feitelijk geen versterking meer nodig heeft. Het is dus zaak de woningen met de laagste veiligheid het eerste aan te pakken, maar tevens rekening te houden met de vereiste

doorlooptijd. Om zoveel mogelijk woningen in een zo kort mogelijke tijd te kunnen versterken kan het beste worden begonnen met de rijtjeswoningen van bijvoorbeeld het type URM4L. Deze hebben onderling meer overeenkomst dan de losstaande woningen en boerderijen. Een enigszins seriematige behandeling is dan mogelijk en levert voordelen op.

Een strikte toepassing van het Individueel Risico (IR)-criterium houdt in dat dit moet gelden voor elk individueel jaar. Het maakt dan niet uit of een maatregel nodig is voor één jaar of voor 10 jaar. Men kan zich de vraag stellen of een ingrijpende en dure aanpassing die uiteindelijk maar voor een jaar of hooguit een paar jaar nodig is wel verantwoord is. Dit speelt vooral als we over enkele jaren het eindpunt van de versterkingsoperatie naderen. Te overwegen valt (zie figuur 1) of een middelingstijd van bijvoorbeeld 3 of 5 jaar kan worden toegepast. Merk op dat dit in feite nu ook al gebeurt (en eigenlijk in sterkere mate) met de toepassing van de gemiddelde KNMI-belasting voor de tijdvakken t1, t2 en t3. Ook bij andere toepassingen van een dergelijke norm ziet men dit wel.



Figuur 1: Te overwegen (niet noodzakelijke) tijdelijke overschrijding van de norm.

In dit verband is het zinvol erop te wijzen dat in eerder uitgebrachte adviezen (Cie Haenen, Cie Meijdam) is aangegeven dat het om praktische redenen enige tijd kost voor de 10^{-5} voor alle inwoners is bereikt. Dit werd acceptabel geacht zolang met voortvarendheid aan de verbetering van die situatie zou worden gewerkt en deze situatie niet te lang zou duren; overschrijding van de waarde 10^{-4} werd wel zeer onwenselijk geacht en zou op zeer korte termijn moeten worden verbeterd. Aangenomen wordt dat dat inmiddels is gebeurd.

Bij dit alles moet worden bedacht dat door het verminderen van de gasproductie niet alleen het aantal woningen met een te lage veiligheid afneemt, maar ook de mate waarin. Zeker in het tweede of derde jaar is het veiligheidstekort minder dan bij een niet gereduceerde gasproductie. De maatregelen, ook bij een onverkort handhaven van de veiligheidsnorm, kunnen daarom in veel gevallen minder ingrijpend worden hetgeen ook weer de snelheid ten goede komt.

(TIJDELIJKE) MAATREGELEN

Tijdelijke maatregelen als noodmaatregel, totdat permanente maatregelen zijn genomen

Tijdelijke maatregelen in het Groningse aardbevingsgebied zijn tot nu toe genomen in geval van urgentie, met name als het de al dan niet berekende schatting van het Individueel Risico hoger uitviel dan 10^{-4} . Een dergelijke mate van onveiligheid werd ook voor een korte periode niet acceptabel geacht. De bedoeling was altijd deze tijdelijke maatregel op den duur te vervangen door een permanente. Vaak ging het om beschadigde gebouwen waarbij ook werd getwijfeld aan de mate van veiligheid zonder het bestaan van aardbevingen. De maatregelen

beoogden vaak niet het bereiken van het strenge (uiteindelijke) 10^{-5} criterium, maar eerder van het minimale 10^{-4} criterium.

Tijdelijke maatregelen als overbrugging van een tijdelijke periode van onveiligheid

Door de voorgenomen vermindering van de gaswinning kunnen tijdelijke maatregelen nu ook eventueel anders worden ingezet, namelijk als overbrugging. Na verloop van tijd zullen alle woningen die voldoen aan het Bouwbesluit ook voldoende veiligheid bezitten ten aanzien van de “na-winningsse” aardbevingen en zijn überhaupt geen permanente maatregelen meer nodig. In feite zouden alle maatregelen vanaf nu een tijdelijk karakter kunnen hebben. Tijdelijk wil in dit verband zeggen dat de voorziening na enige tijd niet meer nodig is en wordt verwijderd. De vraag is of en in welke mate dit voordelen biedt.

Redenen voor overwegen tijdelijke maatregelen in plaats van permanente

Indien de seismische dreiging afneemt zoals eerder beschreven, zal het aardbevingsrisico in de loop van de tijd in alle gevallen ook zonder maatregelen (weer) onder het vereiste niveau komen. In die zin is de noodzaak voor de maatregelen in alle gevallen slechts tijdelijk van aard. Het is daarom te overwegen om tijdelijke maatregelen toe te passen in de betekenis dat deze ten opzichte van permanente maatregelen voordelen zouden moeten hebben, te denken aan: eenvoudiger/sneller aan te brengen, minder impact op de bewoners, eenvoudig weer te verwijderen na verdwijnen noodzaak, lagere kosten. Vanuit de praktijk worden er echter weinig mogelijkheden gezien, waarin tijdelijke maatregelen de eerder genoemde voordelen daadwerkelijk invullen.

Tijdelijk ander gebruik

Tijdelijke maatregelen kunnen bestaan uit een tijdelijk ander gebruik van het bouwwerk. In veel gevallen zal dat neerkomen op het tijdelijk niet gebruiken voor de functie waarvoor het gebouw bestemd was. Bij opslag kan men zware apparatuur of andere belastingen verwijderen. Woongebouwen kan men tijdelijk niet gebruiken of een andere bestemming geven.

Tijdelijke bouwkundige maatregelen

Bij tijdelijke maatregelen in bouwkundige zin moet men vooral denken aan versterkingen die grotendeels zichtbaar aan de buitenzijde van het gebouw worden aangebracht. Dit kunnen bijvoorbeeld zijn:

- Houten of stalen stutten
- Bracings (kruisverbanden)
- Uitwendige frames
- Tyings (rondlopende banden, op de hoekpunten versterkt) (geven niet veel verbetering voor de IP-capaciteit)
- Voorspanning (symmetrisch per wand of vloer, dus deels binnen) (het is de vraag of deze maatregel haalbaar is)

In Nieuw Zeeland praat men in dit verband wel over een “exoskeletons”.

Tijdelijke maatregelen van dit type zijn vooral te overwegen bij de noodzaak tot een globale bouwkundige versterking omdat de In Plane capaciteit (IP) te kort schiet. Permanente maatregelen als het versterken van wanden en vloeren zijn meestal zeer ingrijpend. Bij met name een korte overbruggingsperiode zouden tijdelijke uitwendige maatregelen een oplossing kunnen bieden omdat ook de overlast voor de bewoner wordt verminderd. Deze uitwendige oplossingen kunnen slechts voor een beperkt aantal typen gebouwen soelaas bieden. Als de

woning ook aan de binnenzijde maatregelen vergt, dan ligt een integrale (niet tijdelijke) aanpak meer voor de hand.

Een van de voordelen van de tijdelijke maatregelen voor de IP situatie is de kostenbesparing. Gedacht kan worden aan een factor 2 tot 4. Een ander voordeel is de tijdwinst die geboekt kan worden waardoor de veiligheidsdoelen eerder worden bereikt. Aangetekend moet worden dat een deel van de kostenbesparing en tijdwinst te niet wordt gedaan door de benodigde extra engineering. Zorgvuldigheid is een vereiste omdat verkeerd uitgevoerde “versterkingen” een averechts effect kunnen hebben.

Versterking van wanden bij het tekort schieten van de weerstand uit-het-vlak kunnen veelal niet anders dan binnenshuis worden uitgevoerd. Tijdelijke maatregelen zullen hier niet kostenbesparend zijn, maar mogelijk wel tijdwinst opleveren. Dit laatste heeft te maken met de mogelijke seriematige aanpak van deze versterking. Men kan wel overwegen zodanig te werk te gaan dat het eventuele ruimtebeslag van deze maatregelen na verloop van tijd weer verminderd kan worden. Maar dan werkt de tijdelijke maatregel kostenverhogend.

Beperkingen in de mogelijkheden voor tijdelijke maatregelen

Uitwendig aan te brengen maatregelen zoals tyings en exoskeletons hebben bij de aanwezigheid van spouwmuren het nadeel dat de koppeling met de hoofdconstructie (vloeren en dragende binnenbladen) niet eenvoudig te realiseren is (en deze koppelingen ook lastig te verwijderen zijn). Het realiseren van die koppeling zal in dergelijke gevallen gepaard gaan met het openmaken van de constructie van de buitenzijde.

Uitwendige stutten zoals nu reeds aangebracht zijn, zijn pragmatische oplossingen om urgente risico's weg te nemen. Ze zijn bij vrijstaande woningen weliswaar reeds toegepast, maar indien zij daadwerkelijk het risico naar 10^{-5} terug zouden moeten brengen zullen ze zwaarder uitgevoerd moeten worden en zal een goede grondslag of zelfs een nieuwe fundering noodzakelijk zijn. Voor rijtjeswoningen en méér laagse bouw geldt dat de te stutten massa bovendien nog groter is, waardoor dit nog sterker aan de orde is. Daarnaast zal de bijbehorende engineering complex zijn. Dit geldt ook voor exoskeletons.

Inwendig aanbrengen van tijdelijke maatregelen zoals kruisverbanden en/of stempelingen kunnen de functionaliteit van het gebouw significant verminderen. De esthetische aspecten van uitwendige stutten en exoskeletons behoeven wellicht geen nadere toelichting en vallen ook buiten het directe technisch kader.

Minder ingrijpende maatregelen

Door de verlaging van de seismische dreiging treedt er, binnen de algemene vermindering van de noodzaak voor versterkingen, een verschuiving op van meer ingrijpende maatregelen naar minder ingrijpende maatregelen. De noodzaak voor IP versterkingen (van wanden en vloeren/daken) wordt snel minder. De noodzaak voor verbetering van samenhang zal daar achteraanlopen. Denk daarbij aan goede verbindingen tussen vloeren en wanden, vastzetten van buitenbladen met nieuwe spouwankers, creëren van samenhang door tyings (inwendig dan wel uitwendig) en het beperkt versterken van vloerschijven.

Deze maatregelen brengen in de meeste gevallen veel minder impact met zich mee dan de grootschalige versterkingen van wanden, vloeren en funderingen die we de laatste jaren gezien hebben. Ook zal de snelheid waarmee ze uitgevoerd kunnen worden ruim groter zijn, juist vanwege die veel kleinere impact. Gezien het voorgaande is een aanpak mogelijk om praktische maatregelen toe te passen boven een bepaalde PGA waarde. Dit is zeker van belang voor woningen/gebouwen waar de aanwezige verbindingen/samenhang niet overeenkomen met die uit de laboratoriumproeven en 3D-FEM modellen, zodat de daaruit volgende resultaten aangehouden kunnen worden.

Uit-het-vlak belaste wanden

Voor de uit-het-vlak aardbevingsbestendigheid van wanden geldt, dat vooral de niet-dragende wanden getoetst op basis van de NPR uit 2017 (Bijlage H) aanleiding geven tot versterking: dit betreft een groot deel van de wanden van 100 mm en dikker. Optimalisatie van de methodiek (tweezijdige steun, te weten onder- en bovenzijde) die nu opgenomen is in de NPR, kan weliswaar verbetering brengen, maar dit zal slechts beperkt zijn indien de invloed van zijdelingse steunen (door aansluitende wanden) niet meegenomen wordt. Het verdient aanbeveling om verbeterde richtlijnen op te stellen gebaseerd op gevoeligheidsanalyses / parameterstudies om de invloed van zijdelingse steun op een praktische wijze mee te kunnen nemen. Denk hierbij aan een maximale afstand van de zijdelingse steunen waarbij de wand bij een bepaalde PGA nog voldoet. Er zijn verschillende manieren om deze parameterstudies of modellen op te zetten. Het voordeel van dergelijke praktische richtlijnen is dat bij afwezigheid van deze steunen de versterkingsmaatregel ook beperkt kan blijven tot het toevoegen van een dergelijke steun (denk aan een stalen verstijvingsrib) op de gegeven maximale afstand.

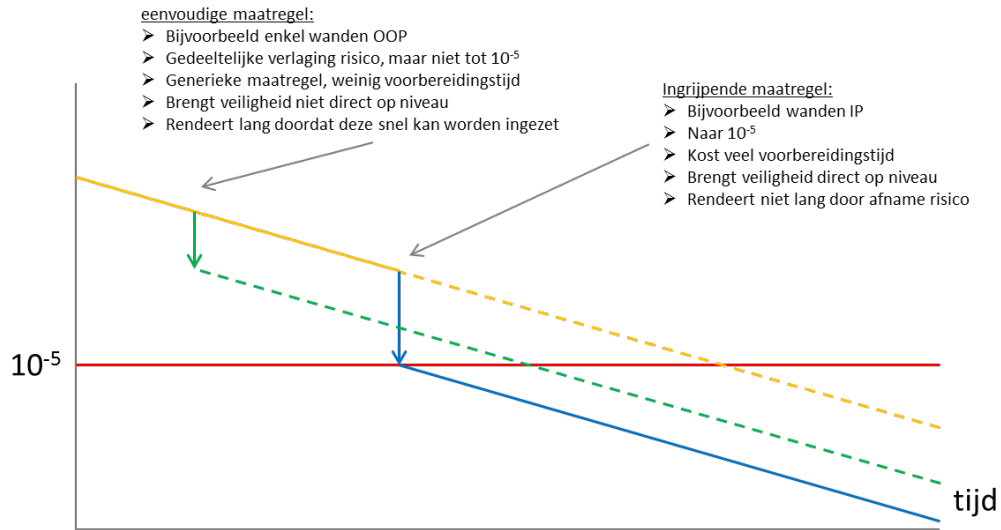
Tijdelijke pragmatische maatregelen met een grotere onzekerheid maar bijbehorende kleinere impact

Er ligt géén groot voordeel in het uitvoeren van tijdelijke maatregelen, als we ervan uitgaan dat deze maatregelen nét zo doeltreffend moeten zijn als definitieve maatregelen. Dat wil zeggen dat ze de woning per direct op een niveau van 10^{-5} moeten brengen. Dit betreft immers vaak al per definitie ingrijpende maatregelen, ongeacht of ze tijdelijk of permanent van aard zijn.

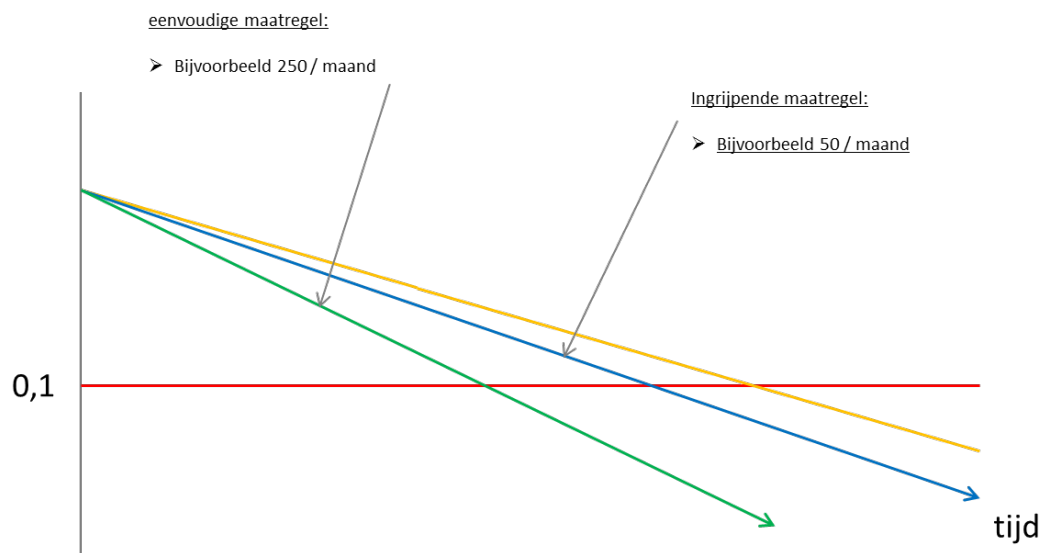
Er is wel een groot voordeel in het uitvoeren van beperkte maatregelen, waarbij we accepteren dat deze maatregelen niet persé als doel hebben het behalen van een 10^{-5} risico. Er zijn beperkte maatregelen die het veiligheidsniveau gedeeltelijk kunnen verbeteren (de tijd doet de rest). Met name de maatregelen die generiek toegepast kunnen worden, zonder per woning beschouwd te hoeven worden, kunnen snel een veiligheidswinst opleveren. De winst zit dan in de grote aantallen. Bijkomend voordeel is dat deze maatregelen sneller kunnen worden ingezet en hierdoor dus ook langer renderen.

Op individueel woningniveau duurt het langer voordat de veiligheid wordt gehaald, maar over de gehele opgave gaat het juist veel sneller omdat je meer woningen kunt aanpakken. Bij iedere aanpak geldt wel dat van binnen naar buiten gewerkt moet worden. Het prioriteren start bij de meest gevoelige woningen, waar een aanpak ook het langst rendeert.

IR / woning



IR / 10.000 woningen



CONCLUSIE

De versterkingsoperatie voor het Groninger gasveld is als gevolg van de technisch-wetenschappelijke ontwikkelingen in de afgelopen jaren sterk in omvang afgenomen. Als gevolg van de reductie en stopzetting van de gaswinning komt daar een verdere afname van de aantallen te versterken woningen bovenop en is er ook sprake van een tijdelijkheid van noodzakelijke versterking en van eventueel onvoldoende veilige situaties. Naast de afname van de aantallen te versterken woningen zal er een verschuiving optreden naar minder ingrijpende versterkingsmaatregelen.

Versterken moet daarom vooral gericht worden op een bij voorkeur grote, efficiënt en op korte termijn aan te pakken groep woningen. Dit zouden bijvoorbeeld de URM4L type woningen in het centrale seismisch actieve gebied kunnen zijn.

Of gekozen wordt voor permanente of tijdelijke maatregelen lijkt door de sterk gereduceerde omvang van de gehele operatie vanuit kostenoverwegingen minder belangrijk. Van meer belang lijken de mogelijke versnelling van de operatie (maar ook dat is nog een vraagteken gezien de benodigde extra voorbereiding) en vooral de mogelijk per saldo kleinere overlast voor de bewoners. Qua terminologie past hier de duiding ingrijpende vs. minder ingrijpende maatregel beter bij.

De tijdelijke maatregel is een optie die altijd moet worden overwogen. De keuze is een kwestie van maatwerk. Bij een lange overbruggingsperiode en een klein prijsverschil kiest men vermoedelijk voor de permanente oplossing en omgekeerd bij een korte periode en een groot prijsverschil uiteraard voor de tijdelijke. De tussenliggende gevallen zijn lastiger vanuit een algemeen gezichtspunt te benaderen.

Gezien de afname van het risico ligt echter een generieke en efficiënte aanpak waarmee op korte termijn meer woningen kunnen worden bereikt, meer voor de hand.

5.2 Visualisatie weerstand geanalyseerde woningtypen bij verschillende scenario's

Om een beeld te krijgen hoe de versterkingsopgave zich zou kunnen ontwikkelen gegeven de verwachte afnemende aardbevingsbelastingen en ontwikkelende NPR is een (beperkte) studie uitgevoerd. Hierbij is de sterkte van enkele gebouwen, uitgaande van verschillende versies van de NPR, door middel van NLPO/NLKA analyses uitgezet tegen de verschillende (afnemende) aardbevingsbelastingen, zoals gegeven in 2.3. Dit is weergegeven op kaarten.

In de kaarten is met een groene kleur aangegeven dat het onderzochte woningtype zou kunnen voldoen wanneer dit type op die betreffende locatie aanwezig zou zijn. Met rood wordt aangegeven dat het onderzochte woningtype mogelijk niet zou kunnen voldoen op die betreffende locatie.

Het is op dit moment niet mogelijk gebleken om deze types te koppelen aan 'echte' woningen. Daarmee is het ook nog niet mogelijk gebleken om uitspraken te doen over de verwachting waar 'echte' woningen die niet voldoen zich op de kaart bevinden. Wel is vastgesteld dat een bundeling van bronmateriaal nodig is om dit alsnog te kunnen doen. NEN kan hier op verzoek een concretiseringslag in maken, maar heeft dan idealiter wel toegang nodig tot andere bronnen waaronder bijvoorbeeld de GESU-portal van Arup.


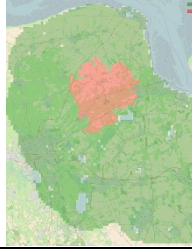
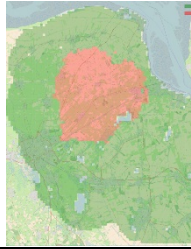
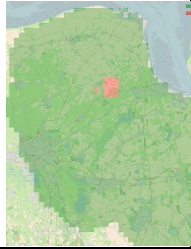
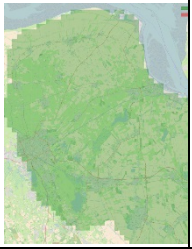

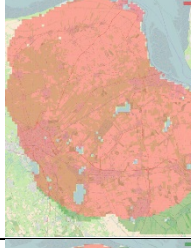
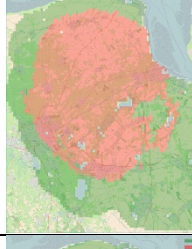
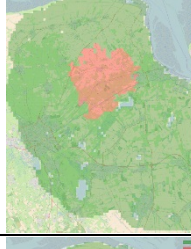



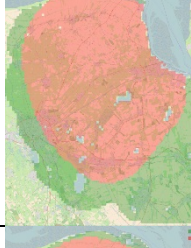
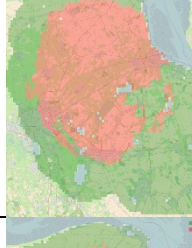
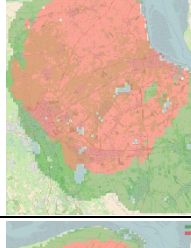
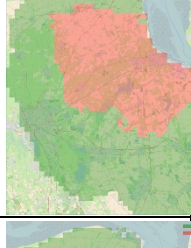
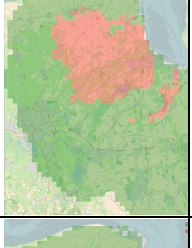
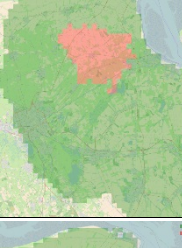
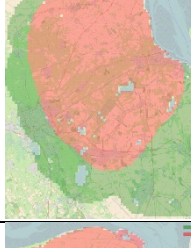
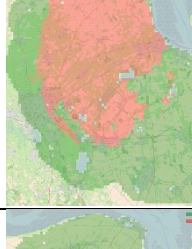
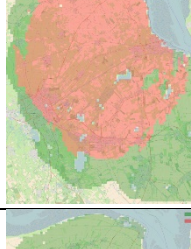
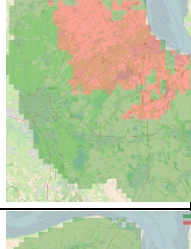
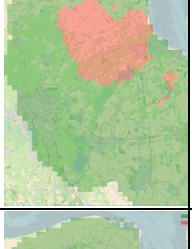
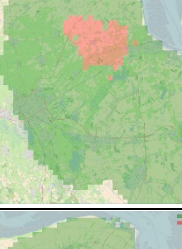
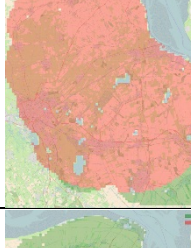


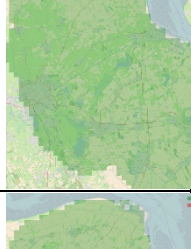


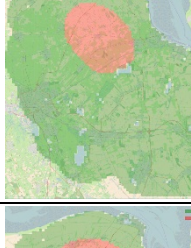
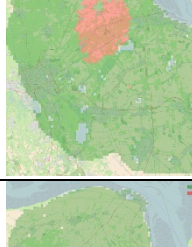
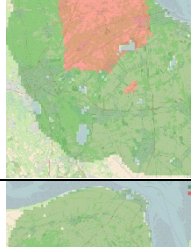


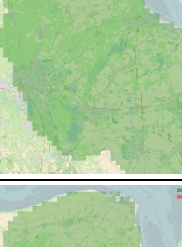
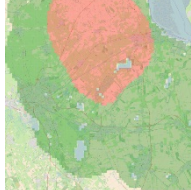





Daarnaast is de NPR 2018 nog niet voltooid. Er zijn nog enkele onderwerpen die op dit moment ter discussie staan. De belangrijkste hiervan (in dit kader) betreffen de capaciteit van gemetselde wanden op 'diagonal tension', de 'capaciteit van wanden uit-het-vlak belast' en de torsiegevoeligheid.

Daarmee bevatten de figuren onzekerheden en worden nader beschouwd om deze onzekerheden te verkleinen. Ze kunnen slechts als een indicatie worden beschouwd van het kleiner wordende gebied waar mogelijk gebouwen staan die (nog) niet voldoen aan de gewenste veiligheidsdoelstellingen.

In tabellen 3 tot en met 5 worden de samenvattingen gegeven van de resultaten. Daarbij zij opgemerkt:

- In tabel 3 staan de resultaten van de wanden in-het-vlak belast, waarbij 'rocking' maatgevend is. Dit is vooralsnog de meest gunstige situatie. Zoals opgemerkt vindt er nog overleg plaats over de capaciteit van wanden op 'diagonal tension'.
- In tabel 4 staan de resultaten van de wanden in-het-vlak belast, waarbij het meest negatieve scenario van 'diagonal tension' wordt gevolgd. Dit heeft met name voor enkele "stijvere woningen" een negatief effect. Het is de verwachting dat het onderzoek naar 'diagonal tension' op korte termijn wordt afgerond. De verschillen tussen de tabellen 3 en 4 geven aan dat de parameter 'diagonal tension' een gevoelige is.
- In tabel 5 staan de resultaten van de wanden uit-het-vlak belast. Dit onderdeel staat nog ter discussie. De huidige inzichten dateren van de NPR uit 2017. Het is de verwachting dat na verder onderzoek de resultaten iets zullen verbeteren ten opzichte van de hier getoonde kaarten. De afronding van de studie naar de wanden uit-het-vlak wordt in het najaar verwacht.
- Er is ook een torsiegevoelig gebouw opgenomen, dit betreft gebouw V. De kaart bij gebouw V geeft een bovengrens van de veiligheid van het betreffende woningtype. Er kan echter met de nu toegepaste 2-D NLPO-berekening onvoldoende rekening worden gehouden met specifieke torsiegevoeligheden. Bij torsiegevoelige gebouwen kan de kaart slechts als een indicatie voor de bovengrens van de weerstand worden gebruikt.

Tabel 3 - wanden in het vlak belast, "rocking" prevaleert

NPR		2015	2017	2018	2018	2018	2018
Hazard		2015	2017	2017	RGS-Mid-t1	RGS-Mid-t2	RGS-Mid-t3
I	Rij, 2 verd. URM4L						
II	Rij, 2 verd. URM3L						
III - A	2/1k, 1 verd. URM3L						
III - B	2/1k, 1 verd. URM4L						
I V	2/1k, 1 verd. URM4L						
V	Vrij, 1 verd. Torsiegevoelig URM3L						
V I	Vrij, 1 verd. houten vloerschijf URM6L						

Tabel 4 - Wanden in het vlak belast, "diagonal tension" prevaleert

NPR		2015	2017	2018	2018	2018	2018
Hazard		2015	2017	2017	RGS-Mid-t1	RGS-Mid-t2	RGS-Mid-t3
I	Rij, 2 verd. URM4L						
II	Rij, 2 verd. URM3L						
III - A	2/1k, 1 verd. URM3L						
III - B	2/1k, 1 verd. URM4L						
I V	2/1k, 1 verd. URM4L						
V	Vrij, 1 verd. Torsiegevoelig URM3L						
V I	Vrij, 1 verd. houten vloerschijf URM6L						

Tabel 5 – Wanden uit het vlak belast

		Ta/T1 using elastic fundamental period of structure				
NPR		2018	2018	2018	2018	2018
Hazard		2015	2017	RGS-Mid-t1	RGS-Mid-t2	RGS-Mid-t3
I	Rij, 2 verd. URM4L					
II	Rij, 2 verd. URM3L					
III-A	2/1k, 1 verd. URM3L					
III-B	2/1k, 1 verd. URM4L					
IV	2/1k, 1 verd. URM4L					
V	Vrij, 1 verd. Torsiegevoelig URM3L					
VI	Vrij, 1 verd. houten vloerschijf URM6L					

(blanco)