TU Delft

Delft University of Technology

Geïnduceerde aardbevingen in Groningen: De noodzaak van een acceptabele PGA-bepaling in plaats van de onmogelijke Mmax

In relatie tot het document Burgerboek “Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen”

Nienhuys, S.

DOI
10.4233/uuid:3854399b-61d0-4d4e-9c5b-8d38bf79494b

Publication date
2025

Document Version
Final published version

Citation (APA)
Nienhuys, S. (2025). *Geïnduceerde aardbevingen in Groningen: De noodzaak van een acceptabele PGA-bepaling in plaats van de onmogelijke Mmax: In relatie tot het document Burgerboek “Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen”*. [, Delft University of Technology]. https://doi.org/10.4233/uuid:3854399b-61d0-4d4e-9c5b-8d38bf79494b

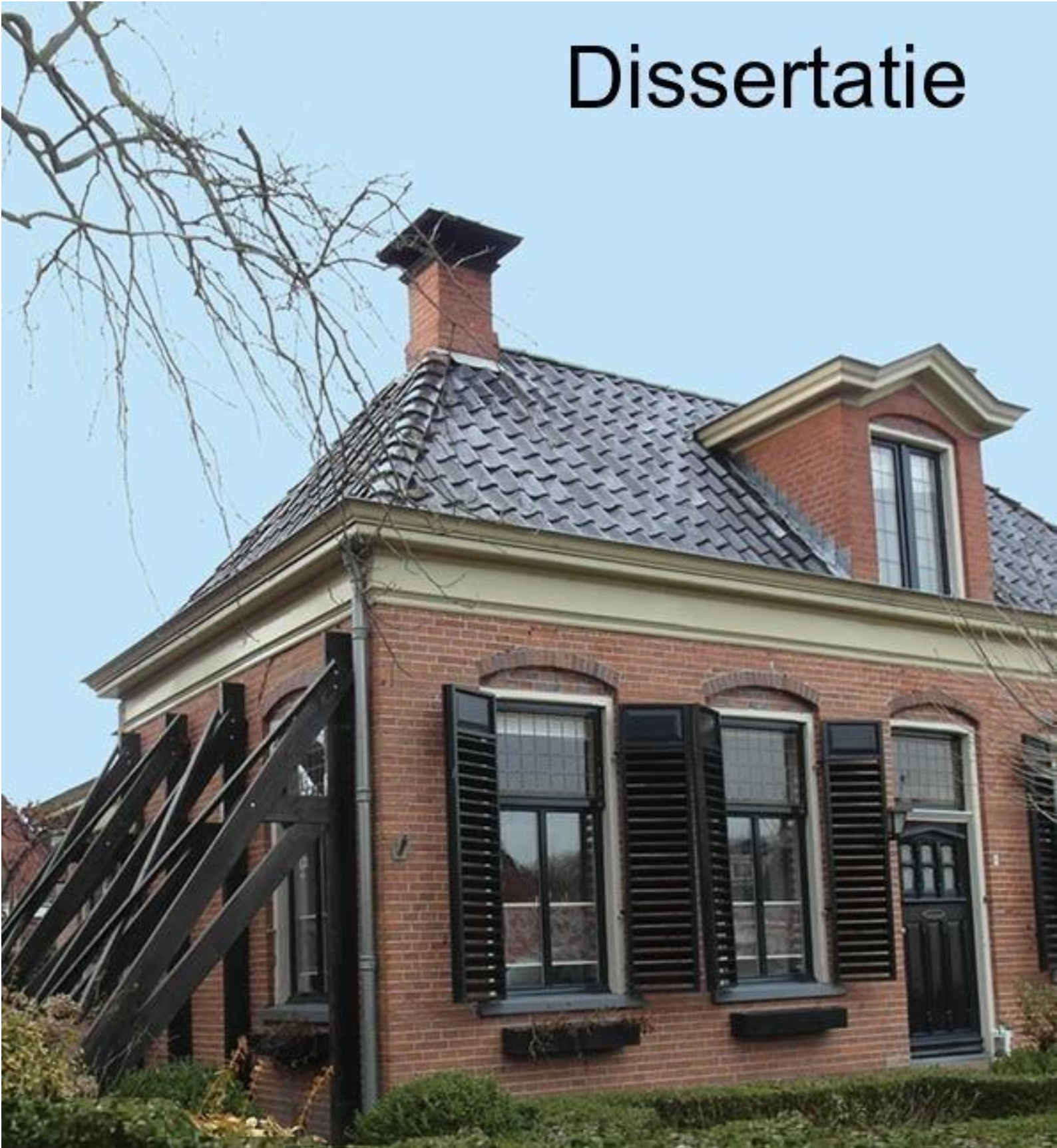
Important note
To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright
Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy
Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

This work is downloaded from Delft University of Technology.
For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to a maximum of 10.

Dissertatie



Geïnduceerde aardbevingen in Groningen

De noodzaak van een acceptabele PGA bepaling in plaats van de onmogelijke Mmax

Door Sjoerd Nienhuys

Geïnduceerde aardbevingen in Groningen

De noodzaak van een acceptabele PGA bepaling in plaats van de onmogelijke Mmax

In relatie tot het document Burgerboek

“Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen”

Proefschrift

ter verkrijging van de graad van doctor aan de Technische Universiteit Delft,

op gezag van de Rector Magnificus Prof.dr.ir. T.H.J. J van der Hagen

voorzitter van het College voor Promoties,

in het openbaar te verdedigen op

woensdag 12 november 2025 om 12:30 uur

door

Sjoerd NIENHUYS, Hogere Technische School Bouwkunde Utrecht

geboren te ’s Gravenhage in Nederland.

Dit proefschrift is goedgekeurd door de promotoren.

Samenstelling promotiecommissie bestaat uit:

Em.prof.ir. P.G. Luscuere	**voorzitter**
Prof.dr. A. van Timmeren	**Technische Universiteit Delft, promotor**
Em.Prof.ir. M.F. Asselbergs	**Technische Universiteit Delft, promotor**

Onafhankelijke leden:

Prof.dr. T.T. Postmes	Rijks Universiteit Groningen, NL
Em.Prof.dr.ir. J.J.N. Lichtenberg	Technische Universiteit Eindhoven, NL
Prof.dr. J.J.M. Hemel	Technische Universiteit Delft, NL en de Rijksuniversiteit Groningen.
Prof.dr.ing. U. Knaack	Technische Universiteit Delft, NL
Em.Prof.dr.ir. A.C.J. Eekhout	Octatube, Delft, NL
Prof.dr.ir. V.H. Gruis	Technische Universiteit Delft, NL, reserve lid.

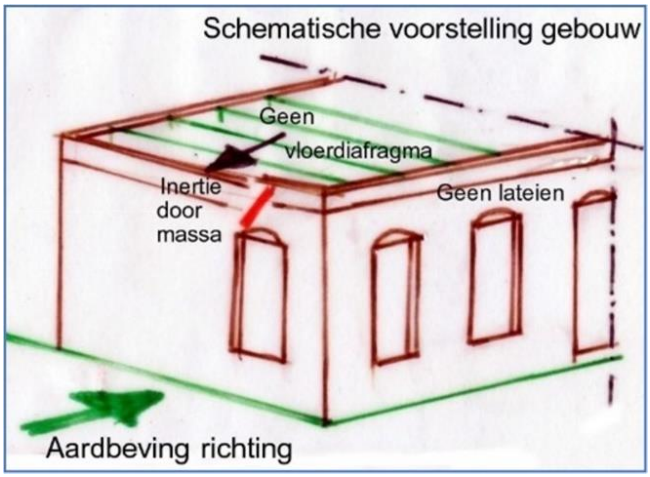
Kernwoorden: Aardbevingen, angst, bewoner, geïnduceerd, compactie, CVW, funderingen, Groningen, IMG, informatie, KNMI, M-acc, magnitude, Mmax, Mw, NAM, NEN, NCG, paradigma, PGA-acc, PGAg, PECAG, Richter, Rotliegend, schade, tektonisch, veiligheid, woningbouw, zandsteen, Zechstein, zoutsteen.

ISBN: 978-94-6491-870-0 Met nur code 955

Een digitale kopie van de dissertatie is beschikbaar op http://repository.tudelft.nl/

Een digitale kopie van de dissertatie staat op de website www.nienhuys.info pagina 2 en kan vrij worden downgeload en geciteerd onder bronvermelding.





Figuren 1. Betreft voorpagina foto.
Boven het eerste raam van de gestutte zijgevel zit een grote scheur. Die is veroorzaakt doordat het midden van die gevel naar buiten is bewogen. Dit was mogelijk door het ontbreken van een verbindend vloerdiafragma van de eerste etage of zoldervloer. Bij woningen uit deze bouwperiode werden geen vloerdiafragma's toegepast. Foto voorpagina door Emilie van Wijnbergen uit haar promotie design boekje.

"Sine ira et studio". Zonder woede of partijdigheid.[1]

http://510790959.swh.strato-hosting.eu

Eerste druk oktober 2025

Drukwerk: Printerpro, Rotterdam https://www.publisherpro.nl

PRINTERPRO.nl PROFESSIONEEL IN PRINTEN

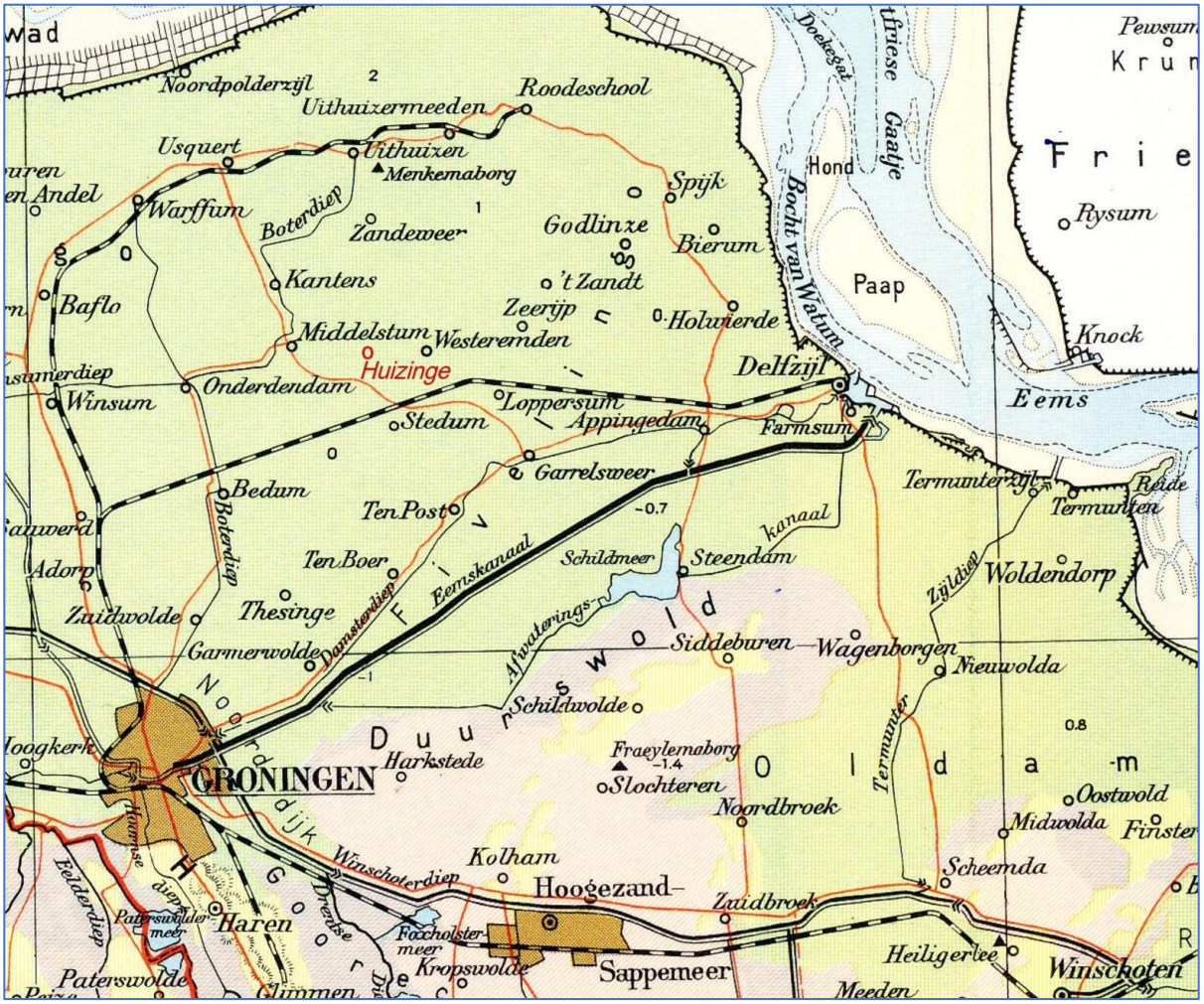
publisherpro.nl print-on-demand self-publishing platform

Omslagontwerp en alle schetsen door Sjoerd Nienhuys.
Foto's door Sjoerd Nienhuys tenzij anders aangegeven. Eigen foto (E.f.)
Wanneer iemand auteursrecht heeft op foto's, gelieve zich bij Sjoerd Nienhuys te melden.

Disclaimer. Ik heb er alles aan gedaan om de bron van de afbeeldingen te herleiden en vermelden.
Grafieken zijn van gepubliceerde rapporten en websites, hoofdzakelijk uit 2022.

Postadres: TU Delft / Faculty of Architecture and the Built Environment,
PO Box 5043, 2600 GA, Delft, The Netherlands

[1] De Romeinse geschiedschrijver Publius Cornelius Tacitus (ca. jaar 56-117) gebruikte deze term om aan te geven dat hij niet bevooroordeeld was. Ook deze dissertatie probeert objectief te zijn.



Figuur 2. Kaart van Groningen. Bron: Schoolatlas der gehele aarde 43ste druk. 1964

Huizinge is rood ingetekend. De gemeente Loppersum omvatte in 1990 ook de dorpen Stedum, Middelstum en ’t Zand. In 2021 ging de gemeente Loppersum samen met Appingedam en Delfzijl de nieuwe gemeente Eemsdelta. Deze gemeente Eemsdelta, samen met Garrelsweer, Westeremden, Zeerijp en Zandeweer waren de locaties van de grootste aardbevingen.

Onder een groot gedeelte van de provincie Groningen bevindt zich aardgashoudende zandsteen, het Rotliegend. Waar het aardgas eruit gehaald is, zakt het zandsteen in elkaar. De zandsteenlaag is het dikste (ongeveer 200 m) en meer poreus rondom het gebied van Huizinge, vandaar dat daar de grootste inzakkingen en bevingen voorkwamen. Naar de randen van het gebied is het zandsteen dunner. Reeds lang bestaande breuklijnen in dat Rotliegend hebben invloed op de compacties en bevingen.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave....7
Lijst van figuren....9
Lijst van tabellen....12
Afkortingen en begrippen....13
Begrippen....17
Voorwoord....29
Samenvatting....33
Summary....39
DEEL 1....45
Hoofdstuk 1. Achtergrondproblematiek....47
1.1. Opmerkingen bij de bovenstaande 30-puntentabel....57
1.2. Het grote probleem van de 2014-2015 Mmax naar het publiek....60
1.3. De NAM en KNMI-berekeningen....63
1.4. Vijf gemiste checks vóór de publicatie van de Mmax....67
1.4.1. De opdracht van de NAM naar het KNMI....67
1.4.2. De rekenmethoden van de KNMI....68
1.4.3. De controle van het SodM op de KNMI-resultaten....69
1.4.4. De beoordeling van de externe consultants van het Winningsplan 2013....71
1.4.5. De publicatie van het opnieuw gewijzigde Winningsplan 2013....72
1.4.6. Samenvatting paragrafen van 1.4....72
1.5. De PGA-berekeningen....74
1.6. Het gebruik van de volledige PGA voor retrofitting....80
1.7. Samenvatting....81
1.8. Het bepalen van de PGA-accepteerbaar....82
Hoofdstuk 2. Ontwikkeling van het Burgerboek....85
2.1. Hoofddoelstelling productie van het Burgerboek....85
2.2. Het te bereiken resultaat....85
2.3. De methodologie en de opzet van het Burgerboek....87
2.3.1. Het maken van het materiaal bestond uit....88
2.3.2. De verspreiding van het informatiemateriaal....89
2.4. De methodologie voor het maken van de dissertatie....89
2.5. De bedoeling van het informatiemateriaal....90
2.6. Vertalen gebeurt in verschillende vormen en betekenissen....90
2.7. Samenvatting....92
Hoofdstuk 3. De schadeafhandeling....95
3.1. De financiële overeenstemming....96
3.2. Stapeling van complicerende aspecten....99
3.3. Muurherstel is NIET versterken....103
3.4. Het financiële beleid produceert het tegenovergestelde....107
3.5. Samenvattende beschouwingen van hoofdstukken 2 en 3....108
Hoofdstuk 4. De bestaande kennis van seismisch resistent bouwen....115
4.1. Gebrek aan kennis van typologieën in combinatie met aardbevingen....116
4.2. Beschouwingen en Conclusies hoofdstuk 4....118
Deel 2....121
Hoofdstuk 5 Informatievoorziening van de NAM over de Groningse aardbevingen....123
5.1. Onjuiste/incomplete informatie over toekomstige aardbevingen....125
5.2. Ondoorzichtige publieke informatie....128
5.3. De Gutenberg-Richter-constante....132
5.4. De verhouding tussen tektonische aardbevingen en de Groningse....132
5.5. De geologische kenmerken van de zandsteenlaag....138

5.5.1. Gelijktijdig instorten van het hele veld ... 139
5.5.2. De na-schokken ... 142
5.6. Het instorten/verkruimelprincipe van het zandsteen ... 143
5.7. De variabelen in de dikte van het Zechstein ... 146
5.8. Variabelen in het compactiemodel ... 147
5.8.1. De Krewerd terp op een zoutkolom ... 150
5.9. De NPR-kaartjes en de NEN-webtool ... 151
5.10. Nieuwsberichten uit de media ... 156
5.11. De logaritmische presentatie van de Mmax ... 158
5.12. Vergelijking tussen tektonische- en geïnduceerde aardbevingen ... 160
5.13. Reflecties over het voorgaande ... 161
5.14. De volgende observaties zijn relevant ... 163
Hoofdstuk 6. Vragen en antwoorden ... 167
6.1. Vraag: Wat is een eenvoudige uitleg van de terminologieën? ... 167
6.2. Vraag: Hoe zijn de opgetreden schades verklaarbaar? ... 167
6.3. Vraag. Hoe kunnen we de meest voorkomende schades ordenen, indelen? ... 167
6.4. Vraag: Welke gebouwtypologieën (typische bouwstijlelementen) zijn er? ... 168
6.5. Vraag. Hoe kun je bevingsschade onderscheiden van een andere oorzaak? ... 170
6.6. Vraag. Welke schade is in Groningen nog te verwachten? ... 173
6.7. Vraag. Wat is de prognose van Mmax en de te nemen maatregelen? ... 174
6.8. Vraag. Kan met het schadepatroon een richtlijn voor reparatie opgesteld? ... 174
6.9. Vraag. Wat zou meer inzicht in de bevingsprognose opleveren? ... 175
6.10. Vraag. Welke internationale ervaring is bruikbaar voor Nederland? ... 177
6.11. Vraag. Hoe kan het Burgerboek bijdragen aan vernieuwende oplossingen? ... 178
6.12. Vraag. Kan een combi aanpak versterken/verduurzamen kosten beperken? ... 178
6.13. Vraag. Bestaat er nog een veiligheidsrisico met de verminderde gasproductie? ... 180
6.14. Vraag. Waarom had de NPR of NEN-commissie niet aan de bel getrokken? ... 181
6.15. Vraag. Wat was de invloed van de PGA uit 2015 op de te nemen maatregelen? ... 182
6.16. Vraag. Hoe kon de aardbevingsproblematiek zo'n grote sociale onrust veroorzaken? ... 183
6.17. De volgende observaties zijn relevant ... 187
Hoofdstuk 7. De PGA-acc bepaling ... 191
7.1. De te nemen versterkingsmaatregelen ... 194
Hoofdstuk 8. Vernieuwende elementen in deze dissertatie ... 199
8.1. *Base-isolation* voor baksteen ... 200
8.2. Vulpaletten voor de verbreding van de fundering ... 203
8.3. Constructieve spouwmuurvulling met Hoge Dichtheid-PUR ... 204
8.4. Constructieve versterking gebintenschuren ... 205
8.5. Constructief sterke glaspanelen voor het verbreden van penanten ... 205
8.5.1. Voor de afmetingen zijn er minstens vijf hoofdcategorieën ... 207
8.6. Elastische rubberen platform *base-isolation* ... 208
8.7. De volgende observaties kunnen gemaakt worden ... 210
9. Belangrijkste vaststellingen en conclusies ... 213
9.1. Key Findings and conclusions ... 217
DEEL 3 ... 221
Dankbetuiging. ... 222
Annex 1. Curriculum Vitae Sjoerd Nienhuys (1944) ... 225
De nieuwe aardbevingscode ... 228
De problematiek in Zuid-Amerika ... 228
De lessen uit Zuid-Amerika ... 229
Bouwen met Campesinos in Honduras ... 230
Afgelegen berggebied in Yemen. Zelfbouwers, maar nu seismisch bestendig ... 231

Tsunami reconstructie Indonesië 2005-2006..... 232
Eindnoten. 237
Achterkant 244

Lijst van figuren

Figuren 1. Betreft voorpagina foto. 5
Figuur 2. Kaart van Groningen. Bron: Schoolatlas der gehele aarde 43ste druk. 1964 6
Figuren 3. Grootste diepliggende breuklijn en aardbevingen juli 2013. 18
Figuur 4. Aardbeving Huizinge. Boven is de P-schok die het eerste in het epicentrum aankomt..... 20
Figuur 5. Verschillende aardbevingsgolven. In Groningen zijn de Love- en Rayleigh-golven klein. .. 21
Figuur 6. V-snelheid. Voortplantingssnelheid van de P-primaire golven in aardlagen..... 22
Figuur 7. Relatie tussen de PGA en de Pieksnelheid. Bron NAM-TNO meetnet. 22
Figuren 8. Voorbeelden uit de media van gebouwen met stutten in de provincie Groningen..... 27
Figuur 9. Geologische tijdschaal. Bron National Park service USA. 28
Figuur 10. Ontwikkeling van de PGA over de jaren 32
Figuren 11. Vergelijking verkeer en gaswinning. 34
Figuur 12. Voortschrijdend inzicht..... 38
Figures 13. Comparison traffic and gas exploitation. 40
Figuur 14. Een van de eerste boorgaten bij ’t Haantje 3 december 1965 met spuiter als resultaat. 44
Figuur 15. Productielocaties Groningen 2020. Publ. Rijksoverheid. ‘Van gas naar geschiedenis?’..... 46
Figuur 16. Theorie en de werkelijkheid. 48
Figuur 17. KNMI-overzicht van aardbevingen 2009-2020. 49
Figuur 18. De veranderende PGA-waarden van de NPR 9998 tussen 2014 en 2020. 49
Figuren 19. UMR = Unreinforced Masonry Damage = ongewapend metselwerk. 61
Figuren 20. Lichte structurele schade URM DS2 en DS3 (niet acceptabel). 62
Figuur 21. Grafiek schattingen van maximale aardbeving Groningen veld in 2010. 68
Figuur 22. Kans op lichte schade van bebouwing in de regio Alkmaar bij Mw 3,9. 69
Figuur 23. Aardbevingen vóór de Huizinge beving 2012 met locatie..... 73
Figuur 24. De gecompliceerde, voor de bevolking en pers onduidelijke definitie. 74
Figuren 25. PGA-kaart 2014 en de NPR 9998:2015 Versie 0 met gebouwen en inwonertal 76
Figuur 26. Arup berekeningen van schadeniveau per aardbevingssterkte. 77
Figuur 27. PGA-kaart NPR 9998:2015 medio 2015 met 0,36g. 78
Figuur 28. Resultaten van de workshop van maart 2016 in Schiphol, met Mmax schattingen..... 78
Figuur 29. Mmax workshop Schiphol 2016 met schattingen van de Mmax per organisatie. 79
Figure 30. Twee PGA-kaarten van na 2016. Rechts van de NPR 9998:2017, V2..... 80
Figuur 31. Recent krantenartikel met de prognose tot 2034 voor het voltooien. 82
Figuur 32. Dubai City van af de nieuwe Burj Kalifa 2011, met nieuwe stadsontwikkeling. 84
Figuur 33. Voorkant van de kennismakingsversie juni 2021. 89
Figuur 34. Vanuit de productielocatie waaieren de 3 km diepe boorleidingen naar buiten uit. 94
Figuren 35. Voorbeelden van beschadigingen en noodzakelijke stutten..... 98
Figuur 36. Geënsceneerde foto van de pers..... 100
Figuren 37. Het vervangen 1 & 2, of het geheel verwijderen van de schoorstenen. 102
Figuur 38. Het bestaande en wenselijke schema van de hersteloperatie 106
Figuur 39. Dagblad van het Noorden, 24 februari 2025..... 112
Figuur 40. Overzicht bevingen tot 2013, Bron NAM, Winningsplan 2013. Faults en bevingen. 113
Figuur 41. Overzicht van aardbevingen tot 2022. Bron NAM. 114
Figuren 42. Oudere woningen van vóór 1920. 116

Figuur 43. Schademeldingen van drie schokken en schademeldingen. 117
Figuur 44. Grafieken uit de eerste Seismic Risk Study van Arup 2013. 117
Figuren 45. De aardbeving in Roermond 13-04-1992. Afbeeldingen NOS-journaal van 1992. 119
Figuur 46. Relatie tussen kritische stress, aardbevingen en het breukennetwerk. 120
Figuur 47. Historische boerderij Garrelsweer werd op base-isolation gezet (E.f) 122
Figuur 48. Aantal en sterkte in magnitude van de schokken per jaar. 124
Figuur 49. Productie uit het Groningen gasveld daalt na elke grote aardbeving. 124
Figuur 50. Aantal en magnitude van de bevingen sinds 1991. 128
Figuur 51. De aangeleverde informatie en bevingen sinds 1990. 130
Figuur 52. Gasproductie Winningsplan 2007 met planning na 2012. Bron NAM. 131
Figuren 53. Voorbeelden van subductie bij aardplaten met diepte in kilometers. 133
Figuur 54. Hier is het gasveld van Groningen (Rotliegend) op dezelfde schaal ingetekend. 133
Figuur 55. Het elastische rebound principe. 134
Figuur 56. Doorsnede schets van de verschillende aardlagen onder Groningen. 134
Figuren 57. Schematische weergaven van het Rotliegend en de grootste breukzones. 135
Figuur 58. Vereenvoudigde (verkeerde) afbeelding van het SodM. 136
Figuur 59. De verschillende fasen van ontwikkeling van aardbevingen. 137
Figuren 60. Twee kaarten van de breuklijnen. Links de 5 grootste schokken tot 2012. 137
Figuur 61. Clusters boorleidingen in het gasveld met weergave van de grootste breuklijnen. 138
Figuur 62. Doorsnede van NW naar ZO van het gasveld met verhouding lengte: hoogte = 1: 6. 139
Figuur 63. Dezelfde tekening als boven, maar nu met lengte : hoogte verhouding 1:1. 140
Figuur 64. Sonar analyse afbeelding van de doorsnede. 140
Figuur 65. Grafiek met schattingen van aardbevingen. 141
Figuur 66. Detailmetingen voor en na de Huizinge 2012 aardbeving in de hele provincie. 142
Figuur 67. Overzicht van de epicentra tot juli 2013. Bron KNMI. 143
Figuur 68. Het reservoirgesteente voorstellen als een laag beschuit. 144
Figuren 69. Zandsteen formaties en microdetails van het Rotliegend. 145
Figuren 70. Dikteverschillen in het Zechstein in meters. 146
Figuur 71. 3D weergave van de onregelmatigheid van het Zechstein. 147
Figuren 72. De terp en de verzakking langs de randen en rode lijn van P-golf snelheid. 150
Figuur 73. Het peEN 1998-1:2003 (eurocode 8) kaartje van Nederland. 151
Figuren 74. Prognose PGA-max (horizontaal) van medio 2013 en eind 2014. 152
Figuur 75. Grafiek gasproductie uit 2015 met verkoop naar het buitenland. 152
Figuren 76. Nieuwe NPR PGAg contourenkaarten van 2015 en 2017. 153
Figuren 77. Verschil van behandeling door verschillende tijden van opname. 153
Figuren 78. Oude (sloop)woningen en ontwerp nieuwe woningen 154
Figuur 79. De na 2018 ingevoerde NEN-webtool met per km^2 de berekening van de a_gS. 155
Figuren 80. Bron: New York Times, mei 2006 afbeeldingen van aardbevingen. 156
Figuren 81. Bron: New Zealand Herald. Gebouwen lijken veel op de gebouwen in Groningen. 156
Figuren 82. Aardbeving in Yunnan, China. Bron: CNN-afbeeldingen. 157
Figuren 83. Aardbeving in Pakistan. Bron: NBC en Britannia nieuws 2015. 157
Figuur 84. Vertaling van de logaritmische schaal met lijn op Mw of Richter 3. 159
Figuur 85. Aangepaste Richterschaal versie van de vorige grafiek op lineaire schaal. 159
Figuren 86. Ingestorte woningen in Kathmandu stad 2015. (E.f.). 160
Figuur 87. Aantal naschokken van de aardbeving in Kathmandu en die in Groningen. 160
Figuur 88. Niet aardbevingsresistent want de begane grondetage is ingestort 165
Figuur 89. Prototype testen in het EUCENTRE van nagebouwde testwoningen. 166

Figuren 90. Voorbeeld uit hoofdstuk Basis Regels. 167
Figuur 91. De zeven hoofdcategorieën. 168
Figuren 92. Dezelfde typologieën woningtypen. 169
Figuur 93. Hoofdcategorieën voor de beoordeling van gebouwen. 169
Figuur 94. Woning uit het einde van de 19de eeuw met oude scheuren. 170
Figuur 95. Oriëntatie van het gebouw ten opzichte van een ver epicentrum. 172
Figuur 96. Een eerste plotselinge compactie. 173
Figuur 97. Verschillende seismische verbeteringen bij een oudere woning. 175
Figuren 98. Met meer trillingen ontstaan progressieve schades. 176
Figuur 99. Verschillende opties van base-isolation kunnen worden ontwikkeld. 178
Figuren 100. Houtskeletbouw of het principe (metalen profielen) voor muurversterking 179
Figuur 101. De aardgasbaten en aandeel aardgasbaten in totale inkomsten centrale overheid. 184
Figuren 102. Een van de typologieën van Groningse bakstenen woningen. 189
Figuur 103. Pie-chart tekening van soorten schade aan woningen na de Huizinge aardbeving. 190
Figuren 104. NLTHA-methode van berekening met het visuele resultaat. 192
Figuur 105. Het uitrekenen van lage baksteen gebouwen kan op een eenvoudige manier. 193
Figuur 106. Model met aardbevingsbelasting in het vlak van de gesloten/dichte muur 197
Figuur 107. Model met aardbevingsbelasting in het vlak van een gevel met grote openingen. 198
Figuur 108. De toepassing van de (Helifix) spiraalwapening. Bron Helifix. 200
Figuren 109. De ontworpen inbouw base-isolation voor baksteen muren. 201
Figuren 110. Toegepast base-isolation onder het gemeentehuis Loppersum. 202
Figuren 111. In Groningen staan veel karakteristieke gebouwen en monumenten. 202
Figuren 112. Rijksmonument Borg Rusthoeve te Wirdum is op base-isolation gezet. 202
Figuur 113. HDPE-vulpaletten voor het eenvoudig verbreden van funderingen. 204
Figuren 114. Ringbanden (vierkante klemijzers) voor het verstijven van de grote schuur. 205
Figuren 115. Constructieve glaspanelen 206
Figuren 116. Voorbeeld van sterke glaspanelen en kozijndetail. 208
Figuren 117.Testwoning in Loppersum met volledige plaatfundering 209
Figuur 118. Schets van sandwich base-isolation op rubbersnippers. 209
Figuren 119. Rubberballen base-isolation op platformfundering 210
Figuur 120. Krantenbericht Volkskrant 11 juli 2025 212
Figuur 121. Bovengedeelte zoals het ging, onderste gedeelte zoals het moet. 216
Figure 122. Flow charts of existing situation and what should have been done. 219
Figuur 123. Toepassing van de reparatie van een steensmuur met Helifix rvs wokkels. Bron NAM. 220
Figuren 124. Jan en Liefke Munnike met foto van gesloopte boerderij. 222
Figuren 125. Afbeeldingen Esmeraldas aardbeving en uit de periode in Ecuador. 225
Figuren 126. Afbeeldingen uit de periode in Yemen Arab Republic. 225
Figuren 127. Afbeeldingen uit de periode in Pakistan, Tadzjikistan 226
Figuren 128. Afbeeldingen uit Pakistan (links) en Nepal, ruraal en stedelijk. 226
Figuren 129. Tsunami disaster en reconstructie, combinatie vloedgolf en aardbeving. 226
Figuren 130. Onderzoek Peru aardbevingsresistente woningbouw. 227
Figuren 131. Afbeeldingen uit het Burgerboek 2014. 227
Figuren 132. Afbeeldingen van de aardbeving in Esmeraldas in 1976. 228
Figuren 133. Ontwikkelingen in Honduras. Gestencilde handleidingen 1981. 230
Figuren 134. Dakpanontwikkeling in Honduras 1981 en later in Indonesië 2016. 231
Figuren 135. Afbeeldingen uit YAR, bouwsysteem met U-blokken. 231
Figuur 136. Quat sessie in Yemen. ’s Middags bouwoverleg met de videotraining. 232
Figuur 137. Methode van informatief tekenen Indonesië uit de manual van Teddy Boen. 233

Lijst van tabellen

Tabel 1. Afkortingen. 13
Tabel 2. Topwaarden en kans op schade per gebouwtype van SBR Trillingsrichtlijn. 23
Tabel 3. Tabel vergelijking verkeer en gaswinning. 34
Tabel 4. Comparison traffic and gas exploitation 40
Tabel 5.Tabel vergelijking zware tektonische en lichte geïnduceerde aardbevingen. 55
Tabel 6. Uitkomsten Winningsplan 2013. 64
Tabel 7. Vergelijking oude aardbevingen 67
Tabel 8. Aantal schademeldingen en uitgekeerd schadebedrag tot 2012. 130
Tabel 9. Damage statistics. Survey undertaken by Arup, May 2013. 182
Tabellen 10. Verschil tussen de onmogelijke en de toelaatbare belasting. 194
Tabel 11. Vergelijking tussen Yemen zelfhelp programma en herstel in Groningen. 232

Afkortingen en begrippen

Verschillende begrippen in deze dissertatie worden uitgelegd in hoofdstuk 1 'Begrippen' van een eerder document dat in 2020-2021 werd ontwikkeld op basis van eerdere informatiemodules over aardbevingsbestendig bouwen. De titel van dat boek is: *Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen*[2], en hier wordt verder aan gerefereerd als het 'Burgerboek'. Dat Burgerboek is een zelfstandig document en kan losstaand van deze dissertatie gelezen worden, zonder de problematische aspecten van de verkeerde Mmax-berekening of de financiële of sociale consequenties van de uitvoering van de schaderegeling. De financiële situatie van het versterkingsprogramma en de sociale onrust daarover staan sinds februari 2023 uitvoerig beschreven in het eindrapport van de Parlementaire Enquêtecommissie Aardbevingen Groningen (PECAG) op hun website.

Omdat het thema (de aardbevingskwetsbaarheid van de Nederlandse woningbouw) en de doelgroepen exclusief de Nederlandse bevolking betreft, hoofdzakelijk die van de provincie Groningen, is deze dissertatie in het Nederlands gesteld.

De auteur heeft meer dan 25 jaar in het buitenland gewerkt waarvan de helft in aardbeving-gerelateerde projecten. Daarnaast twee jaar (2013-2015) in Groningen aan de ontwikkeling van MBO-informatiemateriaal voor seismisch versterken van woningen in Groningen. De auteur verdedigt in geen enkel opzicht de positie van de NAM.

Tabel 1. Afkortingen.

Alfabetisch	Korte omschrijving
a_gS [g]	PGA-factor inclusief de grondfactor van de bovenste 30 meter.
ACI	American Concrete Institute. Het ACI produceerde in 1971 de '*Reinforced Concrete Design Code for earthquake resistant constructions ACI 318-71*'. Deze werd in 1976-77 vertaald door ing. Carlos Naranjo en ing. Sjoerd Nienhuys van het Normalisatie Instituut voor Ecuador. Het huidige handboek voor seismische constructie voor gewapend beton is de ACI 318-95.
ALARP	As Low As Reasonably Practicable. Methode van het bepalen van een algemeen veiligheidsrisico. Bij de bepaling van het risico wordt gekeken naar de meest effectieve wijze waarop welke maatregelen genomen kunnen worden. Een risico van 10^{-6} doden per jaar per capita is het basisniveau voor landelijk risico en overstromingen, 10^{-4} doden per jaar per capita is de ondergrens voor maatschappelijk draagvlak.
Arup	Hoofdconsultant voor de NAM sinds 2012 voor seismic design en planning in de provincie Groningen. Achternaam van bouwkundig ir. Ove Nyquist Arup, († 1988) en grondlegger van het wereldwijde ingenieursbureau Arup.
Arcadis	Bouwkundig-seismische consultant en bouwbedrijf voor de NAM sinds 2014 voor de uitvoering van testen en seismische versterkingen. Mede-eigenaar en oprichter van het CVW in 2014.
BENG	Bijna Energie Neutraal Gebouw. Normstelling voor energiezuinige gebouwen.
BoWoTo	Bouw en Woning Toezicht. Gemeentelijke instelling.
CH_4	Methaangas. Hoofdbestanddeel van aardgas en biogas[3]. Door verbranding komt CO_2 en waterdamp vrij. Dit heeft een hoog Global Warming Potentieel (GWP). 86 over 20 jaar.
COP	Coëfficiënt of Performance, van onder andere warmtepompen.

[2] Het hele Burgerboek en ook in 13 aparte hoofdstukken staat op website met URL https://www.nienhuys.info/Aardbevingen-in-Groningen/

[3] Naar aanleiding van de door de aardbevingen gescheurde gierkelders in Groningen staat er een gedetailleerd document '*Gierkelders, Biogas, Stikstof, en (slecht) beleid'* op de website www.nienhuys.info 2de pagina.

Alfabetisch	Korte omschrijving
CO_2	Koolstofdioxide. Verbinding van koolstof (Carbon) met zuurstof (Oxygen). Verbrandingsproduct van steenkool, olie, aardgas en biogas. Kooldioxide (en waterdamp en methaan CH_4) doen ongeveer hetzelfde met door de aarde uitgezonden warmtestraling als wolken doen met licht: de straling wordt verstrooid, dus grotendeels terug naar de aarde.
CVW	Centrum Veilig Wonen te Appingedam sinds 2014 tot 2019. Winstgevend commercieel bedrijf voor schade identificatie en rapportage met als grootste aandeelhouder Arcadis. Het CVW ontving instructies van de NAM en was daarmee niet onafhankelijk. In 2029 nam de NCG de taken van het CVW over, maar ook een groot deel van het personeel.
CRFP	Carbon reinforced fiber polymer (of plastics). Muur- en vloerwapening.
DS1	Damage State 1. Schadeniveau gebouwen. DS2-DS5 zijn aanvullende hogere waarden.
E.f.	Eigen foto door Sjoerd Nienhuys.
EVS	Extended Visual Screening. Visueel technische onderzoeksmethode van gebouwen waarbij ook in het gebouw wordt gekeken en eventueel de constructies vanbinnen.
EZ	Ministerie van Economische Zaken. Betrokken bij het aardbevingsdossier: 2010-2012 Maxime Verhagen, 2012-2017 Henk Kamp, 2017-2022 Eric Wiebes / Cora van Nieuwenhuizen (a.i.) / Bas van 't Wout / Stef Blok.
FEMA	Federal Emergency Management Agency met als onderdeel de National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) in de USA. Basisinformatie gebruikt door Arup voor het opzetten van het versterkingsplan voor Groningen.
GBB	Groninger Bodem Beweging. Opgericht op 6-11-2009 na aardbeving. https://www.groninger-bodem-beweging.nl/gbb/ Via hun Gasbevingen Portaal van de GBB vindt men uitgebreide informatie over de gaswinning en de gevolgen daarvan. https://bevinggevoeld.nl/gasbevingen/ Begon rechtszaak tegen de NAM over opzettelijk schade toebrengen.
GVTW	Glasvlies Textiel Wapening. Dit wordt op de muren verlijmd om deze te versterken.
GMPE	Ground Motion Prediction Equation. De voorspelling van de grondacceleratie met een relevante onzekerheid voor een locatie, gebaseerd op verschillende Mw-waarden, afstand tot het epicentrum, grondkarakteristiek en geologische breuken.
HAS	Helical Application System. Roestvrijstalen spiraalwapening in de vorm van wokkels die in de lintvoegen van metselwerk worden verlijmd. Type Helifix.
HDPE	Hoge dichtheid Polyethyleen. Zwarte kunststof gebruikt in de bouw.
HSB	Hout Skelet Bouw. Lichtgewicht flexibele constructiemethode in hout. Ook toegepast voor de inwendige versterking van muurconstructies.
IMG	Instituut Mijnbouwschade Groningen. De opvolging van de TCCB. Apart van de NCG.
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut.
KSEPL	Koninklijke Shell Exploratie en Productie Laboratorium.
M-acc	De Mw acceptabel voor de bewoners met hun gebouwde omgeving.
MBO	Middelbaar Beroeps Onderwijs. In de situatie van Groningen is dat het Alfa College met het vakgebied bouwkunde.
Mmax	De theoretisch uitgerekende grootste maar onmogelijke aardbeving (deze zal dus nooit voorkomen). [i] = eindnoot-link Een andere definitie: *Greatest lower bound of all earthquake magnitudes that are considered physically impossible in a certain location*.[4]

[4] Bijvoorbeeld als 3,7 en hoger niet optreedt, maar 3,6 wel, dan Mmax = 3,7. Die Mmax 3,7 treedt dan per definitie niet op. De Mmax van een nooit optredende aardbeving kan je niet afleiden uit sporadische waarnemingen van lagere aardbevingen. Voor het bepalen van de Mmax, moeten er meerdere magnitudes zijn die zijn opgetreden als de Gutenberg-Richter-constante van toepassing was.

Alfabetisch	Korte omschrijving
Mw	Momentmagnitude aardbeving. Dit is de huidige rekenwaarde voor de bepaling van de grootte van de aardbeving. Mw = 2 kan bij bevingen op 15 km diepte door personen in rust gevoeld worden. Een magnitude Mw hoger is een 31,6 maal zo zware aardbeving (energiefactor, afgerond 32) in het hypocentrum. Mw is geen Richter maar wel hetzelfde getal.
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij. Opgericht door Shell en Esso op 19 september 1947, nog voor de vondst van het Groninger gasveld.
NEHRP	National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) in de USA. Onderdeel van de FEMA. Bron van de internationale informatie die door Arup werd gebruikt voor het opzetten van het versterkingsplan voor Groningen.
NCG	Nationale Coördinator Groningen. Aangesteld in 2015 door de minister van Economische Zaken in opvolging van het CVW, met als taak de versterking van woningen te beoordelen en aan te pakken.
NEN	Stichting Koninklijk Nederlands Normalisatie Instituut. Stelt normen en richtlijnen vast, onder andere voor de bouw. Producent van de NPR 9998:2015 en volgende versies.
NLTHA	Non-Lineair Time-History Analysis voor bepaling seismische sterkte. Digitale analyse van kleine samengestelde elementen uit de hele constructie.
NPR 9998	Nederlandse Praktijk Richtlijn 9998 met groene en witte versies sinds 2015 met jaarlijks nieuwe uitgaven. Deze NPR is een vertaling van de Eurocode 8 over seismisch resistent bouwen. Bij de NPR zit een PGA-kaartje. Dit is geen norm, maar een richtlijn of advies.
OSB	*Oriented Strand Board*. Multiplex met lange spaanplaatvezels met grote sterkte. Dit OSB wordt veel gebruikt in de houtskeletbouw.
PECAG	Parlementaire Enquête Commissie Aardbevingen Groningen. Sinds 2022.
PGA	Peak Ground Acceleration. Piek Grond Acceleratie. Maximale horizontale grondversnelling veroorzaakt door een aardbeving. Deze wordt verhoogd met factoren van de grondsoorten van de bovenste 30 m ten behoeve van de sterkteberekeningen voor gebouwen (a_gS).
PGA n(g)	PGA uitgedrukt als veelvoud van de zwaartekrachtversnelling 'g' van 9,82 m/sec^2. Deze waarde wordt plaatselijk gecorrigeerd door de invloed van de bovenste 30 m grondlagen. Deze aangepaste waarde is a_gS. Dit is de rekenbasis van de aardbevingsbelasting op een gebouw.
PGA-acc	De voor de bewoners in hun gebouwde omgeving acceptabele PGA. Deze PGA_h is horizontaal en wordt vermeld in de NPR. De verticale PGA_v wordt ook gemeten bij een aardbeving.
PSHA	Probabilistic Seismic Hazard Assessment. Op grond hiervan wordt de seismic risk bepaald = hazard x effect. Het effect is groter in de steden vanwege een grotere bevolking (meer doden). Het is ook groter bij zwakke gebouwen.
PUR	Polyurethaan. Na vermenging van verschillende stoffen ontstaat een chemische reactie met gasontwikkeling, waardoor expansie optreedt, waarna het geheel uithardt tot isolerend schuim dat in de bouw wordt gebruikt. Niet recyclebaar.
PV	Photovoltaic = Fotovoltaïsch, zonnepanelen voor elektriciteitsopwekking. Een variant is PVT. De T staat voor Thermisch. Daarbij wordt ook warmte opgewekt.
RVS	Rapid Visual Screening. Snelle inspectiemethode van buitenaf voor gebouwen. Evenmin worden hierbij inwendige constructies geanalyseerd.
RUG	Rijksuniversiteit Groningen. Wetenschappers van de RUG hebben een psychologische rapportage over de schadeslachtoffers gemaakt.
rvs	Roestvrijstaal.
TBO	Technical Begeleidingscomité Sub-Sahara van de NAM. Deze commissie heeft veel kennis over het aanboren van geologische aardgas- en oliereserves.
TCBB	Technische Commissie Bodem Beweging. De TCBB is een onafhankelijke commissie en geeft advies aan de Minister van EZ over de gevolgen van mijnbouw voor beweging van de aardbodem en mogelijk hierdoor ontstane schade. Deskundigen op vele gebieden, zoals delfstofwinning, geologie, seismologie, grondmechanica, hydrologie, constructieleer en juridische aangelegenheden. Voor meer informatie. www.tcbb.nl
TCMG	Tijdelijke Commissie Mijnbouwschade Groningen, opgericht 19 maart 2018. Op 1 juli 2020 zijn de taken overgezet naar het IMG.

Alfabetisch	Korte omschrijving
TNO	Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek. Onafhankelijke organisatie in 1932 opgericht, bij wet de Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek.
VA	Versterkingsadvies. Deze adviezen werden door de NCG gemaakt na de beoordeling van een door de aardbevingen beschadigd gebouw.
Zechstein	Het harde, taaie zoutsteen dat zich boven het gashoudende zandsteen bevindt. Dit Zechstein is gasdicht en de oorzaak dat miljoenen jaren geleden het gas in dat zandsteen bleef.

Belangrijk: Mw is geen Richter maar wel hetzelfde getal.

De Mw = momentmagnitude en de rekenwaarde voor de bepaling van de grootte van de aardbeving. Een magnitude Mw hoger is een aardbeving waarbij 32 maal zoveel energie vrijkomt. Twee Mw-punten hoger is ongeveer 1000 maal zo veel energie van de aardbeving.

Richter = uitslag van een seismograaf op 100 km afstand. Een punt Richter hoger is een 10 maal zo grote uitslag. Twee punten is 100 maal zo grote uitslag of een 100 x zo zware aardbeving.

Een aardbeving in het hypocentrum bestaat uit schokken (in Groningen op 3 km diepte). In het epicentrum (aan het aardoppervlak) veroorzaken deze schokken drie soorten schokgolven, een verticale (*Pressure* = P-golf) en twee soorten horizontale. Het zijn vooral de horizontale schokgolven (de Rayleigh- en Love-golven) die de belangrijkste zijwaartse gebouwbelastingen opleveren. Deze maximale horizontale belastingwaarden zouden in de seismische code als PGA moeten staan om gebouwen te berekenen op aardbevingsbelastingen.

De aardbeving-schokgolven in Groningen hebben in de verticale richting de grootste PGA, maar de Nederlandse woningbouw is daar voldoende op berekend. Wel kunnen er door de verticale schokken zettingen ontstaan. In Nederland zijn gebouwen voor de horizontale belasting slechts op zware storm-belasting berekend. De aardbevingsbelastingen kunnen dan groter zijn dan die huidige rekenwaarden.

Begrippen

Richter is een **magnitudeschaal** en kijkt naar de amplitude van de schokgolven. Richter en Mw geven bijna dezelfde getal uitkomst voor Californische bevingen onder magnitude 5.

In Groningen komt Richter 2 ongeveer overeen met PGA_v 0,03g; Richter 3 met PGA_v 0,06g; en Richter 4 met ongeveer PGA_v 0,12g. Een punt hoger in Richter is in Groningen dus ongeveer een verdubbeling van de PGA_v. Deze ogenschijnlijke verhouding komt niet voor in andere gebieden omdat de geologie dan anders is. Het nadeel van Richter is dat bij bevingen sterker dan Mw 7 de maximale uitslag van de seismometer niet groter is bij bevingen die duidelijk veel sterker zijn. Dat heet saturatie.

De oorspronkelijke definitie van Richter was: uitslag van een (bepaald soort) seismograaf van een-honderdste millimeter op 100 km afstand van het epicentrum is magnitude 4. Omdat gemeten werd met een bepaald soort seismograaf die de beweging van de aarde 1000 maal uitvergrootte, is dat een uitslag van 10 mm op dat type seismograaf. Bij 1 punt Richter hoger is de uitwijking op die seismograaf (op 100 km van het epicentrum) 10 maal zo groot. De uitwijking van die speciale seismograaf is dan evenredig met de beweging van de grond. Bij twee punten Richter is de uitwijking/uitslag van dat bepaald type seismograaf 100 maal zo groot.[5]

'Richter' kijkt ook niet naar de 'amplitude' van de golven, maar naar de uitslag op een seismometer. De seismometer die Richter daarvoor gebruikte was niet geschikt voor drukgolven met lage frequenties. Voor de burger is het Richterbegrip duidelijk geassocieerd met aardbevingen. De media gebruiken daarom de Richterwaarde, ook het KNMI soms.

Als een seismisch station de trillingen van een verre aardbeving waarneemt, kan uit het verschil in aankomsttijd van de P-golven (Primaire golven) en S-golven (Secundaire golven) de afstand bepaald worden. Als drie stations zo'n waarneming doen kan de exacte locatie van de aardbeving bepaald worden, namelijk het punt op aarde recht boven de haard van de beving (het zogeheten epicentrum) en ook de diepte van die haard (hypocentrum).[6]

Richter definieerde zijn methode op de tektonische aardbevingen in Californië die veroorzaakt worden door het bewegen van aardplaten. De zwaarte van de aardbeving definiëren op basis van het moment (kracht x arm) was een betere oplossing. Uiteindelijk stelde de Japanse geofysicus Hiroo Kanamori (net als Richter verbonden aan CalTech) in 1979 voor om de sterkte van aardbevingen te definiëren op basis van het moment.

Moment. Op een liggende balk die in het midden verticaal belast en aan de uiteinden ondersteund wordt, werkt een moment. Die balk buigt dan door. Wordt de belasting vergroot, dan komt er een ogenblik waarop de balk breekt (de aardbeving). De energie/kracht die gebruikt werd om de buiging in de balk tot stand te brengen, komt dan opeens vrij. Het geluid/knal waarmee dat gebeurt, vertegenwoordigt maar een klein deel van die vrijkomende energie.

Iets dergelijks gebeurt er bij een tektonische aardbeving. Diep onder de aardoppervlakte worden horizontale aardlagen verbogen, totdat ze opeens breken/los schieten. Het gaat daarbij om gigantische massa's gesteente, kilometers dik en tientallen kilometers diep onder de grond.

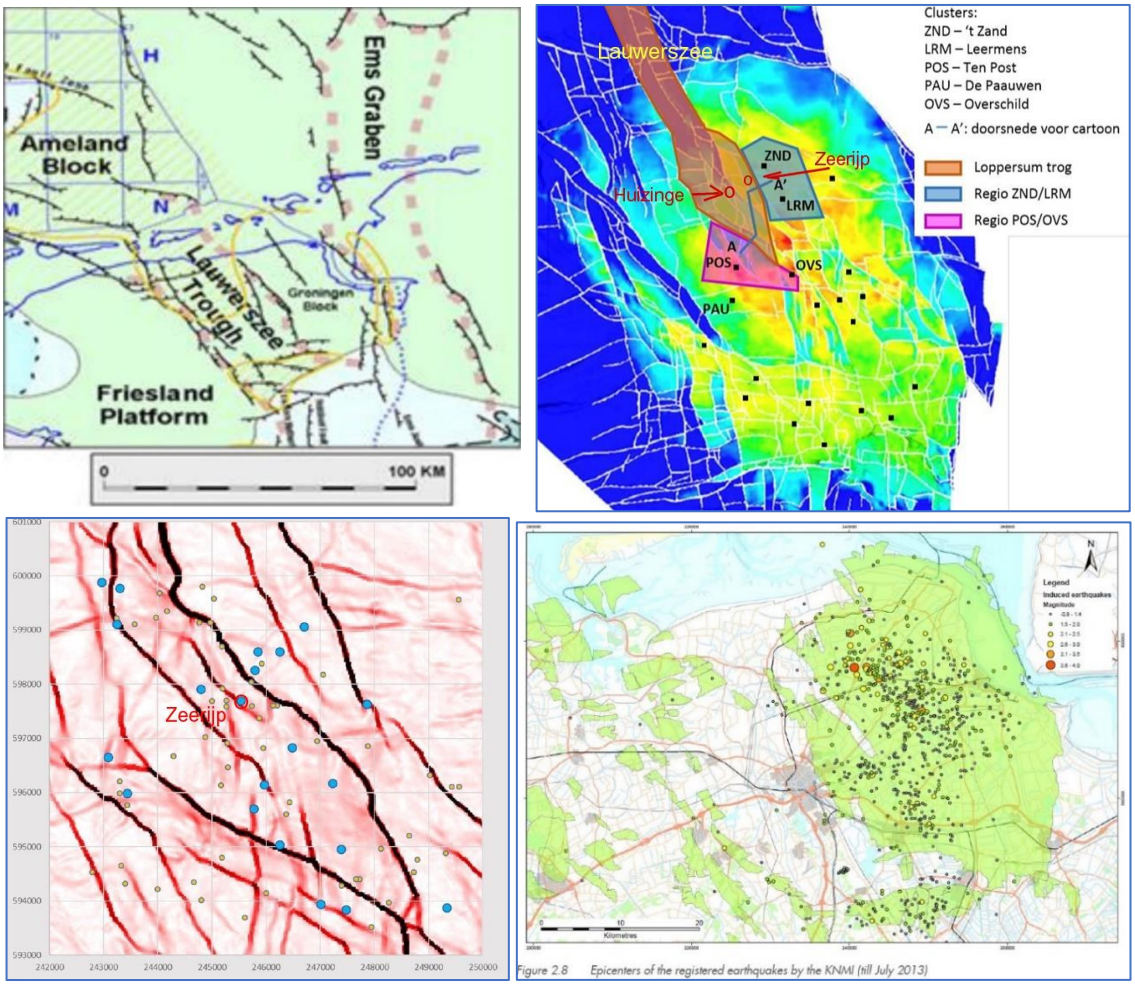
---

[5] De notie dat een heel punt Richter 10 maal zo groot is of een 10 maal zo zware aardbeving is (of 2 punten 100 maal) komt hier vandaan. Het gaat dus om de uitslag van een bepaald soort seismograaf. Een punt Mw hoger heeft dan wel 32 maal zo veel energie. De seismometer van Richter was een soort slinger die fysiek verbonden was met een pen die een grafiek op papier maakte.

[6] Zie ook: College over aardbevingen http://rses.anu.edu.au/~nick/teachdoc/ hoofdstuk over magnitudes en http://rses.anu.edu.au/~nick/teachdoc/lecture13.pdf

Momentmagnitude. Bij een aardplaat die opzij of omhooggeduwd wordt door een andere aardplaat (asthenosfeer) eronder, maar niet in beweging komt vanwege de wrijving/contact met die andere aardplaat is er ook een moment (kracht x arm). De waarde daarvan kan geschat worden met de vrijkomende energie (kracht maal afstand) wanneer de wrijvingskrachten overwonnen worden en de plaat losschiet en plotseling opschuift (elastisch rebound).

Dit is belangrijk omdat bij de geïnduceerde aardbevingen in Groningen het ontstaans-mechanisme van de bevingen totaal anders is. Daar zijn geen buigende en schuivende aardlagen, integendeel. Daar is een dunne, vlakke, ietwat poreuze zandsteenlaag vol breuklijnen die inzakt/instort doordat er gas uit gehaald wordt. Berekeningen die gebaseerd zijn op tektonische bevingen die op honderden kilometers afstand worden waargenomen zijn niet van toepassing op de Groningse bevingen. Het is mogelijk dat de KNMI met de bepaling van de magnitude in Groningen rekening hield met de onderliggende breuklijnen in het Carboon/Devoon, die dan geactiveerd zouden kunnen worden bij een hele snelle drukverlaging in het Rotliegend.



Figuren 3. Grootste diepliggende breuklijn en aardbevingen juli 2013.
Linksboven: Lauwerszee diepe breuklijnen. Bron: NAM, Technical addendum to the Winningsplan Groningen[ii] November 2013. Rechtsboven. Zones met de drie epicentrumregio's. De grote breuklijn loopt tot aan Overschild midden in het Groningse gasveld. Bron: SodM Advies Groningen-gasveld n.a.v. aardbeving Zeerijp 2018 met het hele gasveld. Linksonder. De breuklijn is dik aangegeven met de locatie van de Zeerijpbeving 2018. Bron: NAM[iii]. Special Report on the Zeerijp Earthquake – 8th January 2018. Rechtsonder Overzicht epicentra tot aan juli 2023. Bron: NAM, Technical addendum to the Winningsplan Groningen November 2013.

Ofschoon het theoretisch mogelijk is dat dit bij de maximale en snelle leegproductie van het gasveld misschien zou kunnen gebeuren, zal dat in de eerste plaats niet (juridisch, sociaal) toelaatbaar zijn om dergelijke zware aardbevingen te genereren en zal het in de tweede plaats geen (grote) horizontale verschuiving opleveren.

Mw. (ook MMS of M).[7] Mw is de moment **magnitudeschaal** (logaritmisch) van de geschatte energie die er in het hypocentrum vrijkomt. Het subscript w staat voor de verrichte arbeid (*work*). Een Mw van 1 punt hoger is een 32 maal zo grote totale energie-inhoud. Een stapje van 0,2 in de Mw is al tweemaal zoveel energie. Tegenwoordig rekent men voornamelijk met Mw, maar nieuwsmedia zeggen nog vaak Richter. Ook het KNMI doet dat, mogelijk omdat een naam zoals 'Richter' makkelijker in het gehoor ligt dan een formule of een term als momentmagnitude.

Een verhoging van 1 punt magnitude is een toename van $10^{1,5} = 31,6$ keer (afgerond op 32) de hoeveelheid van de vrijgekomen energie bij een aardbeving. Een verhoging van 2 punten magnitude is dus een toename van $10^3 = 32 \times 32 = 1024$, afgerond een 1000 x zo energierijke aardbeving.

Bij een tektonische beving wordt meer dan 99,99% van de energie ter plaatse omgezet in warmte of wordt besteed aan het breken van gesteente. Denk aan de energie van het geluid van de plof of dreun van iets dat op de grond valt, die is ook veel minder dan de totale energie die bij die val vrijkomt. Die energie is kracht maal de afstand waarover geschoven wordt. De meeste energie wordt omgezet in warmte, en slechts een klein deel veroorzaakt in het hypocentrum golfbewegingen van verschillende frequenties. Bij ondiepe aardbevingen bereiken hoorbare frequenties de oppervlakte. Men hoort dan een **knal** en alsof er een metro onder de woning doorrijdt (verplaatsende golf). Het Mw getal komt ongeveer overeen met het Richter getal. De energie van de uitgestraalde zich voortplantende golven is te vergelijken met TNT-explosies[8]. Bij Mw 2 = 15 kg TNT, Mw 3 = bijna 0,5 ton TNT, Mw 4 = 15 ton TNT en Mw 5 = 500 ton TNT.

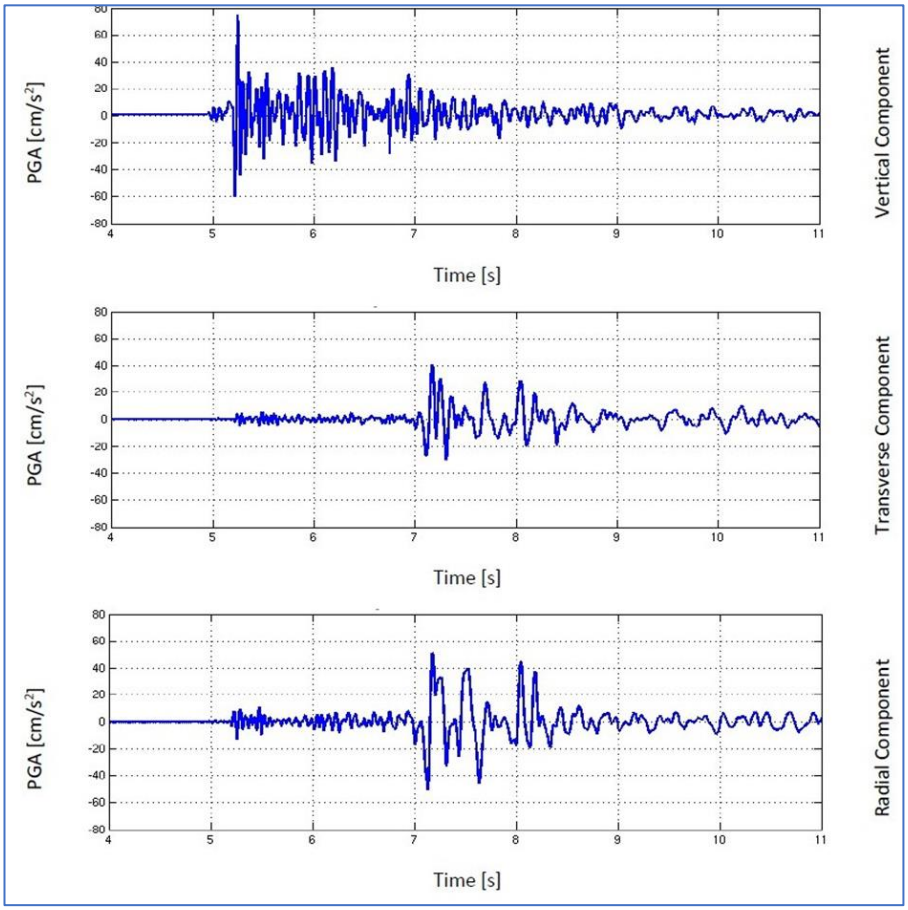
De Mmax is een puur theoretisch berekend getal (bij tektonische aardbevingen) die wegens gebrek aan data rond 2012/2013 niet te schatten viel voor de Groningse geïnduceerde bevingen. Gesteld dat de speculatieve theorieën van toepassing zouden zijn op geïnduceerde aardbevingen dan zal de grootte sterk afhangen van het gedrag van de veroorzaker van de bevingen (de NAM). Die wist heel goed dat bij minder of langzamere gasexploitatie er minder (zware) bevingen zouden komen. Het is ook onjuist om de aardbevingen als een natuurfenomeen voor te stellen. S.J. Bourne. zie eindnoot i Geeft in 2022 aan dat: *de Mmax de kleinste **onmogelijke** aardbevingssterkte is. Het is niet de grootste historische magnitude. De Mmax is niet de grootste te verwachten magnitude. Het is geen magnitude met een beperkte return periode. De Mmax is nooit registreerbaar.*

De PGA is de **hoogste grondversnelling** in meters per seconde per seconde (m/s^2). De zwaartekrachtversnelling g = 9,82 m/sec^2, afgerond op 10 m/s^2. Dus een PGA van 0,2g is hetzelfde als een PGA van 2 m/s^2. De hoogste grondversnelling in Groningen is meestal de verticale (PGA_v), maar de horizontale PGA_h geeft de kritieke zijwaartse belasting op een gebouw, meestal meer dan een stormbelasting. De statische massa van een gebouw ondervindt vertraging wanneer de grond in beweging komt. Hoe groter de massa hoe groter de vertraging of inertie-belastingen op dat gebouw. De PGA_h met de grondfactor van de 30 bovenste meter grondlagen is de a_gS. Deze a_gS waarde staat in de NEN-Webtool. De gebouwbelasting wordt bepaald door de a_gS, de massa van het gebouw, de vorm, de hoogte en de elasticiteit van het gebouw. De sterkte van lage (woningen) en stijve/brosse (baksteen) gebouwen kunnen met een vereenvoudigde rekenmethode berekend worden.

---

[7] https://nl.wikipedia.org/wiki/Momentmagnitudeschaal en verder ook Richterschaal en PGA.

[8] TNT, voluit 2,4,6-trinitrotolueen, is een explosief molecule dat gebruikt wordt om dingen mee op te blazen. https://www.pokornyindustries.com/nl/chemische-weerstand/trinitrotolueen-tnt



Figuur 4. Aardbeving Huizinge. Boven is de P-schok die het eerste in het epicentrum aankomt.
De bovenste verticale component is de gemeten PGA_v van Huizinge. Deze grafiek geeft de verticale PGA_v 0,075g aan (in het meetstation Loppersum). Op een andere manier werd vastgesteld dat de maximale verticale PGAv 0,085g is in het epicentrum. Vanwege de ondiepe ligging van het Rotliegend komt de verticale schok hard aan (met een knal) en viel de berekening van de deskundigen hoog uit. De radiale horizontale PGA_h is 0,05.

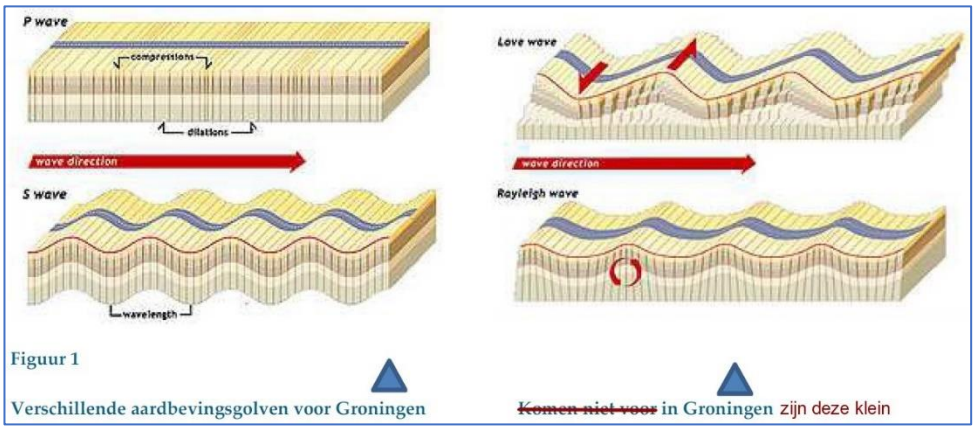
De aardbevingsschade aan gebouwen wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de horizontale grondversnelling (PGA_h), niet de uitwijkingen of snelheden (V-snelheid). Een muur van een gebouw verplaatst zich door de Rayleigh golf over een horizontale afstand, de uitwijking, en komt dan weer terug naar zijn uitgangspositie. De verandering in de snelheid (acceleratie), in combinatie met de massa en elasticiteit van die muur, veroorzaakt de schade.

De middelste transversale golf is de Love-golf. De onderste radiale golf is de radiale (vanuit het epicentrum) Rayleigh-golf die bepalend is voor de horizontale gebouwbelasting en de waarde is **die in de NPR zou moeten staan**. De totale tijd van de aardbeving was ruim 3,5 seconden, maar het gebouw trilt dan nog even na. Voor het gevoel kan de beving dan wel 5 seconden duren. In Huizinge leverde deze 1,5 seconde durende radiale Rayleigh-trilling (horizontaal) de meeste schade op. Echter, de NPR nam de maximale PGA_v (verticaal) over van het KNMI als de rekenwaarde voor de horizontale gebouwbelasting. Die horizontale belasting is slechts PGA_h 50 cm/sec^2 of PGA_h 0,05g en ongeveer 60% van de opgegeven waarde door de KNMI.

De toepassing van de verticale PGA-waarde (0,085) in plaats van de horizontale als rekenwaarde (0,05) **in de NPR is een basale fout die de gebouwbelastingen met ongeveer 60% verhoogt.** Die hoge waarde wordt dan 5 maal genomen als de PGA_h-waarde van de eerste NPR kaart (PGA_h 0,42g).

Golfbewegingen. Die Rayleigh-golven zijn het best vergelijkbaar met de golven die je krijgt als je een steen in het water laat vallen. Dat is wat je krijgt als het Rotliegend plotseling inzakt. Die plotselinge inzakking plant zich naar boven voort (P-golf) en aan het oppervlak verbreidt deze zich dan als de Rayleigh-golf. In elke vaste stof waarin zich trillingen voortplanten krijg je aan de oppervlakte Rayleigh- en Love-golven (schuifgolven). Bij alleen vrijwel verticale inzakkingen in het Rotliegend zullen er weinig schuifgolven (= Love-golven) ontstaan. Aan de andere kant, als een secundaire S-golf het epicentrum bereikt zal die Love-golf zich ook uitbreiden over de oppervlakte.

Gebouwen kunnen de op- en neerbewegingen goed doorstaan, maar minder goed de horizontale bewegingen, die zware zijwaartse belastingen veroorzaken. Bij de tweede soort (transversale golven; Love-golven) schudt de woning heen en weer dwars op de richting van de voortplanting van de voorwaartse en achterwaartse primaire golfbewegingen. Die transversale golven zijn minder intens dan de verticale compressiegolven en ze planten zich ook minder snel voort.[9]

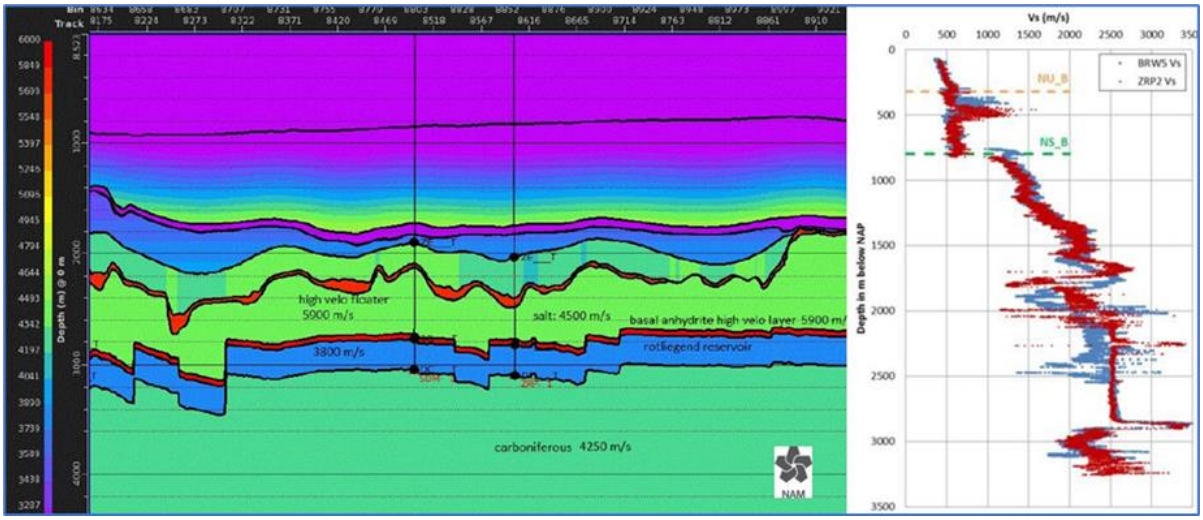


Figuur 5. Verschillende aardbevingsgolven. In Groningen zijn de Love- en Rayleigh-golven klein.
Bron afbeelding met tekst gecorrigeerd: Arcadis rapport E 06051.002036 16-10-2015. Achtergronden, hoofdrapport Groningen West. Deze Rayleigh- en Love-golfbewegingen zijn bij de Groningse geïnduceerde aardbevingen kleiner dan de verticale P-golf.

Een heen-en-weer golf die drie seconden duurt, heeft 1/3de van de snelheid als een met dezelfde uitwijking die één seconde duurt. Voor dat heen-en-weer gaan (omkering van die kleinere snelheid) is 3 maal zoveel tijd beschikbaar als bij de 1 seconde golf. De versnelling van de drie seconden golf is dan 1/9de van de 1-seconde golf. Een aardbeving veroorzaakt allerlei verschillende golven met een duur van tussen een-tiende seconde en meer dan honderd seconden per golf. Er is geen simpele formule die de magnitude van een aardbeving omrekent naar versnellingen, en zo een maat voor potentiële schade oplevert. Vanwege de kleine diepte (3 km) van de aardbevingen in Groningen is de P-golf snel bij het epicentrum. De hardheid van het Zechstein, waaronder de instortingen plaatsvinden, zorgt ervoor dat het golfsignaal door die Zechsteinlaag niet wordt afgeremd.

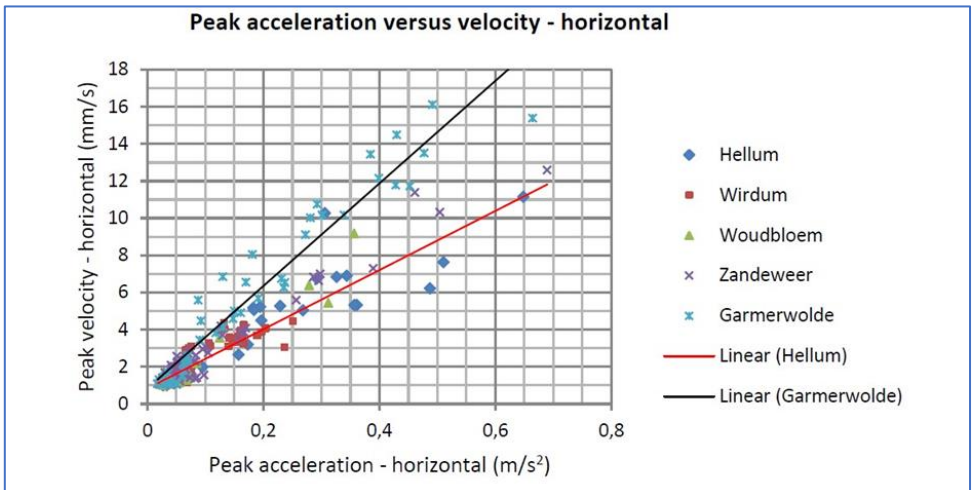
V-snelheid. (zie ook:https://nl.wikipedia.org/wiki/Seismische_golf) In sommige documenten (bijvoorbeeld van de GBB) wordt de V-snelheid van de aardbevingsgolven aangegeven. Deze snelheid is belangrijk bij het bepalen van de locatie van het hypocentrum en de afstand van het epicentrum tot de locatie van de gebouwen. Bij drie seismograaf-locaties kan het hypocentrum bepaald worden. De soorten aardlagen bepalen de snelheid van voortplanting van de P-golven. In granietlagen en harde gesteentes is de voortplanting 5 tot 3 km/sec. De eerste op-en-neer bewegingen (P-golven) in het hypocentrum van Groningen zijn dus binnen één seconde boven bij het epicentrum.

[9] Zie ook: https://ondergroningen.nl/2-de-intensiteit/ (dat is hoofdstuk 2 van rapport 2) zie ook https://ondergroningen.nl/de-onderwereld-van-groningen van Hilda Groeneveld.



Figuur 6. V-snelheid. Voortplantingssnelheid van de P-primaire golven in aardlagen.
Schokken die in het zandsteen ontstaan worden zonder snelheidsvermindering doorgegeven via het Zechstein, maar de voortplantingssnelheid vermindert sterk in de kalklagen en in de zachte bovenste grondlagen.
Rechts. De (shearwave velocity) trillingssnelheid van twee boreholes, Zechstein heeft een hoge snelheid. Bron. J.Spetzler en B.Dost, 2017, TUDelft DOI: 1093/gji/ggx020. Geophysical Journal.

Met kennis van de voortplantingssnelheid van de P-golven in alle aardlagen met drie seismografen kan nauwkeurig de locatie van de aardbeving gemeten worden. In het Groningse veld blijken deze langs de breuklijnen in het Rotliegend te liggen. Er is een vaste relatie tussen de PGA en de V-snelheid. Omdat de meetinstrumenten meestal de V-snelheid meten, kan de aardbevings-belasting op gebouwen ook berekend worden op de Peak Acceleration (m/sec^2) en de Peak Velocity (mm/sec).



Figuur 4: Pieksnelheid versus piekversnelling op basis van waarnemingen uit het NAM-TNO meetnet voor 5 aardbevingen, horizontaal.

Figuur 7. Relatie tussen de PGA en de Pieksnelheid. Bron NAM-TNO meetnet.
In deze grafiek zijn van verschillende meetpunten de metingen ingevuld. Onder de PGA, links de V-snelheid.

De SBR Trillingsrichtlijn 2017 gebruikt de V-snelheid voor de beoordeling van gebouwschade. Door de snelheden te vergelijken met de schade is de volgende tabel samengesteld.

Tabel 2. Topwaarden en kans op schade per gebouwtype van SBR Trillingsrichtlijn.

Categorie	Trillingsnelheid bij kans op schade 1% (vtop in mm/s)	Trillingsnelheid bij kans op schade 5 % (vtop in mm/s)	Trillingsnelheid bij kans op schade 10 % (vtop in mm/s)
Boerderij	2,4	3,4	6,0
Laagbouwwoning voor 1940	6,0	6,9	15,7
Laagbouwwoning na 1940	9,6	10,2	26,0

Tabel 10.1: Overzicht van topwaarden en kans op schade bij 3 bouwwerk categorieën op basis van de eerste kalibratiestudie uit 2009 [10.8]

Op basis van dit soort waarden zou men in plaats van de PGA ook de maximale V-snelheid kunnen vaststellen die voor de bewoners en hun gebouwen acceptabel is. Acceptabel houdt ook verband met compensatie.

Mercalli. Dit is een aardbevingsschaal die de intensiteit van een aardbeving op een gegeven locatie weergeeft. Het geeft de effecten aan op mensen en op de schade aan in het landschap of aan gebouwen. Dit is dus sterk gevoelsmatig. Een gebouw dat instort geeft daarmee een hogere schaal van Mercalli aan dan een gebouw dat heel blijft.

EMS. De Europese Macroseismische Schaal is een schaal voor de intensiteit van aardbevingen op basis van de waarneembare gevolgen van een aardbeving (Wikipedia). Deze is iets anders geformuleerd dan de Mercallischaal en werd in 1998 het laatst aangepast, maar is ook gebaseerd op de oppervlakteresultaten bij de Natuur, de bevolking en de gebouwen.

Wetenschap. *Wetenschap is gebaseerd op empirisch waarneembare feiten*. (Wikipedia). Empirisch of proefondervindelijk staat in tegenstelling tot theoretisch. Empirisch is gebaseerd op de praktijk, uit eigen observatie en aantoonbaar. De berekeningen bij het Groningse aardbevingsdossier waren echter sterk gebaseerd op tektonische inzichten en bevingen, niet op geïnduceerde. Op basis van de toenmalige wetenschap (2012/2013) werden berekeningen gemaakt over de theoretische maximale (maar onmogelijke) aardbeving. Met de betere wetenschapskennis (door metingen en onderzoeken) worden in 2025 andere berekeningen gemaakt. Die veranderingen zijn gebleken uit de praktijk.

Ook blijkt er in het Groningse dossier een scheiding te bestaan tussen de bètawetenschappers (geologen, aardbevingsspecialisten, wiskundigen) en de alfawetenschappers (psychologen, juristen), waarbij de wiskundigen zich geen rekenschap gaven van de consequenties van de publicatie van hun speculatieve berekeningen en of dat sociaal of juridisch wel in de werkelijkheid kon. Aan de andere kant verdiepten de psychologen en juristen zich niet de rekenkundige achtergronden op basis waarvan de zware aardbevingen werden berekend/voorspeld, maar accepteerden deze als feit. Althans, er zijn geen documenten te vinden waarin de alfawetenschappers die berekeningen verifiëren of ter discussie stellen. Omdat de wetenschappelijke berekeningen buiten het kennisveld van velen zijn, werden de resultaten geloofd. De media hadden ook niet de capaciteit of inspiratie om de data te verifiëren.[10]

[10] In ieder geval niet het relatief kleine *Dagblad van* Het *Noorden* en RTV-Noord die voor Groningen de meest gelezen, gehoorde of geziene informatiebronnen zijn. Grotere nieuwsbladen zoals *De NRC* of *De Volkskrant* zouden dat wel gekund hebben, maar hebben ook de informatie van de NAM en het KNMI voor kennis aangenomen.

Herhalingstijd. In de NEN-webtool https://seismischekrachten.nen.nl/ staat bijvoorbeeld in februari 2025 vlak bij Westeremden een herhalingstijd [aantal jaar] van 475, gekoppeld aan tijdvak T4 en een a_gS [g] van 0,146.

Dat is een PGA_h met grondfactor die bijna twee keer zo sterk is als de grondversnelling van de Huizingebeving van 16 augustus 2012. Dat terwijl de bevingen al sterk waren afgenomen sinds 2018.

Die 'herhalingstijd' [11] (in jaren) is statistisch jargon voor de inverse van de kans dat het in 1 jaar gebeurt. Als je met een dobbelsteen gooit is de herhalingstijd voor "gooi een twee" gelijk aan 6 worpen. Dat betekent niet dat je na zes worpen zeker een twee gooit, maar dat bij elke worp de kans 1/6 is om een twee te gooien. Tevens komt er gemiddeld één twee per zes worpen. De herhalingstijd van 475 jaar betekent niet dat er in 500 jaar tijd een dergelijke zware aardbeving zal komen. Het is een statistisch getal. Het betekent dat de kans dat er in een willekeurig jaar een dergelijke Mmax beving komt 1/475 is. Dat is hetzelfde als 10% kans in 50 jaar.

10% in 50 jaar is ook een kans van 2% in 10 jaar. Als je het meer precies uitrekent geeft dat een herhalingstijd van 495 jaar. Omdat schattingen als 10% in 50 jaar of 2% in 10 jaar heel ruwe schattingen zijn, maakt het niets uit of men 500, 475 of 495 neemt. Uiteraard lijkt '475 jaar' natuurlijk alsof het resultaat met grote precisie bekend is.

Je zou kunnen stellen dat er een 10% kans is dat een gebeurtenis zich ten minste eenmaal voordoet in 50 jaar. Noem die kans p. Noem de inverse van de herhalingstijd q. Noteer die 50 jaar als T. Je kunt p uitdrukken in q en T. Je kan q ook uitdrukken in p en T. In een heel grove benadering krijg je 1/q = T/p. Voor een iets betere benadering moet je daar nog T/2 van aftrekken. 2% in 50 jaar is ook een kans van 0,4 percent in 10 jaar. Als je het meer precies uitrekent geeft dat een herhalingstijd van 495 jaar, dat is dan ongeveer 475 jaar.

In feite, voor een gegeven *mean return period* van zeg, 475 jaar geldt:
Er is 37% kans dat het in 475 jaar niet gebeurt. Er is 37% kans dat het precies 1 keer gebeurt.
Er is 37/2 % kans dat het 2 keer gebeurt. Er is 37/6 % kans dat het 3 keer gebeurt.
Er is 37/24 % kans dat het 4 keer gebeurt. Er is 37/120 % kans dat het 5 keer gebeurt, enzovoorts.
Het getal 475 is hier onbelangrijk, elk ander getal geeft dezelfde resultaten.
37/100 maal (1 + 1 + 1/2 + 1/6 + 1/24 + ...) = 37/100 x 2,71828.... = 1
(n.b. die 0,37 is de afgeronde waarde van 1/2,71828...)

Die huidige a_gS van 0,146 of daaromtrent in de gemeente Eemsdelta wordt groter met een hoger tijdvak. Bij T5 en een herhalingstijd van 2475 jaar wordt de a_gS maar liefst 0,235 (=3X de zwaarte van de Huizingebeving). Omdat het over geïnduceerde aardbevingen gaat, die je kan bijsturen is een herhalingstijd van meer dan 50 jaar niet nodig of onlogisch. Een langere herhalingstijd geeft een hogere a_gS én de indruk dat de kans op een dergelijke grotere beving ook groter wordt. Dat is niet zo.

Echter, deze berekeningen zijn gebaseerd op een theoretische Mmax die werd berekend met geologisch de meest ongunstigste situatie en de hoogste aardgasproductie. **S.J Bourne [eindnote i]. geeft aan dat:** ***de Mmax de kleinste onmogelijke aardbevingssterkte is. Het is niet de grootste historische magnitude. De Mmax is niet de grootste te verwachten magnitude. Het is geen magnitude met een beperkte return periode. De Mmax is nooit registreerbaar.***

Met oude gebouwen kan de materiaalsterkte teruglopen, reden waarom er in 2014/2015 meerdere materiaaltesten zijn uitgevoerd om te kunnen beoordelen of de bouwmaterialen van deze

[11] Met dank aan Dr. Jan Willem Nienhuys (oud docent wiskunde Technische Universiteit Eindhoven) voor de gedetailleerde uitleg over kansberekening.

oude woningen wel voldeden aan de oorspronkelijke ontwerpwaarden. Dat bleek het geval. Wanneer men gaat rekenen aan de materiaal- en constructiesterkte van gebouwen zit daar al een veiligheidsfactor in van tussen 50% en 100%. Nieuwe constructies zijn in de praktijk dus sterker dan alleen de berekende weerstand tegen de opgegeven belastingen. Anders gezegd: als de maximale belasting waarop een constructie werd berekend wordt overschreden, zal die constructie niet bezwijken.

Samenvattend kan daarom gesteld worden dat de belastingwaarden waarmee de ingenieurs in 2025 nog aan de gebouwen rekenen wellicht 100% hoger zijn dan de eventueel mogelijke werkelijke belastingen door de werkelijk voorkomende aardbevingen in de regio.

Onzekerheid en Risico. (Zie ook https://nl.wikipedia.org/wiki/Risico). Onzekerheid ontstaat wanneer er niet genoeg informatie aanwezig is over een bepaald thema. Onzekerheid is een begrip dat in een groot aantal wetenschappelijke gebieden steeds op subtiel verschillende manieren wordt gebruikt om iets te zeggen over voorspellingen over toekomstige gebeurtenissen, over het onbekende en over grenzen aan de nauwkeurigheid. Onzekerheid is niet meetbaar. In verschillende documenten van het KNMI, de SodM en van verschillende wetenschappers over de Groningse aardbevingen wordt regelmatig gesteld dat men het niet precies wist.

Dit is ook de situatie bij de voorspellingen van aardbevingen (in Groningen), over hoe groot ze kunnen worden en de kans dat ze binnen een bepaalde periode gaan voorkomen. Echter met vaagheden en onzekerheden kan men niet rekenen. Er wordt dan een verhogingsfactor toegepast zoals bij de berekening van de sterkte van bouwmaterialen en constructies. Die onzekerheid kan ook worden gedefinieerd als een risicofactor.

Risico is de kans dat een potentieel gevaar (een mogelijke aardbeving) resulteert in een daadwerkelijke gebeurtenis (de aardbeving) en de ernst van het letsel (overlijden) of de schade (instorten van een gebouw) die dit tot gevolg heeft. In veiligheidstermen is risico altijd negatief, het betreft altijd vraagstukken over ongewenste gebeurtenissen.

Bij de Kinney-methode wordt het risico bepaald door de kans maal de blootstelling aan het gevaar maal het gevolg. De kans op een aardbeving van een gegeven sterkte kan 1 maal in de 50 jaar zijn. De kans dat een gebouw instort hangt af van het type constructie (en de ouderdom). De mate van blootstelling aan het gevaar van een instorting is het grootst als men in een gebouw is. Dat betekent dat een boswachter minder kans loopt dan een persoon die kantoor aan huis heeft. Het gevolg van het instorten van een lichte constructie is misschien een paar builen en schrammen, maar het instoten van een betonnen of bakstenen gebouw overleef je meestal niet.

In risicoanalyses wordt er een getalsfactor toegevoegd aan de berekeningen. Het gemiddelde veiligheidsrisico in de bouwwereld (constructie werk) is 10^{-4}, dat wil zeggen dat er per jaar niet meer dan gemiddeld (statistisch) een dode per jaar mag vallen op elke 10.000 bouwvakkers. Dat is behoorlijk veel. Er worden dus in de bouw vele maatregelen genomen om dat aantal te beperken. Een helm tegen vallende voorwerpen of stoten, schoenen met stalen zolen en neuzen, een bril tegen splinters of lasschade, enz. Bij grote onzekerheden worden grotere risicofactoren toegekend.

Angstgevoelens in Groningen zijn in algemene zin gedocumenteerd door de GGD in samenwerking met het Sociaal Planbureau, maar niet verfijnd naar de oorsprong, zoals waar die angst precies vandaan kwam. Die angstgevoelens resulteren in lichamelijke stress gerelateerde klachten aan zoals, duizeligheid, zweten, beven en zelfs benauwdheid. Ook gedragsmatige symptomen zijn aanwezig zoals concentratie, onrustig gedrag, piekeren, prikkelbaarheid, piekeren. Angstgevoelens zijn in deze context emoties die ontstaan zijn door informatie en hun interpretatie. Die persoonlijke interpretatie hangt af van kennis en ervaring van de ontvanger van die informaties en de impact/status van de boodschapper.

De GGD in samenwerking met het Sociaal Planbureau hebben in de provincie Groningen met onderzoeken de psychologische effecten van de aardbevingen gemeten, waaronder angstgevoelens. Deze onderzoeken uit 2018 en later 2020, toonden aan dat de schade aan huizen en de rompslomp rondom schade en versterking een duidelijk effect hadden op de fysieke en geestelijke gezondheid van bewoners in het bevingsgebied. Ook kinderen en jongeren voelden zich minder veilig. Gedetailleerde numerieke gegevens zijn in de rapporten niet gegeven maar ongeveer 10.000 Groningers die angstgevoelens hebben is hoe je het bekijkt heel veel. Die mensen voelden zich minder veilig als gevolg van de schade veroorzaakt door de aardbevingen en de informatie rondom de ontstane situatie. Zie https://sociaalplanbureaugroningen.nl/aardbevingen/ Zie ook eindnoten [v] en [vi] van Gronings Perspectief en de PECAG.

Ook: Psychosociale impact van de aardbevingen in Groningen een analyse van beschikbare onderzoeken december 2017 https://psychotraumanet.org/sites/default/files/documents/Holsappel-Psychosociale%20impact%20van%20de%20aardbevingen%20in%20Groningen.pdf

Waarvoor waren ze bang? Ze waren bang voor (1) scheuren betekenen gevaar en gedeeltelijk of geheel instorten van de woning met gevaar voor eigen leven. (2) verdere waardevermindering van hun bezit, inclusief de angst dat dit niet vergoed zou worden. Dat het niet geheel vergoed werd, werd ook in de jaren na 2015 duidelijk vanwege de beklemmende procedures van de schadeafhandeling. Dat laatste leverde dan veel stress op. De angstgevoelens konden hoogstwaarschijnlijk gegenereerd of versterkt door de verkeerde en daarmee/misleidende informatie van de NAM, KNMI, de overheden zoals de NCG, en actiegroepen, door de media, afbeeldingen van stutten en versterkingen en informatie kennissen. Per categorie is niet goed vast te stellen hoeveel.

Iemand die iets naars is overkomen, is vaak bang dat iets dergelijks nog eens gebeurt. In Groningen waren er sinds 2006 regelmatig kleine bevingen. Nu eens hier, dan weer daar, de ene meer voelbaar dan de andere. Iedereen wist ook de oorzaak: de gaswinning. Iedereen in Groningen wist dat de gaswinning gewoon doorging, en voelde dat de bevingen sterker werden en vaker voorkwamen. Daar is pas na 2016 verandering in gekomen onder druk van de GBB en na interventie van de SodM richting ministerie EZ.

Het is algemeen bekend dat er bij aardbevingen angst ontstaat, vooral bij zware tektonische bevingen, omdat men niet weet of er bij dit type aardbevingen nog veel of zwaardere na-schokken komen en of er verdere instortingen van de bebouwing plaatst zullen vinden. In Groningen was/is de situatie anders omdat er seismisch gesproken geen zware bevingen waren en er feitelijk niets is ingestort. Maar de onbekendheid (van volwassenen en kinderen) met aardbevingen voor de Groningers, de knallen, scheuren, stutten en misleidende informatie over terugkerende bevingen en ook zwaardere bevingen, is ongetwijfeld een bron geweest en heeft bijgedragen aan die angstgevoelens.

In deze dissertatie wordt betoogd dat de berichtgeving over Mmax door NAM, KNMI, en regelgevende instanties zoals de NEN met de NPR-norm (en de beoordeling van de NCG over onveilige gebouwen) belangrijke factoren waren van de toename van de angstgevoelens. Daarbij is het allereerst belangrijk om vast te stellen of die berichten wel correct waren. De bevolking had geen informatie om de juistheid van die berichten te beoordelen; ze werden geaccepteerd als correct. Niet alleen de bevolking, maar ook de NAM-CVW-NCG-IMG en de SodM en alle ingenieursbureaus die met die gegevens gingen werken en gebouwen versterken. Wanneer de NCG een woning met scheuren na onderzoek beoordeeld als ‘onveilig’, is dat geen geruststelling voor die bewoner en kunnen zijn of haar angstgevoelens sterker worden. En definitief bewijs of onderbouwing van waar de angstgevoelens precies vandaan komen kan dus niet gegeven worden, maar zijn wel begrijpelijk op basis van redenering. Die gegevens waren echter niet correct, maar zwaar overdreven en misleidend. In de dissertatie wordt daarom aandacht besteed aan hoe die extreme waarden ontstonden.



Figuren 8. Voorbeelden uit de media van gebouwen met stutten in de provincie Groningen

Bronnen: Boven: Gebiedsontwikkeling nu; Rechts: Volkskrant; Onder links: Worldpress AD; rechts Libau;

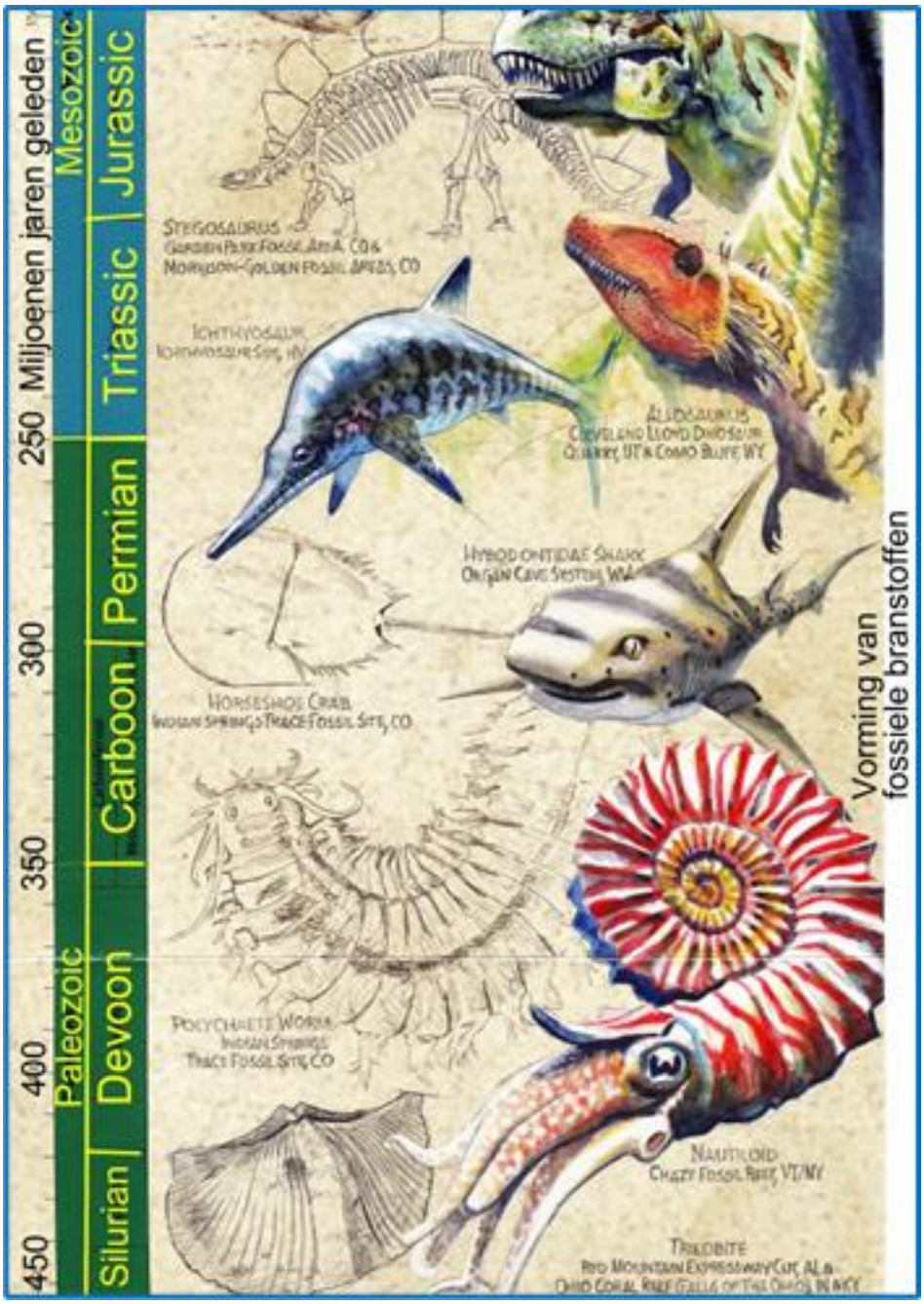


Zo werden er honderden foto's gepubliceerd in veel dagbladen en kwamen die beelden op de TV. Die stutten werden geplaatst omdat er, gezien de zwakte van het metselwerk en de reeds ontstane scheuren er een reel risico was dat er bij volgende (gelijksoortige) bevingen ergere schade zou kunnen ontstaan of zelfs instortingen. Dergelijke visuele beelden hebben een groter impact op de beleving van een persoon dan geschreven tekst en kunnen of zullen daarom sterk bijdragen aan de angstgevoelens van de bevolking. Onzekerheden worden daarmee gevoed van; 'Gaat dat ook met mijn woning gebeuren'. Dergelijke gevoelens worden weer versterkt wanneer de NCG na de beoordeling van de woning stelt dat de woning 'onveilig' is beoordeeld en op de nominatie staat voor sloop en nieuwbouw.

Welke aspecten allemaal hebben bijgedragen aan de onzekerheidsgevoelens van de bevolking zijn niet in detail gespecificeerd in deze dissertatie, maar een aantal aspecten zijn genoemd als mogelijke oorzaken. Verschillende personen zullen naar gelang hun beleving ook op een verschillende manier die angstgevoelens opbouwen. De een door de schrik van de aardbevingsklap, de ander door de ontstane scheuren, de derde door de beelden in de media en weer een andere door uitspraken van belangrijke personen.

Die angstgevoelens waren er veel minder geweest wanneer de NAM direct na de Huizingebeving had gesteld dat ze ervoor zouden zorgen dat er geen grotere bevingen zouden voorkomen, maar dat deden ze niet, integendeel. Er werd gesteld dat het erger zou (kunnen) worden, en dat het nog tientallen tot honderden jaren onrustig zou blijven. Daaroverheen kwam de slechte schade afhandeling die indirect veroorzaakt werd door de zeer hoge schade prognoses vanwege de zwaar overtrokken NPR-rekenwaarden van de prognose PGA. Die laatste waren weer het gevolg van verkeerde Mmax berekeningen en conversies naar die PGA. Dat was allemaal niet nodig geweest als er alleen een PGA acceptabel was bepaald.

****



Figuur 9. Geologische tijdschaal. Bron National Park service USA.
Rottende plantenresten werden ongeveer 300 miljoen jaar geleden samengeperst en vormden later de steenkool en fossiele brandstoffen die we nu in slechts twee eeuwen verbranden voor energieopwekking. Het resultaat is heel veel CO_2-uitstoot, waardoor er een snelle wellicht onomkeerbare klimaatverandering ontstaat, waar de biodiversiteit en de Natuur als eerste slachtoffer van worden. Vervolgens zal de mensheid daar ook slachtoffer van worden door droogte, veel regen, smeltende gletsjers, tornado's, verspreiden van ziektes en virussen, enz.

Voorwoord

Na de aardbeving van 16 augustus 2012 bij Huizinge in de provincie Groningen ontstond er grote beroering onder de Groningse bevolking over mogelijke, toekomstige (nog grotere) aardbevingen. Ook de NAM wilde in detail weten wat er met het huidige gasexploitatiebeleid nog te verwachten was aan aardbevingen en wat er met de Groningse woningbouw gebeuren moest. In dit kader werd de internationale consultant Arup aangesteld die volgens bestaande risico (*Seismic Hazard*) regels een planning maakte, waarbinnen de '*retrofitting*' of seismische versterking van meer dan 100.000 van de ruim 350.000 gebouwen werd voorgesteld.

Echter, in Nederland bestond er bij de bouwwereld geen kennis van seismisch versterken of bouwen en er was zeker geen personeel dat de gigantische taak in korte tijd op zich kon nemen. Dit was de reden dat mij gevraagd werd om Nederlandstalig informatiemateriaal te maken voor het MBO in Groningen zodat er honderden bouwvakkers konden worden opgeleid. Ik voelde mij gestimuleerd om een concrete bijdrage te leveren ter ondersteuning van de Groningse bevolking. Gedurende deze taak (twee jaar vanaf september 2013) heb ik mij verdiept in honderden schaderapporten (bevingen 2012/2014) en de technische aspecten van retrofitting.

De consultants van de NAM hebben in 2012/2013 berekeningen gemaakt op de basis van hun kennis[12 en iv] en de toentertijd aanvaarde rekenmethoden die in 2012 bestonden. Die nieuwe berekeningen kwamen uit op zeer sterk verhoogde maximale aardbevingswaarden (vóór 2012 had de NAM een Mmax 4,1 uitgerekend), die toen Mw 6,0 en 6,5 opleverden en daarmee het theoretisch maximum naar onmogelijke aardbevingssterkten werden verhoogd. Vervolgens werd daarvan een onwaarschijnlijk hoge PGA_h (maximale grondversnellingen) afgeleid.[13]

Slechts slopen en nieuwbouw op *base-isolation* bleven een optie om gebouwen te beschermen tegen die extreem hoge PGA-waarden. Echter, vanuit het MBO, de NAM en de door de NAM gecontracteerde consultants was er nauwelijks interesse voor de door mij gemaakte informatie-modules. Het MBO was niet in staat om zichzelf te organiseren, terwijl de aangeleverde informatie niet strookte met het financiële beleid van de NAM.

S.J. Bourne. [zie eindnoot i] Geeft in 2022 aan dat: *de Mmax de kleinste* ***onmogelijke*** *aardbevingssterkte is.* ***Het is niet de grootste historische magnitude. De Mmax is niet de grootste te verwachten magnitude. Het is geen magnitude met een beperkte return periode. De Mmax is nooit registreerbaar.***

De algemene onderzoeksvraag van deze dissertatie is:
Waarom heeft het hele herstel- en versterkingsprogramma van het Groningse aardbevingsdossier zoveel problemen gehad en waarom is de schade afhandeling voor de bevolking jarenlang zo slecht verlopen met angstgevoelens en stress? Dat leidt tot de vraag over wat de achtergronden waren van de Mmax berekening en superzware PGA-uitkomsten in de NPR. Wat had er wel gedaan moeten worden?

---

[12] In 2004 en 2005 zijn er twee bevingen onder hetzelfde Zechstein-gebied bij Bremen. Quote: "*Das bisher stärkste Beben in Niedersachsen wurde 2004 in Rotenburg/Wümme mit einer Magnitude von 4,5 gemessen. Im Jahr 2005 wurde die Erde in Syke mit einer Magnitude von 3,8 erschüttert*". De diepte van deze bevingen was echter 10 km, waarmee deze als tektonisch geclassificeerd moesten worden en niets te maken hadden met de gaswinning van onder dat Zechstein. Vanwege de diepe Lauwerszee-breuklijn zou het in theorie mogelijk kunnen zijn dat er in de regio Loppersum onder het zandsteen (in het Carboon en dieper) ook een tektonische verschuiving kan ontstaan.

[13] De PGA bij ondiepe aardbevingen (3 km in Groningen) is meestal hoger dan bij vele malen dieperliggende tektonische aardbevingen omdat de schokken uit het hypocentrum zich vrij direct (1 – 3 seconden) bij het epicentrum manifesteren. In Groningen heeft de zachte/natte bovengrond ook een invloed op de PGA.

De driemaal fout

Die berekeningen van de maximale aardbevingssterkte waren op drie manieren verkeerd.

Ten eerste dient men eerst de sterkte van de gebouwen te berekenen en dan vervolgens de aardgasexploitatie daarop aan te passen. Hoe langzamer de gaswinning en hoe beter verspreid over het totale gebied, hoe geringer de bevingen. Om te projecteren dat men doorgaat met de gasproductie tot er vijfmaal zo zware grondversnelling aankomen, waarbij 100.000 woningen van de 327.000 gebouwen zwaar beschadigd gaan worden, waarvan er 10.000 woningen instorten met wellicht honderden doden is onethisch en de uitvoering juridisch laakbaar.

Bij geïnduceerde aardbevingen moet de PGA-acc (acceptabel) bepaald worden aan de hand van de bevolking met hun gebouwen en voor hen acceptabel schadeniveau.
De theoretische M-maximum uitkomsten van berekeningen van geïnduceerde aardbevingen mogen NIET aan de bevolking bekend gemaakt worden.[14]

Ten tweede zat er een door externe consultants (e.g. Ian Smith)[Eindnoot X] gesignaleerde fout in de berekeningen van het Winningsplan 2013 die niet door de NAM of het KNMI werd gecorrigeerd. Daarnaast waren de geringe dikte van het Rotliegend en het effect van het dikkere, taaie Zechstein onvoldoende of niet meegenomen.

Ten derde is de Mmax-berekening nauwelijks relevant omdat de gebouwbelasting wordt berekend op basis van de horizontale grondversnellingen (de aangepaste PGA met a_gS), dus niet met de verticale. De optredende aardbevingssterkte Mw (of de Richterwaarde) kan niet rechtlijnig vertaald worden naar de PGA in het epicentrum. Het Zechstein onder Groningen heeft een belangrijke inzakking-reducerende of -spreidende factor die niet werd meegenomen in de berekeningen.

De periodieke herberekening van de Mmax in Groningen volgde uit steeds nieuwere inzichten en data die men kreeg uit de vele onderzoeken na het begin van de voelbare bevingen. De eerste voelbare bevingen waren al in 1976 (Haren), 1986 (Assen) en 1991 (Middelstum). De bevingen werden zo erg in 2006 (Middelstum) en 2009 (Zeerijp) dat daarop de GBB werd opgericht en de NAM schoorvoetend toegaf dat er een relatie met de gaswinning bestond. De beving van 16 augustus 2012 te Huizinge was het omslagpunt waarna de NAM zichzelf beter organiseerde om gebouwschade te vergoeden en tegelijkertijd maatregelen nam om de gasdruk te reguleren en de bevingen te reduceren. De gebezigde terminologie was ‘voortschrijdend inzicht’.

Voortschrijdend inzicht is de bewoording die sinds 2013 in gebruik was om aan te geven dat men **niet alles precies wist** (en een slag om de arm te hebben) wanneer door de buitenwereld gesteld werd dat de berekeningen of de genomen maatregelen niet deugden. Tot op de dag van vandaag (2025) blijkt er geen voortschrijdend inzicht te zijn ontwikkeld over het ethisch beginsel dat je de maximale geïnduceerde aardbevingen niet moet berekenen of sturen op basis van winstmaximalisatie, maar vanuit het effect op de bebouwing en het belang van de betrokken bevolking. Bij mijnbouw is ook de Natuur een factor waar rekening mee gehouden moet worden.

Een serieus probleem van de berekening van de maximale te verwachten magnitude van de aardbevingen door het KNMI van het Groningse gasveld (de Mmax) was dat deze bijna jaarlijks veranderde, afhankelijk van de productiesnelheid van het aardgas, de kennis over de diepere aardlagen en het inzicht van de rekenmeesters in deze materie.

[14] Niet geheim, maar de Mmax treedt niet/nooit op. Mededelingen daarover worden met grote zekerheid verkeerd begrepen. Bovendien geldt die Mmax alleen bij een ongewijzigd hoog gaswinningsbeleid, dat was niet zo.

Een zeer ongewenst resultaat was dat identieke gebouwen (naast elkaar) of woonwijken die in verschillende periodes beoordeeld werden (vanwege een opnieuw gewijzigde NPR met een lagere PGA-waarde), met totaal verschillende versterkingsregels te maken kregen. Hierdoor ontstond er terecht het gevoel van willekeur en benadeling van een bevolkingsgroep ten opzichte van een andere. Bij de bepaling van een PGA-acc kan dat niet gebeuren.

Em. prof. dr. ir. Mick Eekhout heeft mij vanaf 2020 gestimuleerd om de bouwkundige informatie-modules samen te vatten zodat ze beschikbaar zouden kunnen komen aan de bevolking. Dit heeft geresulteerd in het Burgerboek. Dat is in 2021 gereedgekomen en telt 13 hoofdstukken, samen 500+ pagina's, en heeft meer dan 1500 illustraties.[15] Op basis van mijn gegronde vermoeden over de (fysieke en juridische) onmogelijkheid van zeer hoge PGA_h die eind 2013 gelanceerd werd, ben ik mij verder gaan verdiepen over de mogelijke achtergronden, met als resultaat de huidige dissertatie.

Deze dissertatie heeft drie delen. Deel 1, hoofdstukken 1, 2 en 3 met algemene bevindingen in hoofdstuk 4 over het Burgerboek, en Deel 2 met hoofdstukken 5, 6, en 7 over de Mmax, de PGA en de bepaling van de PGA-acc (acceptabel). Deel 3 omvat de dankbetuiging, mijn Cv en een aantal van de referenties.

Het Burgerboek geeft met duidelijke informatie over de ontstane schade en oplossingen voor retrofitting van de Nederlandse bakstenen woningen bij lichte aardbevingen. Dit Burgerboek werd in 2021 door de NCG aangeschaft, die vervolgens een geheel eigen verzameling van een 30-tal versterkingsadviezen (VA's) heeft gemaakt. Deze 30 VA's werden alleen aan gecontracteerde aannemers ter beschikking gesteld.[16]

Deel 1 geeft onder andere de werkwijze van de NAM en het CVW aan.

Deel 2 is de (niet rekenkundige) beredenering waarom de oorspronkelijke berekeningen van de Mmax niet logisch waren op basis van mijn ervaringen met aardbevingen en de gebouwde omgeving, en waardoor de verschillende versies van de NPR 9998:2015 tot en met 2020 niet klopten.

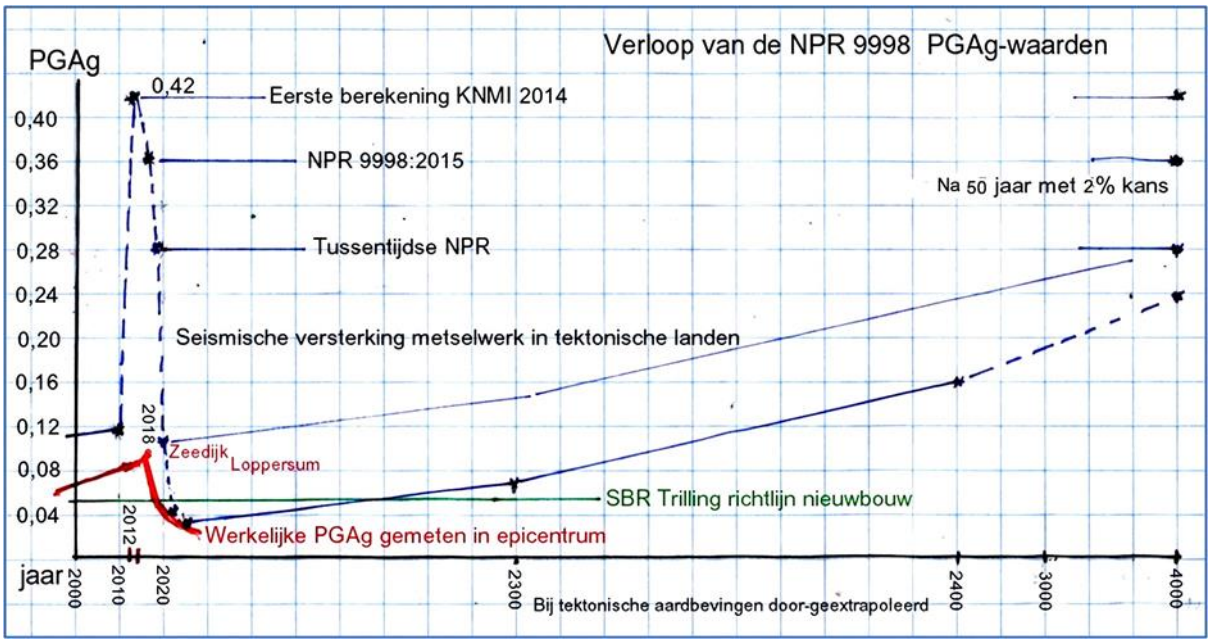
De belangrijkste bevinding of stelling is dat in plaats van de Mmax er een PGA-acceptabel berekend moet worden. Die PGA-acc kan alleen na voldoende retrofitting van duizenden woningen worden aangepast/verhoogd als daar belangrijke redenen voor zijn. Er is in Groningen geen enkele woning ingestort en daardoor niemand overleden. Een verhoogde kans op instortende huizen met fatale ongelukken heeft zich nooit in Groningen voorgedaan, dus in de formele zin is de veiligheid van de bevolking in Groningen nooit in gevaar geweest. Ook heeft de aardbevingsschade de waarde van het woningbezit aangetast, wat in onzekerheid voor de toekomst van de bewoners resulteerde. De hele hoge Mmax-waarden voor de 'binnenkort te verwachten aardbevingssterktes' veroorzaakten waarschijnlijk angstgevoelens onder de bevolking. Dat wil zeggen, niet zozeer dat er een grote klap zou komen, maar meer over mogelijke vervolgschade. Misleidende voorlichting resulteerde in veel stress onder de bevolking en heel veel extra kosten. De stress werd verder verergerd door de slechte schadeafhandeling door de NAM en later enigszins door de NCG en IMG die grotendeels volgens het NAM-beoordelingssysteem werkte.

---

[15] Downloaden van website https://www.nienhuys.info/Aardbevingen-in-Groningen/ De hoofdstukken samen met de basisregels voor seismisch resistent bouwen zijn een basisopleiding op middelbaar schoolniveau, of voor mensen met een middelbare schoolopleiding redelijk te volgen van wat er met een gebouw kan gebeuren tijdens aardbevingen, en hoe het gebouw seismische te verstevigen.

[16] Het zou relevant zijn als deze informatie ook vrijelijk beschikbaar komt aan alle burgers zodat zij toegang tot gedetailleerde bouwkundige tekeningen hebben (per gebouwen typologie) om zelf versterkingsmaatregelen te kunnen nemen. Het Burgerboek is vrij beschikbaar, maar het zijn geen bouwkundig gedetailleerde tekeningen; het gaat om de uitleg van de bouwkundige principes.

Hoe men aan de Mmax, Richter of PGA kwam werd nooit behoorlijk uitgelegd. Nu in 2025 het Groningse veld al dicht is, worden de aardbevingen over het algemeen alleen kleiner en komen minder frequent voor.



Figuur 10. Ontwikkeling van de PGA over de jaren
Begin 2015 werd de PGA_h 0,42g als toekomstige PGA_h in de NPR geponeerd, maar er werd niet bij verteld dat dit sloeg op een gebeurtenis die 2% kans had om eenmaal per 50 jaar op te treden, omgerekend een kans van 1/ 2475 per jaar.[17] De vermeldingen in de NPR blijven voor de leek onduidelijk. De relatie tussen de berekende Mmax en de resulterend PGA_h werd niet uitgelegd.

De hoge Richterwaarden die de media verspreidden kunnen de angstgevoelens versterkt hebben, maar dat is slechts ten dele debet aan de grote tragedie rond het herstelprogramma in Groningen. Die grote tragedie is uitgebreid aan bod gekomen met de rapporten van de GGD en de RUG (2018)[v] en de Parlementaire Enquête Commissie Aardbevingen Groningen (2022). Echter, noch de RUG-wetenschappers, noch de leden van de PECAG hebben aangegeven dat ze consequenties begrepen van de effecten van de te hoge Mmax prognoses (en verkeerde, extreem hoge PGA_h in de NPR) en de ernstige verstoring en vertragingen die deze veroorzaakten in het herstelprogramma.

Omdat de NAM zo weinig mogelijk kosten wilde maken (tientallen miljarden euro's in het geval de 2015 Mmax van de consultants en de KNMI werkelijkheid zou worden), werd de beoordeling van de aardbevingsschade aangepast (foutief beoordeeld) en volgden eindeloze arbitrage-procedures die onnodig miljarden euro's hebben gekost aan inspecteurs, juristen, sloop en nieuwbouw. Omdat het voor de burgers een ongelijke strijd tegen de NAM, het CVW, de NCG en de IMG[18] was (en in 2025 nog steeds is) om hun recht op gebouwherstel of versterking te krijgen, zijn tienduizenden Groningers zwaar benadeeld. Eind mei 2022 zijn er nog 20.000 Groningers met financiële onzekerheden door de schade.

[17] Dit betekent dat er elk jaar een theoretische kans is van 1/2475 dat er dat jaar een dergelijke beving voorkomt. Om S. J. Bourne weer aan te halen. Dat gaat dus nooit gebeuren. De zogenaamde onmogelijke aardbeving. De media namen dit over als de sterkste aardbeving die mogelijk wél ging voorkomen.

[18] Op 6 oktober 2020 zijn er door het IMG 1 miljoen schademeldingen geregistreerd.

Samenvatting

In Groningen wordt al sinds 1970 aardgas gewonnen. Dat aardgas komt uit een laag zandsteen van ongeveer 200 meter dikte (de randgebieden zijn dunner) op ongeveer drie kilometer diepte. Naarmate er meer gas omhoog gehaald wordt, daalt de gasdruk in de poriën van dat zandsteen. De draagkracht van de zandsteenlaag (Rotliegend) is een combinatie van de sterkte van dat zandsteen en de hoge gasdruk. Als de gasdruk in het zandsteen daalt (onder de 150 bar), neemt de druk op het zandsteen toe en begint het zandsteen te verkruimelen en in te zakken. Dat inzakken gebeurt schoksgewijs (eerst de zwakste plekken) en veroorzaakt aardbevingen. Iets preciezer: rechtstandig inzakken begint met een valbeweging, dus een naar beneden versnelde beweging onder invloed van de zwaartekracht. Vervolgens stopt de inzakking abrupt: de stop is een meestal grotere versnelling in tegengestelde richting van de valrichting. Het is te vergelijken met een steen die op de grond valt. Deze versnellingen worden ook aan het aardoppervlak gevoeld. Aan het oppervlak ontstaan verticale schokken en ook horizontale vanuit het epicentrum. De horizontale component is belangrijk, want huizen zijn vooral erop gebouwd om de verticale zwaartekrachtversnelling (gewicht/massa) te weerstaan. Boven op het zandsteen bevindt zich een bijna een kilometer dikke zoutlaag (Zechstein) die het snelle inzakken iets voorkomt en dempt, maar niet helemaal opvangt.

Dit alles is niets bijzonders: overal waar stoffen als steenkool, ijzererts, olie, gas en water uit de ondergrond gehaald worden, treden bodemdalingen en aardbevingen op. Zulke, door menselijke activiteiten veroorzaakte, aardbevingen noemen we ‘geïnduceerde’ aardbevingen. Die zijn ook in Groningen veroorzaakt door de gaswinning. Op plekken waar heel veel gas (snel) uit de grond wordt gehaald gaat de gasdruk in het gesteente plaatselijk extra snel omlaag, en ontstaan er meer aardbevingen.

De eerste beving die met de gaswinning samenhing, trad al in 1976 op, maar pas in 2012 kwam er een relatief grote beving (Richter 3,6) nabij Huizinge. De NAM beweerde dat ze hier niet op gerekend had en gaf het KNMI de opdracht om uit te rekenen wat er nog zou kunnen komen. Ondertussen voerde de NAM de gaswinning op, zonder dat dit direct bekend werd.

De consultants hebben kennelijk een rekenmodel gehanteerd dat vooral gebaseerd was op zogenaamde tektonische aardbevingen, of combinatie van tektonisch en geïnduceerde. Die tektonische bevingen ontstaan doordat tientallen kilometers dikke aardplaten losschieten als ze in horizontale richtingen over of langs elkaar schuiven. Dat veroorzaakt grote horizontale versnellingen diep in de aarde, die aan de oppervlakte gevoeld worden. Het kan ook dat de plooi in een licht geplooide aardlaag steeds sterker geplooid wordt, tot het gesteente breekt en terugveert, waarna een verticale breuk ontstaat. Na zo’n beving duurt het een tijd voordat er, door het gestaag voortbewegen van de aardkorst, weer zo’n grote beving komt. Deze types komen niet voor in Groningen.

Het KNMI kwam in 2013 tot een verwachte waarde voor die maximale horizontale grondversnellingen die wel vijfmaal zo groot was als de verticale bij Huizinge. Iedereen met enig bouwkundig benul en kennis van aardbevingen had zich kunnen realiseren dat dit inhield dat ongeveer 100.000 huizen in de provincie Groningen gedeeltelijk zouden instorten, met vele doden als gevolg. Met andere woorden, een ramp te vergelijken met de Watersnoodramp van 1953. Sommige Groningers met gescheurde woningen vreesden mogelijk voor instortingen bij verdere bevingen. Naar eigen ervaring en gesprekken met Groningers.

De consultants berekenden zelfs dat een beving van 4.000 maal zo sterk als de Huizinge-beving tot de mogelijkheden behoorde (de vrijkomende energie, namelijk een magnitude 6 in plaats van 3,6). Dat zou hooguit mogelijk zijn geweest als overal in de provincie Groningen tegelijkertijd de hele zandsteenlaag een flink stuk zou instorten, of een grote diepere tektonische breuk wordt geactiveerd. Vervolgens heeft men royale ‘veiligheidsmarges’ aangehouden.

De berekeningen waren op basis van onvoldoende gegevens, geëxtrapoleerd en gebaseerd op tektonische methodes waarbij meerdere en extra hoge onzekerheidsmarges werden aangenomen en doorgerekend lang voorbij het opraken van het aardgas. Pas met de documentatie die in 2022 vrijkwam met de PECAG kwamen via de Wet op Openbaar Bestuur (WOB) oude gegevens boven tafel die meer informatie gaven over de (foute/tekort schietende) rekenmethodes die de consultants in 2013 toepaste. [Eindnoot xii.]

Het resultaat was vergelijkbaar met een 'voorspelling' dat toekomstig verkeer op een woonerf of een binnenstedelijk gebied zich met vliegtuigsnelheid zal voortbewegen. Immers, 4.000 maal de hoeveelheid bewegingsenergie van een voertuig met een snelheid van 15 km/u correspondeert met een snelheid van bijna 950 km/u. Iemand die dergelijke 'voorspellingen' over het verkeer doet, zou niet serieus genomen worden, maar dat gebeurde wel met de nieuwe berekeningen van de Mmax.

Tabel 3. Tabel vergelijking verkeer en gaswinning.

Niveau 0	Geen **verkeer**, geen ongelukken door verkeer.	Hoeveelheid en snelheid **gaswinning** is nul, dus geen aardbevinggerelateerde gebouwschade**.**
1	Verkeer in een gebied zonder bebouwing of mensen. Weinig risico op persoonlijke ongelukken.	Gaswinning in een gebied zonder bebouwing of mensen. Weinig schaderisico voor gebouwen.
2	Meer verkeer in een gebied met veel bebouwing en bewoning. Veel risico op ongelukken.	Gaswinning in een gebied met veel bebouwing en bewoning. Veel schaderisico voor gebouwen.
3 De NAM	Sneller verkeer in een gebied met veel bebouwing en mensen. Veel meer ongelukken risico.	Snelle gaswinning in een gebied met veel bebouwing en mensen. Veel meer schaderisico voor gebouwen.
4	Nog veel sneller verkeer in een gebied met veel bebouwing. Nog meer en groter ongeluk risico.	Nog veel snellere gaswinning in een gebied met veel bebouwing. Nog meer en groter schaderisico.
5. Dit was gedaan.	Berekenen hoe hard de allersnelste auto's kunnen rijden en daarmee theoretisch de zwaarst mogelijke ongelukken berekenen.	Gaswinning maximaliseren tot snelle uitputting van het gasveld, en daar de zwaarst mogelijke aardbeving uit berekenen. Veel instortingen van gebouwen.
6. Taak wetgever	Snelheid van voertuigen sterk beperken in de bebouwde kom en verkeersregels vaststellen om verkeersongelukken te voorkomen.	Snelheid van gaswinning laag houden en regelen om grote bevingen en daarmee schade aan woningen te voorkomen (en slachtoffers veroorzaken).





Figuren 11. Vergelijking verkeer en gaswinning.
Dit type auto kan 400 km/uur, maar dat mag nergens op de openbare weg. Om die maximumsnelheid als rekenbasis voor het stadsverkeer aan te nemen is onzinnig.

Behalve aardbevingen veroorzaakte de aardgaswinning ook bodemdalingen/compactie, en daarmee een relatieve verhoging in de grondwaterstand, die indirect van invloed was op de fundamenten van woningen en de landelijke en stedelijke water- en riool-infrastructuur.

Het zou toen verstandig geweest zijn om de onttrekking van het gas zo vlug mogelijk te stoppen, totdat zekerheid over de seismische verwachtingen was verkregen. Dit gebeurde niet, integendeel. Had men dat gedaan, dan was eerder ontdekt dat deze door gaswinning geïnduceerde bevingen heel anders zijn dan tektonische bevingen en dat bij niet al te snelle gaswinning de klap bij Huizinge nauwelijks overtroffen zou worden. In landen waar veel aardbevingen voorkomen gaat men ervan uit dat instortingsgevaar, dus kans op dodelijke ongelukken, pas dreigt bij bevingen met ruim tweemaal zo grote grondversnellingen als bij de Huizingebeving.

Het is een correct beleid dat schade vergoed wordt en het gebouw hersteld. Dat herstellen zou zo moeten gebeuren dat kleine toekomstige bevingen geen schade meer veroorzaken. Bij het herstellen kunnen ook achterstallig onderhoud en bouwfouten aangepakt worden en woningen verduurzaamd worden (betere isolatie). Een ruimhartig beleid zou een fonds hebben opgezet om deze extra's te financieren; als de verbeterde woning dan later verkocht werd, zou de lening van het fonds kunnen worden terugbetaald. Dat is allemaal niet gebeurd.

Een typisch voorbeeld van een ingreep om toekomstige schade te voorkomen, is de vervanging of verwijderen van zware gemetselde schoorstenen. Bij het schudden van de woning kunnen die afbreken en vallen, met kans op fatale ongelukken.

Het beleid was niet (sociaal of juridisch) correct. Men mikte enerzijds op gebouwversterking, zodanig dat de uitgerekende (denkbeeldige) extreem krachtige aardbeving geen instorting zou veroorzaken. Anderzijds probeerde de NAM van alles om de ontstane schade te ontkennen en uitsluitingen te stellen. Schade aan de fundamenten van huizen werd niet eens bekeken. Overige schade werd slechts cosmetisch gerepareerd, en de kosten van procedures zoals overleg, inspecties en rapporten door schade-experts en contra-experts, arbitrage en dergelijke bedroegen wel driemaal het bedrag dat uiteindelijk aan de reparaties zelf werd besteed.

In de loop der jaren werden de Mmax 'voorspellingen' aangepast, met het curieuze gevolg dat door de veranderende verwachtingen bij exact dezelfde en dicht bij elkaar gelegen woningen totaal verschillende maatregelen werden genomen: eerst werden de scheuren cosmetisch weggewerkt, een jaar later werden andere woningen als *total loss* beschouwd, omdat ze niet bestand zouden zijn tegen toekomstige extreme bevingen. Weer later werden dezelfde type woningen alleen wat gerepareerd, omdat bij de te verwachten minder sterke bevingen het huis zou blijven staan, **maar dan wel zwaar beschadigd**.

De auteur schreef eerder een naslagwerk van ruim 500 pagina's bedoeld om burgers en kleine aannemers te helpen om de woningen te verbeteren zodat die minder of geen schade zouden oplopen bij kleine bevingen (het Burgerboek). In dat werk staat weinig over waarom de prognoses van het KNMI of de consultants fout waren en hoe en waarom de NAM (met goedkeuring van de overheid) het een en ander ondoelmatig aanpakte. In deze dissertatie worden die achtergronden uiteengezet. Ook wordt ingegaan op de rol van de media het aanjagen van angstgevoelens.

Het in 2021 gemaakte Burgerboek[19] geeft inzicht in de aardbevingsproblematiek van de Groningse woningbouw, maar niet waarom de Mmax van de consultants, het KNMI en de NAM en de daaraan gekoppelde PGA_h zo hoog bleven.

[19] Dit Burgerboek is vrij beschikbaar op www.nienhuys.info Pagina 2, Aardbevingen Groningen.

Deze dissertatie geeft een (beknopte) analyse over verschillende achtergrondaspecten die een rol speelden bij het herstelprogramma in Groningen, aspecten die niet door de Parlementaire Enquête Commissie Aardbevingen Groningen (PECAG 2020-2021) [vi] boven tafel zijn gekomen. Het Burgerboek is bouwkundig, en heeft betrekking op de lichte aardbevingen (PGA kleiner dan 0,2g) en grotendeels zonder complexe berekeningen. Er wordt wel in aangegeven hoe men eenvoudige statische berekeningen kan maken.[20]

Voor het Nederlandse type baksteen laagbouw zijn geen ingewikkelde elastische of dynamische berekeningen nodig.[21] De hoofdzaak is om de juiste vorm, verbindingen en sterkte-vlakken in een gebouw te hebben, om te voorkomen dat het instort. Seismisch bestendig bouwen is gebaseerd op het principe dat het gebouw net niet instort[22] en men na de aardbeving het gebouw levend kan verlaten. Voordat er een volgende beving plaatsvindt kan men dan het gebouw verlaten of bij een lange tussenpoos het gebouw versterken of 'retrofitten'.

De achtergrond van de zeer hoge NPR 9998:2015 PGA_h-waarde, of de problematiek om de informatie over te brengen via het Middelbaar Beroeps Onderwijs (MBO) of de NAM is in het Burgerboek bewust niet meegenomen. In deze dissertatie is het NPR 9998:2015 probleem wel behandeld, waarbij grote vraagtekens worden gezet over hoe men aan de doorgeschoten Mmax en PGA_h-waarden is gekomen. De economische en politieke/sociale aspecten zijn weggelaten. Hierover hebben sinds 2018 het RUG en sinds 2020 de Parlementaire Enquête Commissie Aardbevingen Groningen (PECAG)[23] uitgebreid gerapporteerd. [eindnoot v]

Deze dissertatie behandelt de volgende aspecten:

- De mogelijke oorzaken van de verkeerde Mmax en PGA-berekeningen, die door de NAM en speciale commissies (NEN, Meijdam) en sinds 2014 door de media werden overgenomen. Beter inzicht over deze informatie zou moeten leiden tot een betere kennis van de werking van de diepe ondergrond, zoals de interactie tussen de dunne aardgashoudende zandsteenlaag (Rotliegend) en het dikke Zechstein. Sinds 2012 zijn er erg veel onderzoeken gedaan, waarbij het Groningse gasveld ongeveer het best bestudeerde gasveld ter wereld is.
- Een vergelijking wordt gegeven tussen de relatief kleine geïnduceerde aardbevingen in de provincie Groningen en zware tektonische aardbevingen in de wereld. Die vergelijking laat zien hoeveel verschillen er zijn, maar de Nederlandse media publiceerden regelmatig berichten over zware aardbevingen van dezelfde magnitude als de prognose Mmax. Dat kon leiden tot angstgevoelens bij Groningers die al scheuren in hun woning hebben over wat hen nog binnenkort te wachten stond.

---

[20] Omdat de feitelijke seismische belastingen in Groningen laag bleven, ruim onder de PGA_h 0,2g waarboven seismisch versterken in aardbevingslanden noodzakelijk is, is het relevant om voor de doelgroepen de principes van seismische schade en bouwkundig versterken eenvoudig uit te leggen op basis van voorbeelden. Hierdoor kan zowel de bouwwereld als de woningeigenaar zich een beeld vormen over hoe de schade is ontstaan en wat eraan gedaan kan worden, zoals het opheffen van seismische risico's, aanpassingen van de gebouwvorm, fundering- en muurherstel en verschillende vormen van versterking.

[21] De aardbevingsbelasting op een gebouw wordt bepaald op basis van de horizontale PGA_h, grondsoort (met de $PGA_h = a_gS$), de elasticiteit van het bouwsysteem, de hoogte en de belangrijkheid van het gebouw.

[22] In veel situaties van net niet ingestort is het gebouw dan economisch wel 'total loss' en moet gesloopt worden. Dat is echter een situatie die de Groningse bewoner helemaal niet wil. Die wil in de eerste plaats veilig blijven wonen. Als de gevolgen van kleine aardbevingen (scheuren in muren of verzakkingen van gebouwen) tijdig kosteloos kunnen worden gerepareerd, en er compensatie voor de geleden schade wordt gegeven is dat geen probleem.

[23] De NAM maakte er een gewoonte van om van alles te ontkennen. Op 8-11-1963 stelde Willem Meiberg al dat er door de gaswinning bodemdaling zou optreden. Ofschoon dat al 50 jaar bekend was uit de USA ontkende de NAM (Exxon en Shell) dit, maar ging wel aanvullende metingen en onderzoek doen.

- Een beschouwing wordt gegeven over de geologische aspecten van het ongeveer 200 meter (dunne) Rotliegend, de zandsteenlaag waar het aardgas in is opgesloten, en het daarboven liggende ongeveer 1000 meter dikke Zechstein, de gasdichte zoutsteenlaag. Het effect van die dikke zoutsteenlaag op de instortingen van het onderliggende zandsteen wordt toegelicht, waarbij wordt gesteld dat het zoutsteen een nivellerend en dempend effect heeft op de instortingen van het zandsteen.
- Wat men weet van tektonische bevingen kan niet zonder meer worden toegepast op geïnduceerde aardbevingen. [vii]
- Het Burgerboek geeft een aantal suggesties en oplossingen over hoe men de gebouwen kan beschermen tegen de aardschokken en hoe ze te verstevigen ter voorkoming van extra schade. In deze dissertatie wordt aangegeven dat de NAM[24] en het CVW foute maatregelen namen (afwijzen funderingsschade of 'eigen gebrek') om de financiële consequenties voor de NAM te beperken. Deze methode werd gevolgd door de CVW en in grote mate overgenomen door de NCG en later door het IMG, die honderden juristen in dienst namen die als een machtsblok tegenover de woningeigenaars kwamen te staan.
- Enkele hoofdstukken geven een lijst van aanbevelingen en wat er wel had moeten gebeuren. Een belangrijke maatregel zou de instelling van een financieringsfonds zijn geweest waaruit algemene gebouwschade (voor)gefinancierd werd en de noodzakelijke verduurzaming. De afbetaling zou dan kunnen geschieden bij de verkoop of overdracht van het gebouw dan een aanzienlijke meerwaarde heeft ten opzichte van het gebouw van voor de aardbevingsschade.

De conclusie in deze dissertatie is dat theoretische wetenschappers of mijnbouwbedrijven de door hen berekende Mmax niet mogen verspreiden als publieke informatie. De Mmax-informatie is bijna onbegrijpelijk voor de media en de burger en helemaal niet relevant bij geïnduceerde aardbevingen. Immers, deze mijnbouwprocessen kunnen gestuurd worden door menselijk handelen.

De KNMI had een Mmax 6,0 uitgerekend en daar een PGA_h aan geplakt. Het is mogelijk dat die onmogelijke Mmax mooi was uitgerekend, maar die PGA_h die daar dan bij hoorde niet. Het seismische probleem voor de bouw begon met die PGA_h-kaart. De opgegeven waarde van PGA_h 0,42g in 2014 zou catastrofale gevolgen hebben als dat waar was. Er zijn wel vijf momenten geweest waarbij de NAM tot het inzicht had kunnen komen om de Mmax 6,0 niet te publiceren.

1. De opdracht van de NAM naar de KNMI om de zwaarst mogelijke Mmax te berekenen, na de aardbeving van 16 augustus 2012 te Huizinge.
2. De rekenresultaten van de KNMI die teruggekoppeld werden naar de NAM.
3. De beoordeling van de KNMI-rekenresultaten door de SodM op 16 januari 2013.
4. De beoordeling van de externe consultants op het nieuwe Winningsplan 2013
5. De publicatie naar de media van de nieuw uitgerekende Mmax door de NAM.

Echter, de maximale toelaatbare seismische belasting op de gebouwen moet bepaald worden, zodat er geen excessieve schade optreedt; dit is de PGA-acc (acceptabel). Tegelijkertijd moet actie ondernomen worden om zwakke gebouwen voldoende en tijdig seismisch te versterken (retrofitten) zodat er nergens instortingsgevaar of excessieve schade ontstaat.[25] Dit laatste werd in zekere mate gedaan door het wegnemen van hoogrisico elementen zoals de bakstenen schoorstenen.

[24] Tot en met 31 maart 2017 zijn er 95.000 schademeldingen geweest.

[25] Excessief is in de ogen van de bewoner. Dit zal verschillen naar de kennis en begripsvorming van die bewoner. Wanneer de bewoner weet dat de schade niet erger wordt en binnen het jaar de woning wordt opgeknapt of versterkt, op kosten van de schadeveroorzaker, zal deze niet gauw in de stress raken.

Bij geïnduceerde aardbevingen moet de PGA-acc (acceptabel) bepaald worden aan de hand van de bewoners met hun bebouwing en een voor hen acceptabel schadeniveau.[26]

Daarnaast zullen de kosten van herstel en versterking volledig door de mijnbouwindustrie en overheid op reële en ruimhartige wijze vergoed moeten worden. Aan dat laatste mankeerde heel veel in Groningen, waarbij voor elke euro aan bestede kosten slechts 25% aan feitelijke bouwkundige herstelwerkzaamheden werd uitgegeven, dat dan ook nog heel vaak verkeerd werd uitgevoerd met slechts cosmetische reparaties. Tot aan 2020 werd ongeveer driekwart van de kosten besteed aan rapporten, juristen en administratie.

Het is te hopen dat de wetenschappers lering kunnen trekken uit de verzamelde onderzoeken en kennisontwikkeling van diepliggende gasvelden en dat er nieuwe, goede en rechtvaardige regels gemaakt kunnen worden voor de beheersing van geïnduceerde aardbevingen. Om dit te bereiken is een mentaliteitsverandering (paradigmaverandering) noodzakelijk, **ook internationaal.**

****



Figuur 12. Voortschrijdend inzicht

Echter, als echter de bewoner wordt wijsgemaakt dat er **binnenkort nog veel zwaardere aardbevingen** gaan komen (is gebeurd), en dat er eindeloos onderhandeld moet worden over de geleden schade op basis van foute rapporten (is gebeurd, en nog steeds), en het jaren duurt voordat er iets gebeurt (is ook al zo), en dat wat er gebeurt helemaal geen seismische versterking is (is vaak geconstateerd), dan wordt die bewoner financieel benadeeld en in een grote uitzichtloze stress gejaagd. Dit laatste is het lot van tienduizenden Groningers (ook in 2025 nog steeds).

[26] Een belangrijk punt is de aanvaardbaarheid. In de eerste plaats zal de bewoner de garantie willen hebben dat er niets instort. De aanvaardbaarheid ligt aan de vorm en waarde van de compensatie of het herstel en verbetering van het gebouw. Over het algemeen wordt de Natuur niet aangetast door lichte aardbevingen. Bij mijnbouw en de daarmee gepaard gaande bodemdaling is de situatie anders. De Natuur en de biodiversiteit kan sterk worden veranderd door mijnbouw, bijvoorbeeld als het gaat om de bodemdaling op land, ook op zee. Door compactie zal de bodem lager zakken en zal de grondwaterstand relatief stijgen of zal bij eb de bodem in de Waddenzee onder het laagwaterniveau komen. Verandering van grondwater en het zeeniveau hebben beide grote gevolgen voor de Natuur.

De gasvelden lopen door onder de Waddenzee. Door binnen enkele jaren de zeebodem te verlagen zullen grote delen van de voedselvoorziening voor vogels en zeeleven verdwijnen. De Wadden kunnen zich binnen honderd jaar niet herstellen. Bovendien is er al een verhoging van het zeeniveau door de klimaatverandering. Mijnbouw naar delfstoffen kan leiden tot het verwijderen van eeuwenoude bossen, die daarna helemaal niet kunnen terugkeren.

De mijnbouwindustrie voor fossiele brandstoffen is de oorzaak van de uitstoot van CO_2 wanneer die brandstof wordt verbrand om energie op te wekken. Deze CO_2-uitstoot veroorzaakt opwarming van het milieu en klimaatverandering. De snelheid waarmee de temperatuur in de wereld stijgt is zo groot dat de Natuur of de biodiversiteit zich niet kan aanpassen. De mijnbouwindustrie moet daarom direct met de productie van de fossiele brandstof de CO_2-uitstoot volledig compenseren.

Summary

Natural gas has been extracted in Groningen since 1970. The natural gas is contained in a layer of sandstone (Rotliegend) about 200 meters thick (the border regions being thinner) at a depth of approximately three kilometres. As gas is extracted, the gas pressure in the porous sandstone decreases. The carrying capacity (pressure resistance) of the sandstone layer is a combination of the strength of the sandstone and the high gas pressure. As the gas pressure drops (below 150 bar), the pressure on the sandstone increases and the sandstone begins to crumble and collapse. The collapse happens in shocks (the weakest spots first) and these shocks cause earthquakes. Slightly more precise: collapsing starts with a falling movement, meaning a downward accelerated movement under the influence of gravity. The collapse then stops abruptly: the stop is usually a greater acceleration in the opposite direction. It can be compared to a stone falling to the ground. If the collapsing movement is not exactly vertical, it also produces a horizontal movement. These accelerations are also felt at the Earth's surface. Vertical and horizontal shocks occur at the surface, the epicentrum. The horizontal component of the shock wave is important because houses are mainly built to resist the vertical acceleration of gravity ("weight/mass"). Above the sandstone (Rotliegend) there is approximately a one-kilometre-thick salt-rock layer (Zechstein), which does not dampen the shockwave very much.

All this is nothing special: wherever substances such as coal, oil, gas and water are extracted from the subsurface, subsidence/compaction and earthquakes will occur. Such earthquakes caused by human activities are called "induced" earthquakes, as is the case in Groningen caused by the gas extraction. In places where a lot of gas is extracted (quickly) from the ground, the gas pressure in the rock decreases extra quickly in that area, causing more earthquakes.

The first earthquake related to gas extraction occurred in 1976, but it was not until 2012 that a relatively large earthquake (Richter 3.6) occurred near Huizinge. The NAM claimed that it had not expected this event and instructed its consultants and the KNMI to calculate what might happen next. In the meantime, NAM increased gas extraction, without this immediately becoming known.

The consultants apparently used a calculation model mainly based on so-called tectonic earthquakes, or a combination of tectonic and induced earthquakes. These are caused by tens of kilometres thick tectonic plates breaking loose when pushed over or past each other in horizontal directions. This causes large horizontal accelerations deep in the earth, which are felt on the surface. After such an earthquake, it takes a while before another large earthquake occurs due to the steady movement of the earth's crust.

In 2013, the KNMI arrived at an expected value for these horizontal ground accelerations that was five times greater than the vertical PGA_v at Huizinge. Anyone with any architectural knowledge and knowledge of earthquakes could have realized this meant that approximately half of the houses in the province of Groningen would collapse, resulting in many deaths. In other words, a disaster many times more serious than the flood disaster of 1953 in Zeeland in The Netherlands. Many Groningen residents feared for their lives. The KNMI even calculated that an earthquake 4,000 times stronger than the Huizinge earthquake was possible (from Mw 3.6 to Mw 6). At most, this would have been possible if the entire sandstone layer had collapsed significantly everywhere in the province of Groningen and all of it at the same time. Subsequently, the data was extended much beyond the exhaustion of the gas production and on top of that generous "safety margins" were maintained.

The calculations were based on insufficient data, extrapolated and on tectonic methods that assumed multiple and extra high uncertainty margins and long periods beyond the depletion of the gas. Only after the Parliamentary Inquiry Commission Earthquakes Groningen (PECAG) used the Public Administration Act (WOB) to obtain and release documentation in 2022, did old data emerge.

This provided more information about the (incorrect/deficient) calculation methods that the KNMI applied in 2013. [Endnote V]

The result was comparable to a "prediction": that future traffic in a residential area, or an inner-city area, will move at aircraft speed. In other words, 4,000 times the amount of kinetic energy of a vehicle traveling at 15 km/h corresponds to a speed of almost 950 km/h. Someone who makes such "predictions" about traffic would not be taken seriously, but that is what happened with the KNMI estimates.

Tabel 4. Comparison traffic and gas exploitation.

Level 0	No **road traffic** and no risk of traffic accidents.	No gas extraction and **no earthquake building damage**.
1	Traffic in an area without buildings or people. Little risk of building damage or personal accidents.	Gas extraction in an area without buildings or people. Little risk of building damage.
2	More traffic in an area with many buildings and people. A high risk of accidents.	Gas extraction in an area with many buildings and people. A high risk of building damage.
3 NAM did.	Very fast traffic in an area with many buildings. A higher number risk of accidents.	Very fast gas extraction in an area with many buildings. A higher number risk of building damage.
4	Much faster traffic in an area with many buildings. Much higher risk of accidents.	Much faster speed of gas extraction in an area with many buildings. Much higher risk of building damage.
5. This was done	Calculate how fast the fastest vehicle can drive and theoretically calculate what the largest possible accidents can be as a result.	Maximize the gas extraction for rapid terminating the gas field, and on that basis calculate the most severe earthquakes possible. A lot of building damage and collapse.
6. What the law requires.	Greatly limit the speed of traffic in the build-up or urban area and set traffic rules to limit traffic accidents.	Keep the speed of gas extraction low to avoid large earthquakes and with that limit the damage to the buildings (causing victims).



Figures 13. Comparison traffic and gas exploitation.
This vehicle can drive 400 km/hour, but that is not allowed on public roads. To use such a high speed as a basis for urban traffic is ridiculous.

In addition to earthquakes, natural gas extraction causes land subsidence/compaction, and thus changes in groundwater levels, which indirectly affected the foundations of houses and the national water and urban sewer infrastructure.

It would have been wise at that time to have stopped the extraction of the gas as quickly as possible, until certainty about the KNMI expectations had been obtained. This did not happen.

On the contrary, they increased production. Earthquakes induced by gas extraction are very different from tectonic earthquakes. If gas extraction was not carried out too quickly, the shock at Huizinge would hardly be surpassed. In countries where earthquakes occur frequently, it is assumed that the risk of collapse, and therefore the risk of fatal accidents, only occurs in the event of earthquakes with ground accelerations more than twice as great as from the Huizinge earthquake.

It is correct policy to compensate for damage and repair the building. This repair should be done in such a way to ensure small future earthquakes no longer cause damage. During repairs, overdue maintenance or even construction errors can also be addressed, and houses can be made more sustainable (better insulation). A generous policy would have been to establish a fund to finance these extras. If the improved house was later sold, the fund loan could be repaid. None of that happened.

A typical example of an intervention to prevent future damage is the replacement of heavy masonry chimneys. When the house shakes, these can break off and fall, with the risk of fatal injuries.

The policy was incorrect (both socially and legally). On the one hand, the aim was to strengthen the building to prevent collapse during the expected, extremely powerful earthquake. On the other hand, NAM tried to deny any damage that had already occurred. Damage to the foundations of houses was not even considered. Other damage was only repaired cosmetically, and the costs of procedures, such as consultation, inspections and reports by damage experts and counter-experts, arbitration and the like, amounted to as much as three times the amount ultimately spent on the repairs themselves.

Over the years, the consultant's “predictions” were adjusted, with the curious consequence that completely different measures were taken due to changing expectations for the same type and closely located houses: first the walls were cosmetically repaired, a year later other (similar) type houses were considered a total loss because they would not be able to withstand future extreme earthquakes. Later, the same type of houses was only slightly repaired, because the house would remain standing if the expected less strong earthquakes occurred. The house would be substantially damaged, though.

The author previously wrote a reference paper of more than 500 pages intended to help citizens and small contractors to improve homes so that they would suffer less or no damage in the event of small earthquakes (the Citizen's Book). The paper contains little information about why the KNMI forecasts were wrong and how and why the NAM (with the approval of the government) tackled this ineffectively. This dissertation explains those backgrounds. In addition, the role of the press in inciting fear is discussed.

The Citizen’s Book[27] provides insight into the earthquake problems of Groningen housing, but not why the Mmax and the associated PGA_h remained so high. This dissertation provides a (brief) analysis of various technical background aspects which played a role in the recovery programme in Groningen, aspects which were not identified by the Parliamentary Inquiry Committee on Earthquakes in Groningen (PECAG 2020-2021) Footnote 18.

The Citizen’s Book is architectural and relates to minor earthquakes (PGA_h smaller than 0.2g) and is without complex calculation. It indicates how to make simple static calculations. No complicated elastic or dynamic calculations are required for the low-rise type of brick housing. The key is to have the right floorplan, shape, connections and strength areas in a building to prevent it from collapsing.

---

[27] The Citizen’s book is currently only available in Dutch on www.nienhuys.info page 2.
The illustrated document *FEAR and SAFETY* is a short resume of this aspect of the dissertation. It is available in English on the same website page.

The background of the very high NPR 9998:2015 PGA_h standard and the problem of transferring the information via the Middle Level Technical Education and the NAM have deliberately not been included in the Citizen's Book to limit its size. This dissertation does address the NPR 9998:2015 problem, which raises major questions about how the excessive Mmax and PGA_h values were arrived at. However, the economic and political/social aspects have been omitted.

Members of the Rijksuniversiteit Groningen (RUG) and since 2020 the Parliamentary Inquiry Committee on Groningen Earthquakes (PECAG) have reported extensively on this political issue.

In addition, this dissertation covers background issues in the creation of the Citizen's Book and the seismic reinforcement options. When the NAM stated at the end of 2013 that the maximum PGA over a period of 5 years could increase from vertical PGA_v 0.085g (Huizinge 2012) to five times that acceleration value with a horizontal PGA_h of 0.42g, this was not (logically) understandable.

This dissertation covers:

- The possible causes of the incorrect Mmax and PGA calculations by the KNMI, which have been adopted by the media, the NAM, and special committees (NEN, Meijdam) since 2014. Better insight into this information should lead to better knowledge of the functioning of the deep subsurface, such as the interaction between the natural gas-containing sandstone layer (Rotliegend) and the Zechstein. Since 2012, many studies have been conducted, with the Groningen gas field being approximately the best-studied gas field in the world.
- A comparison is given between the relatively small, induced earthquakes in the Province of Groningen and major tectonic earthquakes in the world. That comparison is apparently unjustified, but the Dutch media regularly published reports about major earthquakes of the same magnitude as the forecast Mmax, thus frightening the Groningen population about what soon awaited them.
- A consideration is given of the geological aspects of the approximately 200-meter (thin) Rotliegend, the sandstone layer in which the natural gas is trapped, and the approximately 1000-meter-thick Zechstein, the gas-tight salt-stone layer lying above it. The effect of that thick salt-stone layer on the collapses of the underlying sandstone is explained, stating that the salt-stone has a levelling and dampening effect on the collapses of the sandstone.
- What is known about tectonic earthquakes cannot simply be applied to induced earthquakes. Endnote vi
- The Citizen's Book provides several suggestions and solutions on how to protect buildings against earthquakes and how to strengthen them to prevent additional damage. This dissertation indicates that the NAM and the CVW took incorrect measures (rejecting foundation damage and/or inherent defects) to limit the financial consequences for the NAM. This method was followed by the CVW and largely adopted by the NCG and later by the IMG, which employed hundreds of lawyers who acted as a power block against the homeowners.
- Some chapters provide a list of recommendations and what should have been done. An important measure would have been the establishment of a financing fund from which general building damage would be (pre)financed. Repayment could then be made upon the sale or transfer of the building, which would have a significant added value compared to the building before the earthquake damage.

The conclusion of this dissertation is that theoretical scientists and mining companies should not have distributed the calculated Mmax as public information. Such information will be and was misunderstood by the media and the public. The Mmax information is irrelevant for induced earthquakes as the mining processes can be controlled by human action. There were at least five moments when the NAM could have concluded not to publish the Mmax 6.0.

1. The assignment from the NAM to the KNMI to calculate the heaviest possible Mmax, after the earthquake of 16 August 2012 in Huizinge.
2. The calculation results from the KNMI that were fed back to the NAM.
3. The assessment of the KNMI calculation results by SodM on 16 January 2013.
4. The assessment of the external consultants on the new Winningsplan 2013 (the 2013 plan for the gas exploitation).
5. The publication to the media of the newly calculated Mmax by the NAM.

The maximum allowable seismic load on the buildings must be determined to prevent excessive damage from occurring. This is the PGA-acc (acceptable). At the same time, action must be taken to sufficiently seismically strengthen weak buildings (retrofitting) so there is no risk of collapse. The latter was done to some extent by removing high-risk elements such as the brick chimneys.

For induced earthquakes, the PGA-acc (acceptable) must be determined on the basis of the for the population acceptable damage level, with their buildings. [28]

In addition, the costs of repair and reinforcement should be reimbursed by the mining industry and government in a realistic and generous manner. There was a lot wrong with the latter in Groningen, where for every euro in costs spent, only 25% was spent on actual structural repair work (often carried out incorrectly with only cosmetic repairs). Until 2020, approximately 3/4th of the costs was spent on reports, lawyers and administration.

It is hoped that scientists can learn from the collected research and knowledge development of deep gas fields and that new, good and fair rules can be made for the control of induced earthquakes. To achieve this, a paradigm change is necessary, **also** i**nternationally.**

****

[28] An important point is acceptability. First, the resident will want to have a guarantee that nothing will collapse. Acceptability depends on the form and value of the compensation or the repair and improvement of the building. In general, Nature is not affected by minor earthquakes. In the case of mining and the associated subsidence/compaction, the situation is different. Nature and biodiversity are affected by the mining industry, such as when the subduction of the land or sea is concerned. For example, due to compaction, the soil will settle lower, and the groundwater level will rise (relatively), such as the floor in the Wadden Sea will come below the low tide level. Changing groundwater and sea level both have major environmental consequences.

The gas fields continue under the Wadden Sea. By lowering the sea floor level within a few years, large areas of food supply for birds and sea life will disappear. The Wadden Sea will be unable to recuperate within a hundred years. In addition, the sea level is already rising due to climate change. The fossil fuel mining industry is the cause of the emission of CO_2 when that fuel is burned to generate energy. These CO_2 emissions cause environmental heating and climate change. The rate of the temperature rise is so fast that Nature cannot adapt. The mining industry with the production of the fossil fuel should therefore immediately and fully compensate for the CO_2 emissions.



Figuur 14. Een van de eerste boorgaten bij 't Haantje 3 december 1965 met spuiter als resultaat.

In de buurt van Ten Boer ligt de locatie Ten Boer-1, de locatie die al in 1955 werd aangeboord en de NAM maar moeilijk onder controle kreeg en vervolgens al aardgas leverde aan de stad Groningen.[29] De oorspronkelijke gasdruk in het zandsteen was ongeveer 350 bar, maar de spuiter bij Ten Boer zal aan het oppervlak een lagere druk hebben gehad. De spuiter van 't Haantje was nog moeilijker onder controle te krijgen en resulteerde in een borrelende modderpoel (foto).
Bron foto: Theo van der Deen geavanderdeen01@gmail.com

[29] Bron: pagina 49 uit Publicatie Rijksoverheid. 'Van gas naar geschiedenis?' Een inventarisatie van de fysieke erfenis van de gaswinning van het Groningenveld. Pagina 19 van het document onder Bevingen en Bodemdaling: *De NAM stelt echter dat er niets zal gebeuren*. Het bedrijf laat echter wel vertrouwelijk onderzoek doen op basis waarvan ze in 1967 een bodemdaling tot anderhalve meter verwachten. Pas begin 1972, na de publicatie van een rapport, is de bodemdaling voorpaginanieuws. Dan verwacht men één meter bodemdaling in 2000.

DEEL 1

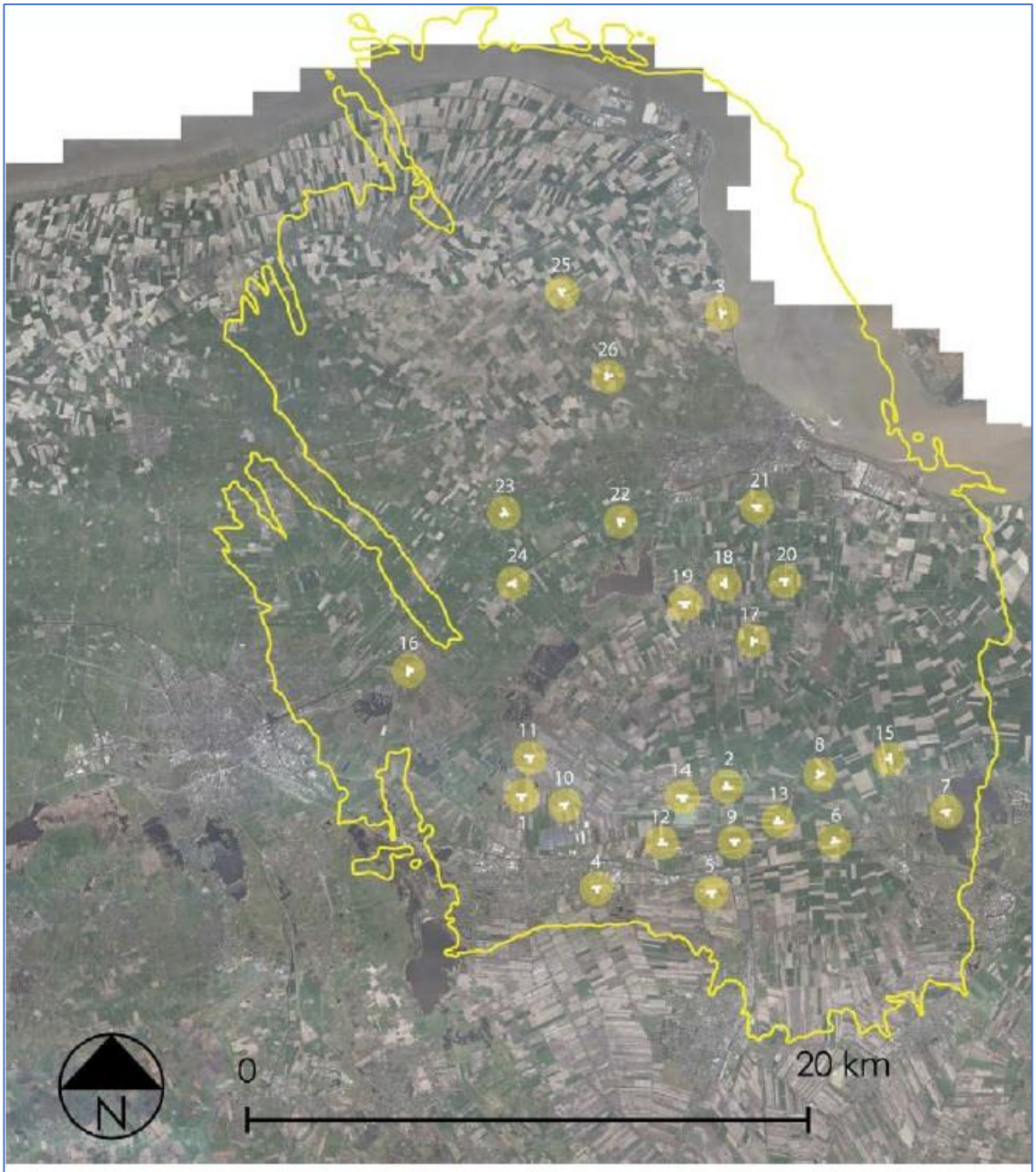
Hoofdstukken 1 tot en met 4

Hoofdstuk 1. Achtergrondpolitiek

Hoofdstuk 2. Ontwikkeling van het Burgerboek

Hoofdstuk 3. De schadeafhandeling

Hoofdstuk 4. De bestaande kennis van het seismische resistent bouwen



1.	Slochteren (1960)	8.	Nieuw-Scheemda (1965)	15.	Zuiderpolder (1970)	22.	Overschild (1972)
2.	Noordbroek (1962)	9.	Uiterburen (1965)	16.	Eemskanaal (1970)	23.	Ten Post (1972)
3.	Bierum (1963/1975)	10.	Froombosch (1966)	17.	Oudeweg (1970)	24.	De Paauwen (1973/1985)
4.	Sappemeer (1964)	11.	Kooipolder (1966)	18.	Tjuchem (1971)	25.	't Zandt (1974)
5.	Tusschenklappen (1965)	12.	Spitsbergen (1966)	19.	Siddeburen (1971)	26.	Leermens (1974)
6.	De Eeker (1965)	13.	Scheemderzwaag (1966)	20.	Schaapbulten (1971)		
7.	Midwolda (1965)	14.	Zuiderveen (1966)	21.	Amsweer (1971)		

Figuur 15. Productielocaties Groningen 2020. Publ. Rijksoverheid. 'Van gas naar geschiedenis?'

Hoofdstuk 1. Achtergrondproblematiek

Het eerder gemaakte Burgerboek *Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen* is gebaseerd op het van september 2013 tot augustus 2015 geproduceerde informatie-materiaal (voor het MBO) over seismisch resistent bouwen en versterken van de Groningse baksteen woningbouw samen te voegen tot een enkel document.[30]

Het Burgerboek heeft vooral betrekking op de lichte aardbevingen (PGA_h kleiner dan 0,2g). Er wordt in aangegeven hoe men eenvoudige statische berekeningen kan maken. Voor het type baksteen laagbouw zijn geen ingewikkelde elastische of dynamische berekeningen nodig.[31] De hoofdzaak is om de juiste verbindingen en sterktevlakken in een gebouw te hebben om te voorkomen dat het instort. In het Burgerboek zijn de complicaties van de te hoge Mmax met de te hoge NPR 9998:2015 PGA weggelaten; deze staan in deze dissertatie. Ook zijn de economische en politieke/sociale aspecten weggelaten. Hierover heeft het PECAG begin 2022 uitgebreid gerapporteerd. zie eindnoot v

De bedoeling van het Burgerboek is om inzicht te geven in de aardbevingsproblematiek van de Groningse woningbouw. Deze informatie is gebaseerd op al tientallen jaren bekende internationale seismische kennis en is een vertaling, borging en relevante onderbouwing van de seismische technologie voor de gemiddelde architect, ingenieur, schade-inspecteur, Bouw en Woning Toezicht, aannemer en bouwvakker, maar ook voor de woningeigenaar zelf.

Die theoretisch uitgerekende Mmax van de NAM-KNMI-consultants was veel te hoog, maar werd wel de basis voor alle herstelactiviteiten vanaf 2014 tot aan 2020. Vanwege de verkeerde normstelling (PGA_h 0,42g), die begin 2015 met de NPR 9998:2015 officieel werd gepubliceerd, liep het herstelprogramma in Groningen grote vertraging op en kostte onnodig honderden miljoenen euro's extra[32]. Uiteindelijk bleek in 2020 dat er ongeveer 10 miljard euro extra kosten gemaakt moeten worden om de sociale schade te compenseren.

De eerste tien jaar van de gaswinning uit het Slochterenveld (vanaf 1975) zijn daar vrijwel geen bevingen geregistreerd. Tot 1986 werden er in Groningen bijna geen voelbare aardbevingen waargenomen vanwege de gaswinning.

Er werden wel metingen gedaan van de mini-inzakkingen, waaronder elastische compactie.[33]

---

[30] Dit was volgens suggestie van emeritus prof. dr. ir. Mick Eekhout om de bouwkundige informatiemodules samen te vatten zodat de informatie hierin beschikbaar zou komen. Het ombouwen van die modules naar een samenvattend boek heeft een groot gedeelte van de Covidtijd in beslag genomen. Ook heeft Mick Eekhout er bij de NCG op aangedrongen om een aantal van de draft exemplaren te bestellen voor het NCG-personeel. Immers, de NCG richtte zich op het versterken van woningen. Het Instituut Mijnbouwschade Groningen (IMG) had geen belangstelling voor het boek, omdat ze na het lezen van de titelpagina vonden dat het toch vooral over versterken ging.

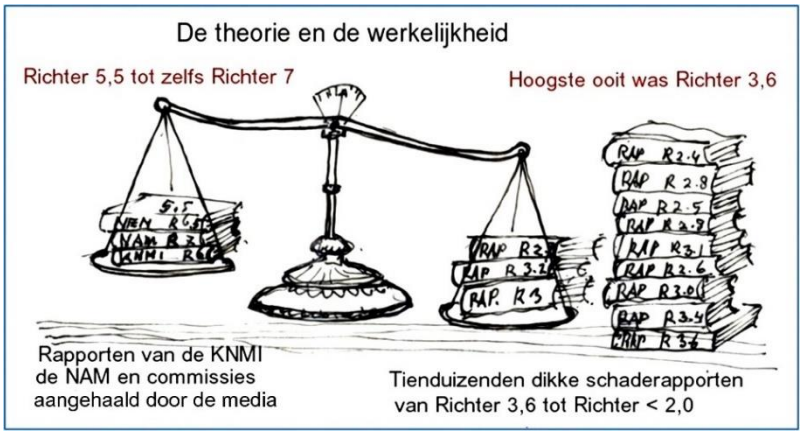
[31] De berekening van de aardbevingsbelasting op een gebouw wordt bepaald door de PGA, grondsoort (samen met de PGA = a_gS), de elasticiteit van het bouwsysteem, de hoogte en de belangrijkheid van het gebouw.

[32] In vergelijking met de meer dan 20 miljard die het versterken van alle gebouwen zou kosten is dat gering. Maar in vergelijking met de versterking tegen de werkelijke PGA was het veel geld. Er werden ook een groot aantal dure experimenten en tests uitgevoerd, die erg interessant waren voor de bouwondernemers en onderzoekers, maar die nauwelijks een bijdrage waren aan de herstelactiviteiten.

[33] Gesteentes (ook zandsteen) zijn beperkt elastisch en kunnen buigen. Wanneer er drukverhoging op het zandsteen plaats vindt (omdat de gasdruk minder wordt) dan kan het zandsteen elastisch indrukken of vervormen. Dat is weinig, maar over 200 m dikte kan het vele centimeters zijn. Daarnaast zullen de meest poreuze gedeeltes inzakken. Samen levert dat de compactie op.

In Nederland zijn sinds 26 december 1986 (Assen met een beving kleiner dan Richter 1,5)[34 en viii] geïnduceerde aardbevingen een fenomeen.

Wanneer de bevingen groter zijn dan Richter 1,5 worden ze door mensen gevoeld.[ix] De aardbevingen zijn sinds 1986 over de jaren langzaamaan in sterkte en frequentie toegenomen. Ook het metingnetwerk werd steeds meer uitgebreid, vooral na de Huizinge 2012 beving. Lees over de vroegere geschiedenis van de Shell en de NAM in het boek *De aarde en het gas* van Sam Gerrits, 2020.[x]



Figuur 16. Theorie en de werkelijkheid.
Sinds 2013 werden er nieuwe theoretische berekeningen gedaan die in hele hoge Mmax en PGA-waarden resulteerden. De werkelijkheid toonde een heel ander verhaal. De KNMI wist dat het niet om tektonische bevingen ging. De enige manier om tot de hoge prognoses te komen is via het beginsel van de Gutenberg-Richter constante. Maar dat beginsel is niet van toepassing op de situatie in Groningen waar geen aardplaten over elkaar heen schuiven, maar de bevingen ontstaan door het inzakken van het zandsteen, veroorzaakt door de winning van gas. Ook was er geen voldoende kennis van het gedrag van de relatief dunne zandsteenlaag in combinatie met het dikke taaie Zechstein.

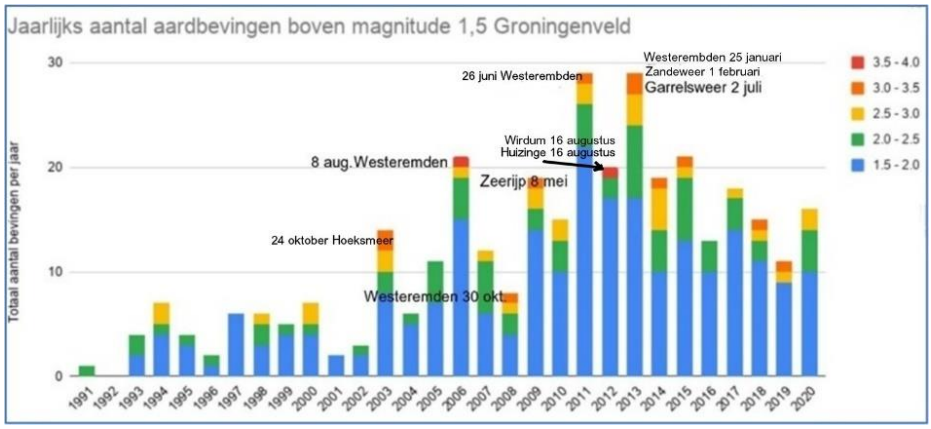
Op 8 augustus 2006 was er te Westeremden (Richter 3,5) een tweede flinke schok met slechts 414 schademeldingen, die de gemoederen in de provincie Groningen sterk beroerde.[35] Na een vrij rustige periode, wel met een paar bevingen (die weinig schade veroorzaakten) kwam op 16 augustus 2012 een dubbele klap in Huizinge (Richter 3,6 met PGA_v 0,085g) waar in eerste instantie meer dan 2.200 schademeldingen uit voortkwamen. Hierop stelde de NAM een nieuw onderzoek in naar de sterkte van de mogelijke toekomstige bevingen. Uit dat onderzoek kwamen in 2013 onwaarschijnlijk hoge Mmax-waarden (groter dan Richter 6,0 met horizontale PGA_h 0,42g), zijnde meer dan 4.000 maal de totale energie (Mw) van de beving bij Huizinge Richter 3,6 met PGA_v 0,085g, dus met een vijfmaal hogere horizontale grondversnelling; **feitelijk een 8 maal hogere horizontale versnelling.**

De vijfmaal hogere prognose werd in de eerste NPR 9998:2015 kaart (januari) aangegeven zonder enige indicatie over de kansen. De informatie over '2475 jaar' betreft kennelijk een zogeheten '*mean return period'*, en geeft voor de lezer die niet is doorkneed in de theorie van Poisson-processen de onzinnige indruk dat er voorspellingen over de komende 2475 jaar worden gedaan. Het betekent dat de geschatte kans 1/2475 per jaar bedraagt. Zie de begrippen in het begin.

---

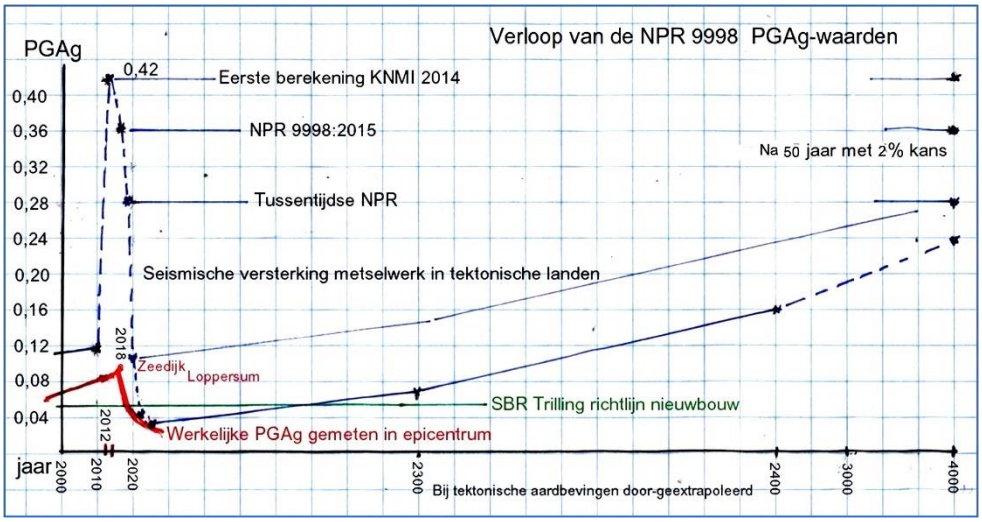
[34] De eerste goed voelbare beving was in 1976 door Meent van der Sluis die boven op een gasbel woonde geregistreerd. Zie het boek *De aarde en het gas* van Sam Gerrits hoofdstuk 34. Eindnoot ix Sam Gerrits heeft gedetailleerd onderzoek gedaan en uitvoerig aangetoond dat de NAM wel degelijk vanaf de eerste exploitatie wist van bodemdaling door gaswinning en de mogelijke aardbevingen als gevolg.

[35] Na de beving in Zeerijp werd op 6 november 2009 de Groninger Bodem Beweging (GBB) opgericht, met het doel de belangen van de behartigen van inwoners die directe of indirecte aardbevingsschade hadden.



Figuur 17. KNMI-overzicht van aardbevingen 2009-2020.
Aardbevingen groter dan Mw of Richter 1,5 sinds 1990. Met toegevoegd de grootste met datum. Bron KNMI, met de tekst van de aardbevingen met een sterkte groter dan Mw of Richter 3,0 toegevoegd.

In Nederland was men niet bekend met aardbevingen en woningen waren nooit ontworpen op dit type belastingen. Oude woningen van vóór de Tweede Wereldoorlog, die (1) niet op basis van recente bouwverordeningen zijn geconstrueerd liepen veel schade op en (2) woningen met slechte funderingen en veel grote ramen extra werden getroffen. De Nederlandse bouwwereld wist weinig tot niets af van deze problematiek en bijscholing op dit thema blijkt in 2012 hoogstnoodzakelijk.



Figuur 18. De veranderende PGA-waarden van de NPR 9998 tussen 2014 en 2020.
De 5X hogere prognose werd in de eerste NPR aangegeven zonder te vermelden binnen hoeveel jaar en met hoeveel kans. Deze waarde werd steeds veranderd. De werkelijk gemeten PGA is vele malen lager.

Bij de iets later voorgestelde PGA_h 0,36g uit de tweede NPR 9998:2015 zouden in de provincie Groningen ongeveer 100.000 woningen van de 327.000 gebouwen in de provincie zwaar beschadigd zijn met wel 10.000 instortingen en honderden doden; een nationale ramp. Op basis van deze onwaarschijnlijke projecties werden in 2013 wel de eerste versterkingsplannen door Arup gemaakt.

De oorspronkelijke informatiemodules (samengevat in het Burgerboek) leggen op een redelijk eenvoudige manier uit waarom er aardbevingsschade optreedt aan de typische Nederlandse baksteen en lage woningbouw en hoe deze bouw te versterken. ‘Redelijk eenvoudig’, omdat gebruik wordt gemaakt van echte situaties die in de provincie Groningen werden aangetroffen en ruim geïllustreerd, met niet al te technische tekeningen. Ook redelijk eenvoudig, omdat de wetenschappelijke publicaties (in het Engels) niet begrijpelijk zijn voor het algemene publiek of de bouwvakker of de Doe-het-Zelver. Sommige publicaties waren bovendien vertrouwelijk.

- Het Burgerboek *Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen* richt zich op de maatschappij en de getroffen burgers in het bijzonder. Het omvat een verklarende woordenlijst (Hoofdstuk 1) en nog twaalf hoofdstukken over de belangrijkste aspecten en technische maatregelen voor het seismisch versterken van de typen gebouwen die in de provincie Groningen voorkomen. Het hoofdstuk 12 gaat over het verduurzamen van de woning.[36] Het hoofdstuk 13, het laatste in het Burgerboek, is een op verkeersborden geïllustreerde samenvatting van de 'Basisregels voor Seismisch Versterken'.

  Dit verduurzamen van de te versterken of nieuw te bouwen woningen kwam na 2013 niet snel van de grond; een gemiste kans voor Groningen. Zelfs nieuwbouw wordt op bijna dezelfde soort plattegrond gerealiseerd, slechts de isolatie is beter. Het gebrek aan een voor de woningeigenaren en -coöperaties toegankelijke financieringsstructuur is hier debet aan.

  Het Burgerboek is in de eerste plaats een nieuwe manier van communiceren met de doelgroep-bevolking, waar geen wetenschappelijke instelling tot nog toe goed in is geslaagd, specifiek voor de Nederlandse context. De innovatieve seismische versterkingsmethoden om bij aardschokken de mogelijke schade afdoende te beperken worden in deze dissertatie samengevat. De NAM-engineering wilde die innovaties niet (verder) ontwikkelen. Zelfstandige bedrijven konden dat doen op eigen risico.

  Belangrijk is te beseffen dat er veel informatie over seismisch resistent bouwen wereldwijd beschikbaar is, maar dat dit niet in het Nederlands is, en al helemaal niet in eenvoudig te begrijpen teksten.[37] Iemand die zich wil verdiepen in de problematiek van de aardbevings-schade aan Nederlandse woningbouw zal weinig materiaal kunnen vinden. Enkele (Engelstalige) rapporten, maar geen samenvattend werk over de specifieke problematiek van de Groningse bouw en de opties voor herstel of versterking. Dat is wat het Burgerboek wel tracht te doen.

  De Eurocode 8 of de NPR 9998 geeft de verschillende rekenmethoden aan om de seismische belasting op gebouwen te berekenen. Hoewel de Eurocode 8 volledig toepasbaar is voor Nederland, ontbrak er tussen 2014 en 2022 een realistisch Nederlands PGA-kaartje of informatie over hoe men retrofitting van bakstenen woningen moest realiseren.

- Deze dissertatie beschrijft de achtergrondproblemen bij het tot stand komen van het Burgerboek en de seismische versterkingsopties. Er wordt verhaald waarom bepaalde zaken niet werden gerealiseerd. Toen eind 2013 door de NAM gesteld werd dat de dat de maximale grondversnelling in een periode van vijf jaar kon oplopen van verticaal 0,085g (Huizinge 2012) tot horizontaal 0,42g, dus een vervijfvoudiging, was dit onbegrijpelijk voor iemand met een brede seismische achtergrondkennis.

  De berekeningen waren op basis van weinig gegevens, geëxtrapoleerd en gebaseerd op tektonische methodes waarbij meerdere en extra hoge onzekerheidsmarges werden aangenomen en doorberekend voorbij het einde van de gaswinning. en zeer lange periodes,

[36] Meer en recentere informatie over verduurzamen, met name de thermische isolatie en warmtepompen, staat in de collectie documenten op de eerste pagina van website www.nienhuys.info 'Isoleren en verduurzamen'.

[37] Dat wil zeggen, voor mensen met een basiskennis van bouwkunde. Het gaat er dus niet alleen om het vertalen vanuit het Engels naar Nederlands, maar vooral om het begrijpelijk te maken zonder veel formules en toe te passen op de oude en nieuwe Nederlandse woningbouw, zodat de bouwwereld de problemen begrijpt en het verband met de eigen praktijk kan leggen. Eenvoudige tekeningen of schetsen zijn een toelichting op de tekst en de tekst bij die tekeningen is vaak een herhaling van wat er ook in de tekst staan. Tenslotte wordt in elk hoofdstuk over een gebouwonderdeel de link gelegd naar de andere gebouwonderdelen en hoofdstukken.

eeuwen voorbij het opraken van het aardgas. Ingewijden wisten misschien dat het hier slechts indicaties waren van de jaarlijkse kans op zulke gebeurtenissen.

De ontwikkelingen die volgden op de veel te hoge Mmax[38] met grondversnellingen[39] tot PGA_h 0,42g en PGA_h 0,36g vertraagden het hele herstelprogramma en resulteerden in honderden miljoenen euro's aan onderzoeken. Dit groeide later uit tot miljarden euro's aan sociale compensaties.

Om kosten te besparen maakte de NAM haar eigen regels over wat aardbevingsschade was.[40] Funderingen kunnen op veel verschillende manieren schade ondergaan waarbij ook de wisselende grondwaterstand een belangrijke factor is. Dat maakt zulke schades moeilijk te beoordelen. Daarom sloot de NAM (en later het CVW) de beoordeling van funderingen uit.[41]

Het resultaat daarvan was veel arbitrage, veel meer kosten en een gestreste bevolking die zonder de door hen gewenste seismische versterking of funderingsherstel bleef. In deze dissertatie worden suggesties gedaan voor een betere procedures voor gebouwherstel en langetermijn-financiering. De PECAG, [eindnoot v] analyseert echter hoofdzakelijk de financiële politiek en de sociale consequenties.

Deze dissertatie geeft aandacht aan de problematiek van de hoge NPR-PGA-waarden sinds 2014. Deze vinden haar oorsprong in berekeningen voor het herziene Winningsplan 2013.[42] Er worden in dat rapport[xi] verschillende productiescenario's voor de uitputting van het gasveld uitgerekend (respectievelijk 40, 30 en 20 miljard m^3/jaar) en daarbij de mogelijk theoretisch Mmax (en de maximale PGA), waarin de volgende fouten of onlogische gedachten en berekeningen zitten:

a. Ondanks de steeds groter wordende bevingen en gebouwschade maakte de NAM-plannen voor het hoogste tempo (meer dan 40 miljard m^3/jaar) gasexploitatie, terwijl men al wist dat bij minder gasextractie (of een vlakkere productie)[43] de bevingen in sterkte[44] snel minder zouden worden. Er werd wel aangegeven hoe de aardbevingen in sterkte en frequentie verminderd kunnen worden, maar scenario's voor de laagste productie (10 miljard m^3/jaar of

---

[38] Veel berekeningen gaan over de Mmax bepaling. Van de verschillende Mw-waarden wordt de PGA afgeleid. De gashoudende zandsteenlaag in Groningen ligt overal ongeveer even diep (3 km) is er is daardoor enigszins een vaste relatie tussen de optredende magnitude van de bevingen en de PGA aan het oppervlak.

[39] Die berekeningen zijn dus verticale grondversnellingen, maar kwamen als horizontale grondversnellingen in de NPR terecht. **Een misconcept voor de gebouwberekeningen.**

[40] Schadebureaus werden financieel vergoed door de NAM, maar tegelijkertijd geïnstrueerd hoe ze schade moesten beoordelen. Veel éigen gebrek' en geen funderingen. Bureaus die te veel bevingsschade goedkeurden verloren hun contract met de NAM of het CVW. Schadebureaus die te veel A en B-schades registreerden kregen geen contact verlenging.

[41] Eerst door instructies aan de schade-inspecteurs (van de NAM), daarna instructies aan het CVW (Centrum Veilig Wonen, waarvan de hoofdaandeelhouder Arcadis is, die weer een grote aannemer was van de NAM). In de duizenden schade-rapporten van woningen werden de problemen met de funderingen niet meegenomen. In een aantal situaties verspraken de schade-inspecteurs zich naar de woningeigenaren over de instructies van de NAM en het CVW. Voor een aantal monumenten werden wel de funderingen versterkt of op *base-isolation* gezet, maar dat waren uitzonderingen. Voor gewone woonhuizen werd er niet naar de funderingen gekeken. Dat blijkt ook uit de duizenden schaderapporten. Het zou zinvol zijn om alle schade-inspecteurs die ooit voor het CVW gewerkt hebben onder ede te laten verklaren wat hun werk- en rapportage-instructies waren.

[42] Dit was anno november 2013 een confidentieel (Engels) rapport dat niet beschikbaar was voor het publiek of de pers. Daardoor kon men dus ook niet concluderen hoe de NAM aan de hoge PGA_h-waarden was gekomen.

[43] Vlakker kan betekenen constant met dezelfde snelheid onttrekken of druk nivelleren. Om een vlakkere productie te realiseren wordt gas van de zomerproductie tijdelijk opgeslagen in zoutwinningsholtes van het Zechstein.

[44] In sterkte, de Richterwaarde, niet in frequentie. Bij verdere uitputting gaat de frequentie of aardbevingsdichtheid van kleine bevingen verder omhoog.

geen productie)[45] waren niet doorgerekend. De intentie van de NAM in 2012 was om het gasveld snel[46] en volledig[47] te exploiteren.[48] [en xii] Bij de bepaling van Mmax van 6,0 in 2013 werd het allerzwaarste scenario in de toekomst bepaald, verhoogd met onzekerheden.

b. Met de eerste berekeningen werd er mogelijk vanuit gegaan dat door de bevingen in het Rotliegend gedeelte, ook spanningen in de grote, diepliggende Lauwerszee geologische breuk (in het Carboon-Devoon) zouden kunnen vrijkomen. Hierdoor zouden er tektonische aardbevingen kunnen ontstaan die een veel grotere magnitude zouden hebben dan de kleine geïnduceerde bevingen.[xiii] Dit zou echter een optie kunnen zijn bij productie maximalisatie, waardoor er ook al grotere geïnduceerde bevingen zouden voorkomen. Dat laatste zou sowieso juridisch al niet toelaatbaar zijn.

c. De exponentiële verhoging van de verticale PGA-sterkte was onder andere gebaseerd op het principe van de 'Gutenberg-Richter-constante' die tot 2014 ook scheen te gelden voor de geïnduceerde aardbevingen.[49] Echter, er is in Groningen waarschijnlijk een bovengrens aan die constante. Met elke zwaardere aardbeving begint de cyclus opnieuw, maar als het gas opraakt stopt die cyclus. In 2012 waren er inclusief de Huizingebeving 8 bevingen geweest sinds 2000 van magnitudes tussen de 3 en 3,5, dus 0,67 per jaar. Als de Gutenberg-Richter-constante in Groningen 8 is (zoals eerst gemeten), zou dat betekenen ongeveer 0,01 beving per jaar met magnitude tussen 5 en 5,5 in de hele periode tussen 2012 en 2112 als de gaswinning onverminderd doorgaat. Dat is onrealistisch, want zo lang gaat de gaswinning niet door. Bij een druk regulerende gasproductie geldt de Gutenberg-Richter-constante niet.

d. Berekeningen zijn gemaakt op basis van het in éénmaal tegelijk instorten van het hele reservoirgesteente (partitiecoëfficiënt 100% van 150 km^2) of een lange breuklijn, resulterend in een Mmax Richter 6,5. Dit is bij een breedte/dikte verhouding van 50 km : 0,2 km (=200:1) niet mogelijk. De 100% optie bestaat eigenlijk alleen bij aardlagen waar de breedte/hoogte verhouding kleiner of gelijk aan 2:1 is. Deze fout was al in het Winningsplan 2013 vermeld, maar niet opgevolgd.[xiv] De TNO-AGE [xv] analyse nam een partitiecoëfficiënt aan van 1/1000 van de NAM-KNMI aanname. Dit wil zeggen dat de totale hoeveelheid vrijkomende energie 1/1000 is van die bij magnitude 6,5, met andere woorden magnitude 4,5. Dit is een volle magnitude meer dan die van de beving bij Huizinge in 2012, met andere woorden 32 maal zoveel energie die vrijkomt door het inzakken van zandsteen.

---

[45] Een lage productie of zelfs geen productie kwam niet in de denkwereld van de NAM op. De doelstelling was zo snel mogelijk zo veel mogelijk gas produceren en zoveel mogelijk geld verdienen. Dat de NAM de bevingen moest beheersen tot onder een bepaald PGA-sterkteniveau werd niet besproken.

[46] De doorlopende onderhoud- en exploitatiekosten worden hierdoor verkort.

[47] Eind 2012 zat er nog voor ongeveer 150 miljard euro aan gaswaarde in het veld (tarief 2012).

[48] Topman Shell Ben van Beurden zegt op 6 februari 2016 in een interview net de NOS nog; "*Ik pomp alles op wat ik kan oppompen.*" Minuut 6:35 van de video. Eindnoot xi

[49] De Gutenberg-Richter-constante stelt dat er een relatie is tussen de frequenties. Bijvoorbeeld dat er per ongeveer elke 8 of 10 bevingen van een sterkte M = n, er een beving van M = n+1 optreedt. Gedurende de jaren tot aan 2012 kon een dergelijke constante ook uit het bevingspatroon van Groningen gehaald worden. Bij een continu proces van zowel tektonische bevingen als constante gasproductie zou dit opgaan. Echter, door de daling van de gasdruk en verlaagde productiesnelheid geldt die GR-constante dan niet meer.

e. Men dient niet de zwaarst mogelijke aardbeving te berekenen, maar de gebouwsterkte en de voor de bevolking toelaatbare schade. Dit laatste hangt af van de (financiële) compensatie. Dan pas kan de maximaal aanvaardbare aardbevingssterkte berekend worden. Vervolgens moet daaraan de gasexploitatie op aangepast worden. Meer dan 30 jaar doorrekenen is irrelevant voor de Groningse geïnduceerde bevingen, want die kunnen per direct verminderd worden bij het stoppen van de gasextractie. Rekenmodellen die van een langere continuïteit dan 15-20 jaar uitgaan (Poisson, Gutenberg-Richter) zijn daarom niet relevant. De hoge Mmax resulteerde in de veronderstelde hoge PGA. De seismische sterkte van de woningen, gecombineerd met de PGA-max resulteert in het mogelijk risico van instorten, of het veronderstelde seismische gevaar (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA*).[50]

   Gevaar (hoge Mmax en PGA_h), kwetsbaarheid (zwak gebouw) en risico (instorten) zijn aan elkaar gerelateerd of aan elkaar verbonden of liggen in elkaars verlengde.[xvi] De resulterende berekeningen van het seismische risico bij de Mmax zijn daarom ook niet relevant.[51] In plaats daarvan moet het seismisch risico berekend worden van de PGA-acc. Dat is heel wat anders.

   De KNMI en de NAM (en alle instanties die de Mmax kopieerden) namen aan dat er een beweging langs de (hoofdzakelijk verticale) breuklijnen optreedt tot wel 10 km diep onder het reservoirgesteente in het Carboon of het dikke Devoon (zie punt b). De compactie betreft echter hoofdzakelijk het zandsteenreservoir zelf (Rotliegend 0,2 km dik in het centrale gedeelte, inclusief de dunne TenBoerlaag bestaande uit kleisteen), waarbij de meeste scheuren in het Rotliegend zandsteen niet doorlopen naar onderen in het Carboon of het stabiele Devoongesteente. Hierdoor blijven de seismische (val)bewegingen klein.[52 en xvii]

---

[50] Bij een constante situatie zou je de theorie van de Poissondistributie van gebeurtenissen kunnen toepassen. Deze gaat uit van een gegeven verwacht aantal gebeurtenissen per tijdsinterval, wanneer deze gebeurtenissen onafhankelijk van elkaar optreden, met andere woorden dat de kans dat een gebeurtenis optreedt niet afhangt van de tijd sinds de vorige gebeurtenis. Bij het reguleren van de gasproductie door nivelleren of stoppen is deze theorie niet meer toepasbaar op de schokken. Anders gezegd, wanneer de omstandigheden van het voorkomen van de gebeurtenis verandert door menselijk toedoen, dan is de Poisson-verdeling voor de lange termijn niet meer toepasbaar. Als het hagelt dan zullen er op elke m^2 een aantal hagelstenen vallen, maar als de hagel ophoudt of je steekt een paraplu op dan klopt dat aantal niet meer na de bui of onder de paraplu. De berekeningen gaan uit van de aanname dat die kansen een soort natuurconstanten zijn, terwijl ze feitelijk direct afhangen van beleidsbeslissingen.

[51] De Mmax bepalen, of het maximale risico (*hazard*), zijn logische of essentiële stappen bij tektonische aardbevingen en worden ook uitgevoerd bij geïnduceerde aardbevingen. Alle maximale factoren die een rol spelen bij de aardbevingen worden in een rekenmodel samengevat. Die gegevens zijn gebaseerd op de geologie van de regio en de bestaande historische kennis van aardbevingen in de regio en van vergelijkbare regio's. Daaroverheen worden onzekerheidsfactoren toegepast, die samen de Mmax zullen verhogen.

Dezelfde methode wordt toegepast bij geïnduceerde aardbevingen, maar deze liggen ondieper waarbij de historische gegevens summier zijn en vaak niet van vergelijkbare situaties zijn. De factoren van het menselijk handelen hebben een zeer grote invloed. Hierdoor kunnen de onzekerheidsfactoren groter zijn dan bij tektonische aardbevingen en dan wordt het eindresultaat ook weer veel groter. Echter, de kans dat dergelijke zware bevingen zich gaan voordoen (als het mijnbouwbedrijf ongecontroleerd maximumproductie gaat maken) wordt beperkt door juridische en sociale factoren. Zonder deze onzekerheidsfactoren en met betere vergelijkbare data is de berekende Mmax dan mogelijk reëel, maar dan toch nog steeds gecreëerd door menselijk handelen.

Bij deze geïnduceerde situatie is het niet relevant of het mijnbouwbedrijf wel in staat is om die Mmax aardbeving te genereren en de mogelijke schade die de bevingen veroorzaken, maar of de bovengrondse omgeving wel die beving kan accepteren. Die omgeving betreft de bevolking in de gebouwen. Zelfs al maakt men gemaximaliseerde rekensommen, dan is het onwenselijk om die uitkomst naar het publiek te communiceren de mogelijk werkelijk optredende aardbeving.

[52] Men veronderstelde eerst dat de Mmax mede beïnvloed werd door de onderliggende geologische breukvlakken in het Carboon en Devoon. Die zouden gaan bewegen bij een snelle compactie in het zandsteen.

f. De schematische tekeningen die de pers haalden suggereren eerder dat de breukvlakken in het zandsteen schuin lopen en dat daarlangs de afschuiving tussen de verschillende secties in de zandsteenlaag plaats vindt. Echter, een horizontale beweging van de hele zandsteensectie tussen twee kilometers uit elkaar liggende breuklijnen bestaat niet. Het horizontale 'elastische rebound' effect zal daarom maar heel klein zijn of niet bestaan. De beweging is beperkt tot het verticaal vermorzelen van de zone naast de breuklijnen. Een verticale schok die aan het aardoppervlak komt wordt daar omgezet in horizontale golfbeweging, enigszins vergelijkbaar met het effect van een steen die in het water valt en golfjes veroorzaakt. Hoe slapper of natter de grond is, hoe groter de golfbeweging.[xviii] Uit sonische metingen blijkt ook dat de gashoudende secties van het poreuze zandsteen doorlopen en bijna geen absolute onderbrekingen hebben. Het gas blijft dus bij de breuklijnen wel doorstomen.

g. Het dempingsaspect (schokbreker) van het bovenliggende, gasdichte Zechstein (1 km dik taai zoutsteen) wordt niet meegerekend. Bij een kleine verticale instorting ontstaat er zelfs plaatselijk instantaan een kleine gasdrukverhoging (schokbreker effect). Door het vervormings-vertragende effect van het taaie Zechtsein zal de instortsnelheid ook geremd worden. Hierdoor zal de versnelling in het hypocentrum over de valafstand klein zijn en daarmee de PGA (epicentrum). In het epicentrum worden vervolgens de golfbewegingen in drie richtingen gegenereerd, verticaal op en neer, horizontaal naar voren en achteren. Verticale breuken en de invloed van het taaie Zechstein beperken dus sterk de Mw. Het Zechstein beperkt echter niet de V-snelheid. Er is mogelijk onvoldoende wetenschappelijk onderzoek over het taaie Zechstein.

h. De NAM publiceerde alleen de hele hoge magnitudes (vanwege de Mmax)[53], maar de gebouwbelasting voor stijve bakstenen laagbouw is in PGA_h (inclusief grondwaarde van de bovenste 30m = a_gS). In de NEN webtool wordt die a_gS grondwaarde aangegeven. Als het hele Groningse veld tegelijkertijd instort/inzakt (kan niet, zie punt d.) dan kan in theorie de Mw in het hypocentrum heel groot zijn (veel bevinkjes tegelijkertijd over een groot gebied), maar de PGA_h (epicentrum) wordt er niet groter van, want de instorting ter plaatse (compactie) blijft beperkt (vorige punt).[54]

i. Experts van de Schiphol Workshop vergeleken risico's van hydraulische (olie, *fracking*) exploitaties, waarbij niet-samendrukbare vloeistoffen werden onttrokken met de onttrekking van het samengedrukte Groningse gas. Dat geeft veel grotere schokken.

In de volgende tabel worden 30 verschillen aangegeven tussen lichte Groningse geïnduceerde aardbevingen (Mmax Richter kleiner dan 4) en grote tektonische aardbevingen die vergelijkbaar zijn met de zware prognoses van de KNMI en de NAM van 2015, die tot een Mmax van minimaal Richter 4,5 tot zelfs Richter 7 gaan (Workshop internationale deskundigen Schiphol).[Eindnoot i]

Door de media worden met vele berichten zware tektonische en lichte Groningse geïnduceerde bevingen een-op-een gerelateerd zonder de verschillen te duiden. Deze tektonische bevingen werden gepubliceerde en daardoor vergeleken met de Mmax-waarden van de KNMI-NAM.

---

[53] Deze magnitude ('sterkte op de schaal van Richter') was makkelijk te communiceren door de KNMI en media en vergelijkbaar met magnitudes (meestal zogeheten momentmagnitudes) die in de hele wereld door de pers werden aangehaald. De magnitude kan niet eenvoudig (of rechtlijnig) vertaald worden naar de PGA-waarde in het epicentrum. Het probleem voor de bouwwereld was de extreem hoge PGA_h, niet de Mmax.

[54] Wanneer er in een meer opeens luchtbellen naar boven komen zal dat aan het wateroppervlak kleine golfjes veroorzaken. Wanneer er opeens overal in het meer luchtbellen naar boven komen dan komen er overal kleine golfjes en niet hele grote.

Bij een aardbeving van magnitude 5 zijn de uitwijkingen[55] van de grond al 10 maal zo groot bij magnitude 4 (een stap); bij magnitude 6 zijn de uitwijkingen al 100 maal zo groot (twee stappen), en bij magnitude 7 wel 1000 maal zo groot (3 stappen). Door deze logaritmische stappen zijn de verschillen niet duidelijk voor de bevolking. Wanneer naar de totale hoeveelheid vrijkomende energie wordt gekeken dan is die bij 3 magnitude 32 zoveel als bij magnitude 4, magnitude 6 is dan duizendmaal zo energetisch en een magnitude 7 wel 32.000 maal. Die hoge Schiphol-workshop magnitude 7 is alleen mogelijk wanneer er op grote tektonische bevingen werd gerekend.

De onderstaande tabel is gemaakt omdat de media regelmatig met zware aardbevingen in het nieuws kwam. Sommige Groningers zouden deze mediabeelden aan hun eigen situatie hebben kunnen relateren, met de daarbij behorende hoge Richterwaarden en aantallen doden.

Tabel 5.Tabel vergelijking zware tektonische en lichte geïnduceerde aardbevingen.

#	Zware tektonische aardbeving overeenkomstig de sterkte van de NAM-KNMI-prognose	Kleine echte geïnduceerde aardbeving (Groningen)
1	Door de **Natuur**, bewegingen van grote tektonische aardplaten (continenten) naar of uit elkaar. Bij het naar elkaar drukken schuift een tektonische plaat onder de andere die wordt opgedrukt. Wanneer er een plotselinge verschuiving ontstaat (*elastische rebound*) dan worden dat aardbevingen. Dit veroorzaakt bevingen in drie richtingen, verticale P-schok en aan het oppervlak de Rayleigh- en Love-golven.	Door **mensen** veroorzaakt vanwege mijnbouw, (aardgaswinning in Groningen) stuwmeren, bouw en bommen. Op microschaal zijn dat zware vrachtwagens die over verkeersdrempels rijden. Bij de ontginning van olie, gas of steenkool worden de natuurlijke grondstoffen opgemaakt en versneld verbruikt. De aardlagen worden dan iets dunner (compactie). Dit veroorzaakt bevingen in drie richtingen, maar kleine Rayleigh- en Love-golven.
2	Komen meest uit dieptes van 15 km tot 80 km. Aardplaten maken horizontale en schuin dalende of stijgende bewegingen.	Zijn oppervlakkig zoals slechts 3 km in Groningen. Daarom zijn ze kort en fel vergeleken bij tektonische bevingen. Alleen kleine oppervlaktedaling.
3	Tektonische aardplaten drijven ≈ 4 cm/jaar. Continue verplaatsing gedurende miljoenen jaren.	Geen horizontale of schuine verplaatsing van aardlagen. Houdt op als menselijke activiteit stopt.
4	Door grote diepte spreiding over een groot gebied. Door mensen voelbaar tot op honderden kilometers van het epicentrum.	Door kleine diepte weinig maar felle schokken en minder horizontale spreiding van schokgolven. Na 10 km buiten het epicentrum weinig voelbaar.
5	Horizontale bewegingen tot wel 50 cm, en mogelijk plaatselijk grote verticale verzakkingen. De PGA_h is horizontaal meestal het grootste.	Hoofdzakelijk kleine verticale verzakkingen < 1 cm. De PGA_v is verticaal meestal het grootste vanwege de verticale compactie in het Rotliegend.
6	Verticale beving bewegingen kunnen enkele tot vele centimeters zijn, terwijl er ook grote grondverzakkingen en metersdiepe spleten in de grond kunnen voorkomen.	Verticale bewegingen zijn in millimeters. Grondverzakkingen ontstaan alleen over verloop van tijd door compactie en komvorming.
7	Grond- en landverschuivingen in de bergen en blokkade van rivieren en breken van dammen.	Geen direct zichtbare veranderingen. Wel grote invloed of de waterhuishouding.
8	Duurt meerdere seconden tot wel enkele minuten per gebeurtenis.	Duurt slechts tienden van seconden en vaak één enkele klap.

[55] De uitwijking heeft een ander schaalgedrag heeft dan de energie. Dit zit hem erin dat veel energie gaat zitten in golven met heel lange perioden die door gewone seismometers niet gedetecteerd kunnen worden.

#	Zware tektonische aardbeving overeenkomstig de sterkte van de NAM-KNMI-prognose	Kleine echte geïnduceerde aardbeving (Groningen)
9	Bevingen langer dan enkele seconden kan verweking van natte gronden veroorzaken.	Geen lange trillingen die grondverweking veroorzaken.
10	Bepaalde horizontale soorten bevingen kunnen over grotere afstanden opslingereffect veroorzaken	Bevingen zijn te kort in duur om in slappe gronden opslingereffect te veroorzaken.
11	Binnen weken vele grote naschokken en herhalingen die meestal wel iets minder sterk zijn.	Geen of slechts kleine naschokken die meestal niet voelbaar zijn.
	De PGA_h is bepalend voor de gebouwschade én het aantal direct er op volgende naschokken.	De PGA_h is bepalend voor de gebouwschade, maar grote naschokken zijn er niet in Groningen.
12	Naschokken groot en kort achter elkaar veroorzaken extra schade en instortingen aan gebouwen die intussen nog niet versterkt zijn.	Naschokken zijn erg klein (niet voelbaar) en veroorzaken nauwelijks progressieve schade. Lange periode tussen de grootste bevingen.
13	Komen periodiek met grote en regelmatige tussenpozen voor in hetzelfde gebied, variërend van jaren tot tientallen jaren. Bijvoorbeeld Kathmandu elke 75 tot 80 jaar een grote aardbeving.	Komen dagelijks en wekelijks voor, afhankelijk van de menselijke activiteit. De schokken kunnen zonder aanpassing van het winningsprogramma jaarlijks toenemen in aantallen en sterkte tot aan het einde van de gasvoorraad.
14	Bij huidige stand van de techniek en wetenschap nauwelijks voorspelbaar of te voorkomen.	Goed te controleren en verminderen door aanpassing van de winningsmethode, bijvoorbeeld door druknivellering en verminderde productie.
15	Wereldwijd is hierover veel kennis opgedaan en zijn er internationale bouwwetgevingen opgesteld.	Minder internationale kennis, onzekerheidsmarges in de berekeningen worden veel groter genomen.
16	Seismografen registreren deze wereldwijd.	Extra seismografen werden in de regio Groningen toegevoegd.
17	Het verband tussen Richter en de PGA-waarde is afhankelijk van het gebied, de aardlagen en de diepte.	Omdat alle bevingen van 3 km diepte komen zijn de Richter- en PGA-waarden met elkaar te vergelijken, maar níét met andere gebieden.
18	Gedetailleerde informatie in het Engels en in de taal van het land voor iedereen beschikbaar.	Geen Nederlandstalige informatie beschikbaar tot 2015 en nauwelijks beschikbaar voor de burgers.
19	Actieve promotie van de bouwkundige kennis en wetgeving voor seismisch bestendig bouwen.	In Nederland geen aanwezigheid of promotie van publieke bouwkundige kennis aanwezig.
20	Seismische kennis en opleidingen voor alle ingenieurs en informatie op MBO-niveau.	Nauwelijks of geen opleidingen beschikbaar, alleen een paar universitaire ingenieursopleidingen.
21	Eenvoudige statische rekenmethode algemeen toegepast voor lage woningen en gebouwen.	Zeer gecompliceerde en dure rekenmethode toegepast voor alle bouwwerken. Niet nodig.
22	Informatiemateriaal voor laaggeletterden, zoals 3D bouwtekeningen en video's vrij beschikbaar.	Tekeningen en berekeningen niet beschikbaar voor de burgers. Verdienmodel van bedrijven.
23	Normaliter geen verzekering. Wel vaak noodhulp door nationale en internationale organisaties	Veroorzaker moet schade vergoeden. Gesteggel over wat nu wel of geen bevingsschade is.
24	Verzekering mogelijk wanneer gebouwd volgens de bestaande seismische code voor de regio.	Vergoeding van schade vaak betwist en lange, dure juridische processen nodig om gelijk te krijgen.
25	Acceptatie door de bevolking dat er schade en slachtoffers zullen optreden en dat er economische verliezen ontstaan.	Geen acceptatie door de bevolking dat er meer schade of slachtoffers door de bevingen zullen ontstaan. Eis van economische compensatie.

#	Zware tektonische aardbeving overeenkomstig de sterkte van de NAM-KNMI-prognose	Kleine echte geïnduceerde aardbeving (Groningen)
26	Seismische code gebaseerd op net-niet-instorten van gebouwen met een risicoprofiel van 10^{-5}.	Omdat geïnduceerd actief schade veroorzaakt, zou het standaard risicoprofiel 10^{-6} moeten zijn.
27	Bevolking is vaak toonbaar blij met de geleverde hulp.	Bevolking is achterdochtig over maatregelen en wil meer compensatie van de veroorzaker of overheid.
28	Vaak fatalisme en acceptatie van het noodlot. Angst voor grote na-schokken. Normale rouwperiode, grote economische schade.	Traumatische ontwikkeling, angstgevoelens, stress, concentratieproblemen en economische schade.
29	Bij uitblijven van (internationale) hulp kunnen bewoners in een uitzichtloze armoede toestand geraken. In veel landen, zoals Japan wordt er door de overheid meteen hulp gegeven.	Bij uitblijven van goede schadecompensatie of overheidsondersteuning kan langdurige stress, angstgevoelens en uitputting tot gevolg hebben, en daaruit voortvloeiende gezondheidsproblemen.
30	Grote, zware, langdurige aardbevingen met massale schade komen wereldwijd voor.	Aardbevingen blijven klein met relatief weinig schade.

Beelden uit de pers van zware tektonische aardbevingen zijn daarom niet representatief voor wat er in Groningen te verwachten zou zijn. De beving van Christchurch 22-02-2011 is enigszins vergelijkbaar met Groningen, maar wel met een lagere PGA_h dan de NPR-kaartjes.[56]

1.1. Opmerkingen bij de bovenstaande 30-puntentabel

Kop van de tabel: Door zware tektonische aardbevingen te relateren aan de lichte geïnduceerde bevingen van Groningen lijkt het alsof je leeuwen met huispoesjes relateert. **Dat is wat de media deden** (op gezag van "deskundigen")**,** maar dat is paniek zaaien op basis van verkeerde informatie. De media zijn brengers van nieuws, maar bij foute informatie wordt dat een probleem. De bevolking focuste als gevolg daarvan op de zware aardbevingen volgens de maximale prognoses van de NAM-KNMI en kregen daarmee een totaal verkeerd beeld van de toekomst. Je krijgt een heel ander verhaal als je kleine tektonische bevingen vergelijkt met kleine geïnduceerde bevingen.

Ad 1. De zware Mmax prognoses uit 2013 van de consultants die sinds 2014 door de NAM breed gedeeld werden zijn steeds erg conservatief, gebaseerd op de maximaal mogelijke waarde, waarbij er meerdere onzekerheidsmarges zijn ingebouwd. Deze marges worden bij elkaar opgeteld of met elkaar vermenigvuldigd. Feitelijk zal de Mmax nooit voorkomen. Dit staat dus in schril contrast met de werkelijkheid. **Die Mmax had nooit met de bevolking gedeeld mogen worden. De daaruit berekende PGA_h in de NPR (als rekenwaarde) publiceren was nog onwenselijker.**[57]

Ad 1+2+3+5. Vanwege de horizontale en schuine tektonische beweging van aardplaten ontstaat de zogenaamde 'elastische rebound'[58], waarbij opgebouwde spanningen plotseling ontladen en er bij tektonische aardbevingen plotselinge schuine en/of horizontale beweging ontstaat.

---

[56] Zie https://www.britannica.com/event/Christchurch-earthquakes-of-2010-2011 Deze was ook van geringe diepte met een PGA ongeveer 0,25g (3x de Huizingebeving sterkte). Vele oude gebouwen zijn in baksteen opgetrokken en nog niet aangepast aan de geldende aardbevingsregelgeving. De schade bij deze gebouwen is enigszins vergelijkbaar met Groningen.

[57] De KNMI en de NEN hadden kunnen weten dat de gepubliceerde PGA_h, als die werkelijkheid zou worden, heel veel schade en doden zou opleveren. Met de berekening van de Mmax voldeden ze aan de vraag van de NAM, maar door niet verder te kijken, namen ze die waarden aan als toekomstig feit. In plaats daarvan hadden ze kunnen stellen dat als die Mmax- of PGA-waarden werkelijkheid zouden worden, dat dan de schade en het aantal slachtoffers niet te overzien waren en dat daarom meteen de productie verlaagd zou moeten worden tot er betere data beschikbaar zou zijn.

[58] Zie: https://en.wikipedia.org/wiki/Elastic-rebound_theory en https://www.youtube.com/watch?v=nFv2eaZiR40

Bij de compactie van het zandsteen is die hoofdzakelijk verticaal. Dit geeft veel minder of geen horizontale beweging in het hypocentrum. Er vindt slechts instorting plaats en heel weinig of helemaal geen 'elastische rebound'. De *Rayleigh*- en *Love*-waves bij geïnduceerde bevingen zijn klein.

Ad 4. De theoretische prognose Mmax geldt voor het gebied in de provincie Groningen met de grootste compactie (en daardoor de grootste aardbevingen) en niet voor de hele zandsteenlaag.

Ad 6. Het is niet duidelijk in hoeverre de consultants het effect van het 1 km dikke taaie Zechstein hebben meegenomen in de Mmax berekeningen (voor zover bekend). De zeer langzame vervorming van het zoutsteen remt in zeer sterke mate het plaatselijk inzakken van de 0,2 km dikke zandsteen en vervolgens de verzakking in de gebiedjes rondom die eerste inzakking. Het dikke zoutsteen zal echter niet de trillingen absorberen, de kalksteen aardlagen en de zachte topgrond wel.

Ad 7. Met een steeds groter wordende komdaling komt het grondwater in het centrum van de provincie hoger te staan. Dat moet weggepompt worden, maar een verwatering van de bovenste grondlaag zal de grondversnelling a_gS versterken, met uitstraling over een groter gebied. Veenlagen die na het wegpompen[59] van het water verdrogen zullen eerst krimpen (oxideren). Wanneer woningen op palen op een diepliggende zandlaag zijn gebouwd, zal het gebouw door de veenkrimping en daarna verwatering centimeters boven het maaiveld uitrijzen en problemen veroorzaken met de woninginfrastructuur (aansluitingen voor gas, riolering, elektra, water, etc.).

Ad 8. Tot in 2024 geloofden vele Groningers dat het mogelijk is om tijdens een aardbeving snel naar buiten te rennen en zo uit een instortende woning te ontsnappen. Dat is niet het geval.[60] De geïnduceerde bevingen in Groningen zijn zo kort dat je pas realiseert wat er aan de hand is, als het over is. Naar buiten rennen leidt juist tot kans op extra ongelukken als gevolg van vallende topgevels en schoorstenen. In andere delen van de wereld met tektonische aardbevingen is ontsnappen ook geen zinvolle optie tijdens een aardbeving.[61]

Ad 11. De gebouwbelastingen op **baksteen laagbouw** in Nederland kunnen direct gebaseerd worden op de PGA_h.[62] Feitelijk worden de gebouwbelastingen bepaald door de elasticiteit van het gebouw, maar die is zowel bij laagbouw als baksteen van ondergeschikt belang. Bij hoogbouw speelt die hoogte een belang, hoe hoger het gebouw, hoe meer uitslag, maar ook dat is voor de baksteen laagbouw niet relevant.[63] Bij een hoog gebouw kan ook de spectrale acceleratie een rol spelen.[64]

---

[59] Om de agrariërs met zwaar materieel tegemoet te komen werd/wordt het grondwaterniveau periodiek verlaagd. Hierdoor zullen veengronden inkrimpen, waardoor zettingen ontstaan. Verlaging is ook het geval wanneer het grondwaterniveau moet worden aangepast vanwege de bodemdaling.

[60] De beving duurt een paar seconden. Dan heb je net door wat er gebeurt voordat het over is. Als je slaapt dan kan je niet eens op tijd je bed uitkomen. Als het gebouw iets vervormt gedurende een aardbeving zullen de deuren klemmen; een buitendeur is dan misschien niet te openen. Informatie op basis van directe gesprekken met Groningers.

[61] Wat waarschijnlijk bedoeld wordt is dat tussen de verschillende bevingen (naschokken) men naar buiten kan om een veilige plek te vinden. Bij tektonische aardbevingen zitten er meestal vele uren tussen de bevingen. Omdat de gebouwen niet tijdig versterkt kunnen worden in die paar uren, is de veiligheid van een zwaar beschadigd gebouw minder, waardoor bij grote naschokken er alsnog instortingen kunnen plaatsvinden. In de situatie van Groningen zitten er jaren tussen de grotere schokken. In dat geval zou er theoretisch tijd zijn om op tijd versterkingen toe te passen.

[62] In de webtool https://seismischekrachten.nen.nl/map.php wordt de a_gS aangegeven. Deze is de horizontale PGA inclusief het effect van de bovenste 30 m grondlagen. Bij slappe grond is dit meer relevant.

[63] In vele aardbevingslanden zijn aardbevingscodes ontwikkeld waarbij de berekeningen voor laagbouw juist simpel zijn gehouden door alleen met de PGA te rekenen. Op deze manier kunnen bouwbedrijven voldoende veiligheid van de te construeren gebouwen garanderen. Door enigszins flexibele constructies toe te passen (door hout- of staalbouw) wordt die veiligheid verder vergroot. In de rekenmethodes voor de reguliere bouw zitten al redelijke veiligheidsmarges.

Er kan met de PGA van de NPR 9998:2020 gerekend worden, waar de grondversnelling al is inbegrepen op het kaartje van de NEN-Webtool.[15] Die NPR 9998:2020 PGA-max is al ongeveer 50% tot 100% hoger dan de werkelijk optredende gebouwbelastingen (ook in 2024).[65] en eindnoot xix

Ad 12. Vervolgschokken rondom de eerste compacties kunnen maanden en zelfs jaren later komen. Dit heeft onder andere geleid tot de maatregel van de NAM om de gasproductie na de beving te Huizinge 2012 op te voeren, omdat de volgende beving **pas over 2 tot 3 jaar verwacht werd**. Dat werd met de afsluiting in 2014 van de Loppersum gaswinningscluster 5,5 jaar (beving Zeerijp januari 2018). Bij grote tektonische bevingen zijn er dagelijks en wekelijks (grote) naschokken. Bij tektonische aardbevingen zou je tussen de eerste klap en de volgende wel het huis uit kunnen als het niet is ingestort.

Ad 13. In de hele wereld zijn er constant heel veel kleine tektonische schokken die door instellingen zoals de KNMI geregistreerd worden. Grote schokken komen veel minder voor. Het patroon volgt de Gutenberg-Richter-constante, waarbij de frequentie van schokken van één hogere magnitude een factor 10 lager is. De tussenpozen tussen de grootste aardbevingen kunnen tientallen tot honderden jaren duren. Bij het verlagen van de snelheid van gaswinning geldt misschien deze vaste Gutenberg-Richter-constante nog wel, maar wordt in de tijd uitgerekt.

Ad 21. Het is mogelijk om met de *Non-Lineair Time-History Analyse (NLTHA)* methode het gebouw zeer precies uit te rekenen (per dm^3), waarbij je in detail via een computeranimatie kunt zien waar de eerste schade optreedt of op welk moment er een instorting plaats vindt. Dit is een langdurige en erg dure methode (20.000 euro per gebouw) die bij gewone laagbouw geen aanzienlijk beter resultaat geeft dan een statische PGA-berekening. Toch werd dit op advies van de ingenieursbureaus en de Commissie Meijdam en op kosten van de NAM veelvuldig uitgevoerd. Dit vertraagde de berekeningen en verhoogde de onderzoekskosten aanzienlijk.

Ad 22. Door de eenvoudige bouwkundige informatie (per typologie) niet beschikbaar te stellen aan de bevolking resulteerden de herstelwerkzaamheden in voor de burgers oncontroleerbare maatregelen. Aan de ene kant complexe berekeningen en aan de andere kant cosmetische reparaties die niets te maken hadden met seismisch versterken of het voorkomen van meer schade.

Ad 26. Een grote, zware aardbeving waarbij tientallen doden (Richter 5,5) of honderden doden vallen (Richter 6,5) is geen plaatselijk ongelukje meer bij de verbouw van een woning. **Dat is een nationale ramp**, **dus daar past een risicoprofiel bij van 10^{-6} doden per capita per jaar.**[66]

Door de KNMI-NAM werd de Mmax voorgesteld als een beving die in de nabije toekomst wél zou kunnen voorkomen. Doordat dit door iedereen werd overgenomen, kunnen er angstgevoelens over de veiligheid bij de bevolking ontstaan. Doordat de media en verschillende technische comités dit overnamen en publiceerden is het hoogstwaarschijnlijk dat die angst- en dat onveiligheidsgevoelens door die berichtgeving bevestigd en versterkt worden.[67]

---

[64] Hoogbouw heeft een bepaalde eigen frequentie (slingertijd), waarbij de respons op de bevingsbeweging afhangt van de frequentie van de aangeboden trilling. Dus als de slingertijd van het gebouw ongeveer hetzelfde als die van de beving is, gaat het gebouw veel harder slingeren. Dan worden de belastingen groter.

[65] De British Standard Institute BSI code 1998-1 2004 (E) Chapter 9, Specific rules for Masonry Buildings en de JSR Scientific and Technical Report: A review of the Seismic Hazard Zonation in National Building Codes in the Context of Eurocode 8 geven beide eenvoudige richtlijnen voor in baksteen gemetselde gebouwen.

[66] Dat is voor Groningen toch nog zowat om het andere jaar een dode. Statistisch is dat een kans van 10% dat er 5 doden vallen of een kans van 2% op een gebeurtenis met 25 doden.

[67] Natuurlijk kan men van de media niet eisen dat ze de expertise of tijd hebben om alles na te gaan. Het *Dagblad van het Noorden* heeft geen wetenschapsjournalisten. Ze kregen verkeerde informatie van allerlei deskundigen over zaken waar ze

Het geïllustreerde documentje ANGST en VEILIGHEID geeft in het kort deze problematiek weer.[68] Dit is te vinden op website www.nienhuys.info tweede pagina, bovenaan.

1.2. Het grote probleem van de 2014-2015 Mmax naar het publiek

- De theoretische Mmax had niet aan het publiek meegedeeld mogen worden. **De NAM had moeten stellen dat ze er zorg voor zouden dragen dat de bevingen niet groter zouden worden dan de Huizinge 2012 beving**. Dat zou een veel langzamere exploitatie betekenen en dat had invloed op de kortetermijnwinst.[69] De NAM-consultants hebben wel met de NLTHA-methode de verschillende fasen van het bezwijken van gebouwen gedetailleerd uitgerekend, maar daaruit werd geen PGA-acc bepaald.

- De PGA-acc moet bij geïnduceerde aardbevingen bepaald worden door de sterkte van de woningen en een voor de bewoners accepteerbare schadevorm[70] (bijvoorbeeld DS1), en niet door de theoretisch maximaal haalbare aardbeving, verhoogd met onzekerheidsfactoren. Gevaar (hoge Mw-waarde en PGA), kwetsbaarheid (zwak gebouw) en risico (instorten) zijn aan elkaar gerelateerd. Je moet dus achtereenvolgend te bepalen. (1) Wat is de schade aan een bakstenen gebouw bij een bepaalde PGA en wanneer stort het in? (2) Welke PGA veroorzaakt slechts de DS1 schade? Wat is de financiële compensatie voor de bewoners? (3) Deze is dan de PGA-acc waar de toelaatbare Mw-acc op bepaald moet worden. (4) De aardgasextractie moet dan op die PGA-acc gemanaged worden.

- Het veiligheidsrisico van het aantal doden per jaar moet 10^{-6} of kleiner blijven, zoals in Nederland bij nationale infrastructuur zoals dijken gebruikelijk is. Het veiligheidsrisico voor instorten van veel woningen (en tientallen of meer doden) mag niet extra verhoogd worden (tot 10^{-5}) vanwege de grote verdiensten van een bedrijf of de overheid[71], ook al zou je aan de gaswinning een publiek belang kunnen toeschrijven.

Aan de werkwijze van de NAM en alle commissies **ontbrak het sinds 2012 aan de sociaal-politieke antenne**. Ze namen de drie bovenstaande basisvoorwaarden niet in aanmerking.

De omstandigheden die zich gedurende 2014 en 2015 ontwikkelden over de NPR-PGA, maakte een lokaal te produceren *base-isolation* systeem relevant dat geschikt was voor ongeveer 200.000 gebouwen in de provincie (hoofdstuk 5 Burgerboek). Dat werd gefrustreerd, omdat de NAM-engineering slechts in het buitenland geteste (dure op tektoniek gebaseerde) systemen wilde kopen. Tenslotte bleek eind 2013 (begin 2014) dat de NAM de aardbevingsschade aan de funderingen niet

---

geen verstand van hadden. De media hadden dus wel een belangrijke rol in de meningsvorming, maar waren niet de schuldigen van de verkeerde informatie. De media hadden het volste recht om de woede van de bevolking aan te geven.

[68] Dit cartoon documentje is een vrij realistische weergave van de problematiek zoals die door veel Groningers werd gevoeld. Dit werd bevestigd door de reacties die ik hierover kreeg.

[69] De NAM en de Nederlandse overheid wilden die jaarlijks grote gasinkomsten niet missen. De langere termijn opties waren waarschijnlijk niet goed overwogen of gewoon niet overwogen.

[70] Dat acceptatieniveau hangt sterk af van de financiële compensatie die geboden wordt. De verschillende Damage States (DS1 t/m DS5). Hoofdstuk 1 van het Burgerboek.

[71] De Commissie Meijdam liet hun besluitvorming over het veiligheidsrisico leiden door commerciële belangen van de aardgasexploitatie (en EZ) en niet door het veiligheidsrisico voor de bevolking.

wilde beoordelen noch vergoeden, waardoor duizenden personen met niet herstelde gebouwen bleven zitten. Later instrueerde de NAM aan het CVW dezelfde regels.[72]

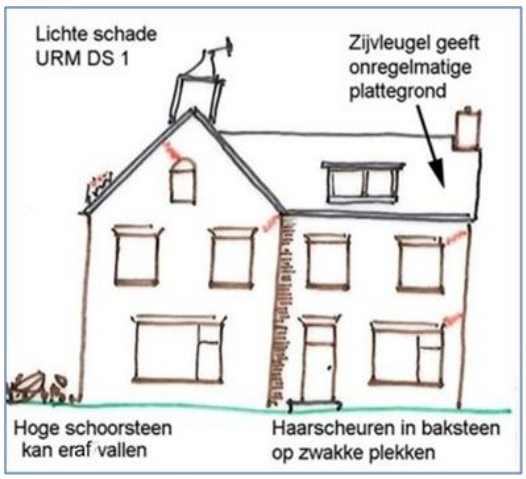
Het onderliggende probleem was dat de NAM geen bouwfonds (met de overheid) wilde opzetten om langetermijnfinanciering aan te bieden voor woningeigenaren met gebouwen die zogenaamd 'eigen gebrek' hadden, of voor de financiering van de noodzakelijke verduurzaming. Veel oude woningen hebben onderhoudsproblemen en voldoen vandaag de dag ook niet meer aan de nieuwbouwnormen. De veroorzaker van de schade zou een ruim bouwfonds moeten opzetten waaruit aanvullende kosten voor versterking en verduurzaming gefinancierd kunnen worden. Die extra kosten kunnen dan pas bij de verkoop van de gebouwen verrekend worden.

Detailfoto van de onderstaande afbeelding.

De scheuren boven de ramen zijn niet structureel en kunnen verschillende oorzaken hebben. Bij nieuwe bevingen worden ze erger. Veel woningeigenaren ontdekten deze scheuren pas bij nader onderzoek van hun gebouw.







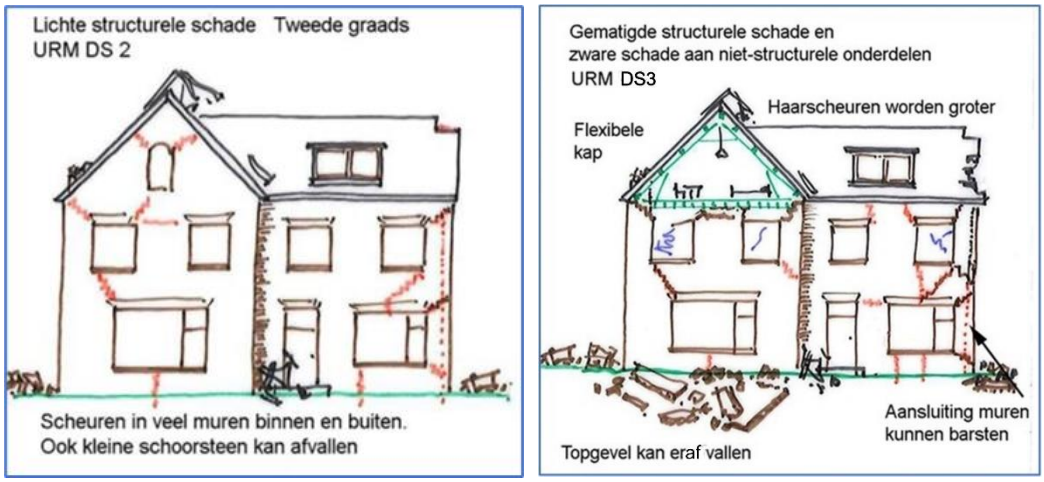
Figuren 19. UMR = Unreinforced Masonry Damage = ongewapend metselwerk.
De bovenstaande schets is afgeleid van een veel voorkomend type woning in de provincie (links). Een twee-etagewoning heeft meestal meer schade vanwege de grotere hoogte. Vooral schoorstenen zijn een risico.

DS1 = lichte schade. Dit, of DS2 is het maximale schadeniveau dat de bevolking eventueel kan accepteren wanneer en snelle en voldoende schadeloosstelling aanwezig is. De maatregel die wel werd genomen was om de zware schoorstenen (hoog risico-elementen) te vervangen door lichtgewicht schoorstenen (seismische versterking).

De woning met de hoge ramen en smalle penanten op de begane grond kan zelfs meer schade oplopen als de woning met de extra etage. De eerste schades ontstaan vanuit de bovenhoeken en lateien bij de ramen (smalle penanten) en vanwege de hooggeplaatste zware schoorsteen.

[72] Dit is eerstehands informatie en werd meerdere malen bevestigd door schade-inspecteurs die tegen de bewoners hun mond voorbijpraatten door deze instructie mee te delen. Uit de duizenden schaderapporten met funderingsschade blijkt ook dat aan de funderingen geen aandacht is besteed. Dat is onder andere omdat funderingsschade complex is. In de hoorzittingen van PECAG is hier ook niets over gezegd. Het Sweco document voor de SodM: Onderzoek funderingsproblematiek Groningen Projectnummer: 51010307 geeft gedetailleerde informatie over het funderingsthema en de complexiteit.

DS2 = lichte structurele schade. Dit is bij sommige oudere panden een risico aan schade die kan ontstaan wanneer er na DS1 geen herstel of versterkingsmaatregelen worden genomen, vóórdat de volgende beving plaatsvindt. Dan treedt er namelijk progressieve schade op. In de Groningse situatie, zonder nivellering, zou zich na 2012 misschien binnen twee jaar een herhaling kunnen voordoen. In dat geval zou het gebouw binnen die twee jaar versterkt moeten worden. Gezien de opgave om eerst de publieke gebouwen te versterken zou dat niet gebeuren.



Figuren 20. Lichte structurele schade URM DS2 en DS3 (niet acceptabel).
Het is maar de vraag of DS2 schade een acceptabel niveau is, dat zal afhangen van de compensatie.

Bij een DS1-schade zullen veel bewoners al in een paniek raken, zeker als er door de schadeveroorzaker en allerlei wetenschappers wordt gesteld dat er binnenkort veel meer en veel zwaardere aardbevingen zullen voorkomen. Deze voorspellingen waren in 2015 niet-gekwantificeerd in frequentie en sterkte. Veel woningeigenaren zagen hun eigendom door de NAM (samen met of onder goedkeuring van de overheid) vernietigd worden. Volgens hun geloof kon elk moment een schoorsteen neerstorten of een muur omvallen in het bed waar hun kinderen sliepen.[73] Hun spaargeld dat in de woning zat verdween met de scheuren en verzakkingen. Hun woning was niet meer veilig, terwijl ze geen optie hadden om ergens anders heen te gaan. Een DS2-schade is dan al niet meer acceptabel.

Sinds 2006 waren de bewoners al ongerust over het steeds oplopende aantal kleine bevingen, hoewel de NAM ontkende dat dit met de gaswinning te maken had. Na de grotere beving in 2009 financierde de NAM het herstel, maar pas bij de Huizingebeving werd er formeel toegegeven dat deze door de gaswinning kwam. Toen werd ook voorspeld dat de bevingen erger zouden worden en vaker zouden voorkomen. Vooral mensen met schade worden daardoor bang 'dat het nog eens gebeurt'. Dat een scheur van 2 mm naar 4 mm gaat, of een dichtgemaakte scheur weer opengaat is een ding, maar het vooruitzicht dat bij een volgende beving een deel van de woning kan instorten, is een heel ander verhaal.[74]

---

[73] Dat was de ingeprente angst van sommige bewoners, maar niet helemaal onterecht, want hoge schoorstenen op slappe houten dakconstructies waren met stip de hoogste risico-elementen. Er werden in 2014 al een ruim 3.000 schoorstenen veiliggesteld, maar tot in 2020 bleven er angstgevoelens bestaan dat een nog niet aangepakte schoorsteen door het dak zou kunnen vallen, wanneer de wijk nog niet was gereviseerd door de NCG.

[74] Uit eerste hand vernam ik dat mensen kort na de 2012 Huizinge beving bang waren over wat de toekomst zou brengen, daarna kwam er de onzekerheid over de economische gevolgen bij het uitblijven van herstel vanwege de procedures. Later werd in de PECAG nog eens herhaald dat mensen bang waren en hun kinderen niet meer alleen durfden te laten slapen. Bij personen met schade waarvan 70.000 met dubbele schade, waren er volgens de GGD anno 2016 8000 met

De prognose Mmax veranderde bijna jaarlijks en de PGA een jaar later. Een van de effecten was dat identieke gebouwen (naast elkaar) of woonwijken in verschillende periodes (met lagere Mmax) beoordeeld werden. De ene rij woningen in een woonwijk was bestemd voor sloop en nieuwbouw, terwijl een identieke rij ernaast later slechts wat versterking kreeg. De nieuwbouw was volgens de laatste normen en met een grote meerwaarde ten opzichte van de gesloopte woning. De gerepareerde woning was nog steeds bijna waardeloos. Hierdoor ontstond er het gevoel van willekeur en benadeling van een bevolkingsgroep ten opzichte van een andere. Bij de bepaling van een reële PGA-acc kan dat niet gebeuren.

1.3. De NAM en KNMI-berekeningen

De NAM,[75] ontkende eerst categorisch en meermalen dat de bevingen door de aardgas-exploitatie ontstonden.[76] Pas in 2006 erkende de NAM de bevingsschade van de door hen geïnduceerde aardbevingen en liet dat snel (cosmetisch) repareren.[77]

Die kleine bevingen werden steeds groter en frequenter tot aan een flinke dubbele aardschok op 16 augustus 2012 in Huizinge. De Nederlandse (Groningse) woningbouw was en is niet bestand tegen dit soort lichte aardbevingen en er kwamen 2.200 schademeldingen bij de NAM binnen.[78]

- De NAM had in 2012 onvoldoende personeel om de vele meldingen af te handelen en trok tientallen gepensioneerde stafleden aan, die echter **onvoldoende bouwkundekennis** hadden, laat staan van aardbevingsschade aan gebouwen.
- De NAM contracteerde het KNMI om te bepalen wat de maximale aardbeving zou kunnen worden[79] bij verschillende exploitatieschema's van 40 miljard m^3/jaar, 30 miljard m^3/jaar en 20 miljard m^3/jaar. Daarbinnen waren er opties aangegeven om minder in het middenveld (boorput cluster Loppersum) te produceren en meer in het zuiden. Ook de mogelijkheden voor water- en stikstofinjecties[80] werden bekeken om de snelheid van de compactie te verminderen.[81]

---

gezondheidsproblemen gerelateerd aan de schade, 4000 met slechte gezondheid en 2000 met een aanzienlijke kans op een serieuze **angststoornis**. Latere rapporten van Gronings Perspectief (2023-24) geven aan dat met het verminderen van de bevingen de angstgevoelens en de onzekerheid over de toekomst en de financiële vergoedingen ook minder worden. Dat de Groningers met schade angst hadden is algemeen bekend en hoeft derhalve niet met extra onderzoeken onderbouwd te worden als onderdeel van deze dissertatie. In 2019 rapporteert de GGD-Groningen al dat er meer dan 10.000 volwassenen stress gerelateerde klachten hebben. De meeste daarvan waren echter gerelateerd aan de schade procedures.

[75] Sam Gerrits geeft in zijn boek (gedocumenteerd) aan dat de NAM (= Esso en Shell) allang wisten dat onttrekken van vloeistof aan de ondergrond verzakking en bevingen produceert. Esso had een beleid van altijd ontkennen en traineren. Methaangas onder zeer hoge druk gedraagt zich als een vloeistof.

[76] Om niets aan de bevolking mede te delen was een commerciële beslissing, want men was al sinds 1990 die trillingen aan het onderzoeken en men plaatste steeds meer trillingsmeters om de grootte en locatie van de hypocentra vast te leggen.

[77] Dat helpt dus niet, want bij de eerstvolgende beving in hetzelfde gebied staat de scheur in de muur weer open en moet er opnieuw gerepareerd worden. Versterking is hier de noodzaak, zeker als de verwachting is dat er grotere bevingen komen. Bij de NAM ging men ervan uit (vertelde men) dat de bevingen steeds sterker zouden worden omdat de aardgaswinning op maximaal niveau door moest gaan. Omdat men niet precies wist hoe sterk de bevingen zouden worden kon men ook niet zomaar versterking aanbrengen.

[78] Volgens de wet is de NAM aansprakelijk voor de gebouwschade en moet het met de bewoners oplossen. Die aansprakelijkheid erkende men wel, maar voorkomen van schade was er niet bij.

[79] Dat was dus een researchopdracht die helemaal verkeerd uitpakte. In eerste instantie had de NAM-consultant bedrijven zoals Arup en Zonneveld moeten contracteren om de maximaal aanvaardbare aardbevingssterkte (PGA-acc) te berekenen. Daarvoor zou dan ook sociaal onderzoek nodig zijn geweest.

[80] De klimaatopwarming is het resultaat van de grote CO_2-uitstoot van alle verbrandingsmotoren (verwarming, auto's, vliegtuigen, elektriciteitscentrales). Wanneer je de CO_2 injecties tegelijkertijd wilt gebruiken om het aardgas eruit te krijgen

- De NAM contracteerde haar internationale consultant Arup om onderzoek te doen naar het risico van de maximale aardbeving en een grootschalig plan op te stellen voor het herstel en seismisch versterken van de bebouwing in de provincie Groningen. Alle rapporten waren in 2013 in het Engels, gebaseerd op de methodologie van de FEMA en de NEHRP. Deze rapporten bleven intern of voor de buitenwereld vertrouwelijk (e.g. voor de bevolking geheim).
- De NAM contracteert het TNO-AGA om het rapport van het KNMI verder te bestuderen en daarmee ook de toevoeging aan het Winningsplan 2013 (uitbreiding van het Winningsplan 2007). In dat winningsplan worden de verschillende exploitatieopties berekend.
- De rapporten en projecties [82] geven aan dat er binnen enkele jaren steeds iets zwaardere aardbevingen zullen komen bij voortgaande en hoge gasexploitatie.[83] Dat is in de eerste plaats op het niveau van 40 miljard m^3/jaar, zoals voorzien in het Winningsplan 2007, maar ook op 30 miljard m^3/jaar en 20 miljard m^3/jaar. Het is evident dat er bij een hogere productie steeds meer schade aan de bebouwing zal ontstaan. Om die schade te gaan vergoeden of gebouwen te gaan versterken zou het verdienmodel van de NAM te veel onder druk zetten.

Tabel 6. Uitkomsten Winningsplan 2013.

Period	Maximum Magnitude			Maximum PGA		
	P_{50}	P_{10}	P_2	P_{50}	P_{10}	P_2
2013 - 2016	3.4	4.1	4.6	0.02g	0.12g	0.30g
2013 - 2018	3.6	4.4	4.9	0.03g	0.18g	0.42g
2013 - 2023	3.9	4.8	5.3	0.06g	0.33g	0.67g

Table 0.1: *Summary of the maximum magnitude and maximum PGA values with 50%, 10% and 2% chances of exceedance over three different time periods of assessment according to the current production plan, the time-decay compaction model and the modified Akkar et al. (2013) GMPE.*

De uitkomsten van de berekening van het in 2013 aangepaste 'winningsplan 2007' bij een gasproductie van 40 miljard m^3/jaar. Een waarde voor de maximale grondversnelling van 0,42g (2013-2018) wordt met dit Winningsplan in januari 2015 gelanceerd in de eerste NPR 9998 zonder verdere toelichting, ook niet dat die kans (P2 = 2% kans tot 2018) zou zijn. Die (kleine) kans is al ontoelaatbaar[84]. Dat wil zeggen met een maximaal theoretische 2% kans in 50 jaar en de hoogst haalbare gasproductie. De bovenstaande cijfers uit het in 2013 aangepaste 'Winningsplan 2007' zijn opmerkelijk. Deze cijfers waren gebaseerd op data tot en met de beving van 2012 te Huizinge.

---

zou je die injecties vanaf de randen van het veld onder hoge druk (meer dan 100 bar) moeten injecteren. De doorstroming moet dan voldoende zijn en het opgevangen aardgas zal dan een steeds grotere stikstof component bevatten dat eruit gehaald moet worden. De gasopbrengst wordt dan steeds minder omdat de CO_2 er weer uitgehaald moet worden.

[81] De plotselinge compactie is de aardbeving. Hoe lager de aardgasdruk in het veld wordt door de exploitatie, hoe sneller de compactie gaat en hoe groter de aardbevingen worden. Door de exploitatie te sturen en de druk te nivelleren (o.a. met stikstofinjecties) worden minder (grote) bevingen veroorzaakt.

[82] Bron: *Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013,* par. 0.4 page 11.

[83] Hoe lager de interne gasdruk van het gasveld wordt, hoe sneller en vaker de inzakkingen zullen voorkomen; de frequentie dus gaat omhoog. Bij veel meer bevinkjes tegelijkertijd zal de totale magnitude wel toenemen, maar het is daarmee niet automatisch dat daarmee de PGA in het epicentrum ook groter wordt.

[84] Het is van de tabel onduidelijk of dit de horizontale of verticale PGA's zijn. Deze PGA-waarden zijn te vergelijken met de door de KNMI opgegeven PGA_v van de Huizingebeving 0,085. Omgerekend is dat een risico van 0,004 per jaar op een gebeurtenis die vele doden tot gevolg heeft als er binnen 10 km van het epicentrum (Loppersum) huizen staan. Als er in Loppersum 2.500 bewoners zijn en de helft van de huizen stort 's nachts in, dan zouden er zomaar meer dan een 100-tal doden kunnen vallen.

Volgens de eerste regel van de tabel 6 wordt in de periode 2013-2015 een Mw 3,4 verwacht bij P_{50} = 50% kans. Terwijl het volgens de tweede regel zeer waarschijnlijk zou zijn (dus meer dan 90% kans) dat er zich binnen de 3 jaar nóg een aardbeving Mw 3,6 zou voordoen (of groter) als men door zou gaan met de geplande gasextractie zonder gasdruknivellering.[85] Omdat er na 2013 wel een verlaging van de gasextractie plaats vond, én een verplaatsing van de gasexploitatie naar het zuiden, is het risico op een beving groter dan Mw 3,4 feitelijk kleiner geworden. In tabel 6 wordt echter onder P_{10} aangegeven dat er een 10% kans bestaat dat er een Mw 4,1 zou kunnen plaatsvinden. Dat is een beving met een PGA die ongeveer 50% hoger is dan de Huizingebeving. De derde regel in tabel 6 geeft onder P_2 aan dat er in de periode 2018-2023 een 2% kans is op een maximum beving Mw 4,6; dit is liefst 100% zwaarder dan de Huizingebeving.

De maximum PGA-waarden zijn nog vreemder; dat had het SodM kunnen signaleren. Dat er in de periode 2013 t/m 2025 50% kans was op een maximale PGA van 0,02g zou zijn, klopt helemaal niet. Sinds 2010 deed zich al meerdere keren per maand zich een aardbeving PGA 0,02g voor en zelfs bevingen dubbel zo zwaar met PGA 0,04g. De maximum PGA 0,67g vermeld onder P_2 (kans 2% in de periode 2013-2023 is ook ver bezijden de reeds bestaande werkelijkheid. [86]

De projectie van de tweede waarde op de eerste regel tabel 6 (2013-2018 maximum Mw 4,1 met P_{10} = 10% kans) van een maximum PGA 0,12g is nog het meest reëel. Deze waarden komen overeen met de al vóór 2007 door de NAM berekende waarden (zonder gasdruknivellering) waar al een onzekerheidsmarge in zat. Met de al reeds in 2011 ingezette gasdruknivellering is het 10% percentage kans voor de PGA 0,12g dan wel bijna 50% hoger dan de werkelijkheid (PGA 0,08g), maar daar zit dan een onzekerheidsmarge in.

Ofschoon deze tweede waarde (PGA 0,12g) zou kunnen (zonder gasdrukverlaging), werd het met de grote hoeveelheid schade van de beving bij Huizinge al meteen duidelijk dat het verder opvoeren van het schadeniveau aan de Groningse bebouwing geen sociaal mogelijke (of juridisch toelaatbare) optie was. Met een PGA 0,12g zou er minstens tweemaal zoveel gebouwschade veroorzaakt worden dan die beving bij Huizinge PGA 0,085, eventueel zelfs met instortingen (schoorstenen) van niet tijdig versterkte of ondersteunde oude gebouwen.

Om verdere berekeningen te maken over een langere periode is niet erg relevant, zeker niet als de eerste waarden van die berekeningen al verifieerbaar niet kloppen. Om de veel hogere waarden dan die PGA 0,12g (PGA 0,42g of 0,36g) als vaststaand feit in het NPR 9998 kaartje (zonder uitleg) aan het publiek voor te leggen is verwerpelijk. Om de versterkingsopgave voor gebouwen hierop te baseren is ook verwerpelijk. Wat wel had moeten gebeuren was de PGA-acc berekenen op basis van de gebouwsterkte.

- Deze cijfers gingen een eigen leven leiden, zonder dat de bevolking een idee had wat die betekenen. Ze werden niet verklaard. Alleen de allerhoogste theoretische waarde werd gelanceerd. De media zochten niets uit. Slechts personen die een redelijke kennis hadden van echte aardbevingen hadden zich kunnen realiseren dat honderden gebouwen in Groningen kunnen instorten bij een aardbeving met grondversnellingen van 0,42g.[87]

---

[85] Hierbij moet worden aangetekend dat de berekende prognoses steeds waren gebaseerd op het meest ongunstige scenario, dus niet rekening hielden met de al ingezette gasdruknivellering door het sterk verminderen van de gasproductie uit de boorclusters van de gemeente Loppersum.

[86] Het theoretisch rekenmodel dat men heeft gebruikt niet klopt met werkelijkheid.

[87] Dat is inclusief de rekenmeesters van het KNMI die aardbevingen van over de hele wereld analyseren en ook in de pers lezen wat de gigantische schades zijn met de tientallen of honderden doden.

- De consequenties staan niet in de KNMI- en TNO-rapporten, namelijk dat meer dan 100.000 woningen zwaar beschadigd kunnen raken, waarvan er een groot aantal met kans op instorten. Instorten kan/zal fataal zijn voor de bewoners. Dat zou betekenen dat binnen een paar jaar tientallen doden zouden vallen bij aardbevingen volgens die PGA-prognose.[88]
- Versterking van zoveel gebouwen zou voor een groot aantal jaren zeer veel bouwpersoneel vereisen dat niet in de provincie Groningen beschikbaar was, terwijl het huidige personeel geen kennis had van seismisch resistent bouwen of seismisch versterken (retrofitten).
- Het was duidelijk dat vanaf 2014 het versterken van ongeveer 100.000 gebouwen in en rond het epicentrum vóór 2016 (om te beschermen tegen een PGA 0,36g die vóór 2018 berekend was) volstrekt niet haalbaar was. Bij de berekening van de PGA-acc zou het aantal te versterken gebouwen veel minder zijn, terwijl de NAM dan moest zorgen dat de bevingen niet groter zouden worden dan die PGA-acc. Het basisprobleem was dat de NAM niet stelde: 'We gaan ervoor zorgen dat de bevingen niet groter worden dan de Huizinge beving.' Zie verderop in de tekst het *Stoplicht systeem* van J. J. Bommer (2006).
- Bij de NAM of het Ministerie wist men waarschijnlijk niet goed wat 'seismisch versterken' in de context van de Eurocode 8 betekent. Dat betekent namelijk tot 'net niet instorten'. In de praktijk zou dat betekenen dat als men de huizen zou versterken tegen een PGA 0,42g, en er komt een dergelijke aardbeving, die gebouwen dan zwaar beschadigd kunnen worden, zo zwaar dat de meeste *total loss* zullen zijn. Aan de andere kant zou 'seismisch versterken' volgens de Eurocode 8 helemaal niet nodig zijn wanneer met slechts met een lage PGA-acc rekening zou moeten houden. Wel zou het nodig zijn om de 'hoogrisico-elementen' bij kwetsbare gebouwen aan te pakken, zoals topgevels, schoorstenen en dergelijke.
  De Eurocode 8 over seismische constructies[89] is een richtlijn voor de bouwwereld, waarbij elk land een eigen seismische kaart heeft. Nederland had in 2012 niet een actueel kaartje waar de Groningse bevingen op vermeld stonden. Deze Engelstalige Eurocode 8 is wel leesbaar/begrijpelijk voor HBO-ingenieurs en architecten, maar niet voor de meeste bouwinspecteurs, aannemers, bouwvakkers of de bevolking.
- Minister Kamp (2013) liet zich (foutief) voorlichten[xx] dat de Eurocode 8 niet goed was en in het Nederlands vertaald moest worden. Dit was financieel een interessante klus, maar onnodig, want de Eurocode 8 voldeed volledig aan de informatiebehoefte voor de woningbouw. Waar behoefte aan was, is dat er een aangepast PGA-kaartje als bijlage kwam, en een regeling voor retrofitting. Dat eerste kaartje werd februari 2015 gelanceerd met de maximum horizontale PGA 0,42g in het epicentrum, maar was fout ten opzichte van de behoefte voor de bouwwereld. Bovendien was het een onmogelijke opgave om de gebouwen tijdig (binnen een paar jaar) seismisch te versterken (op 'net-niet-instorten'). Waar ook behoefte aan was, was een Nederlandse vertaling van de basis van de Eurocode 8, maar dan alleen voor baksteen laagbouw; de algemene regels. [xxi]
- Wat wél nodig was, was dat er een Nederlandstalig onderwijspakket moest komen voor MBO-niveau zodat inspecteurs, bedrijven en aannemers beter kennis konden nemen van de aardbevingsproblematiek van de Nederlandse lage gemetselde woningbouw en hoe deze seismisch te versterken (retrofitten) op basis van eenvoudige regels voor verschillende typologieën van lage gemetselde gebouwen.

---

[88] Zoiets is een nationale ramp, groter dan de overstromingen in Zeeland in 1953 die de aanleiding zijn geweest voor de realisatie van de Deltawerken (grotendeels gefinancierd uit de aardgasopbrengsten).

[89] Eurocodes zijn sinds 1990 ontwikkeld en zijn richtlijnen voor de bouw, initieel hoofdzakelijk voor gewapend beton. Daarna zijn er extra onderdelen gekomen. https://nl.wikipedia.org/wiki/Eurocodes

1.4.Vijf gemiste checks vóór de publicatie van de Mmax

In het traject voor het publiceren van de Mmax waren er vijf momenten waarbij men zich had kunnen afvragen of de uitkomsten van de Mmax berekening wel met de realiteit strookten.

1. De opdracht van de NAM naar het KNMI om de zwaarst mogelijke Mmax te berekenen, na de aardbeving van 16 augustus 2012 te Huizinge.
2. De rekenresultaten van de deskundigen die teruggekoppeld werden naar de NAM.
3. De beoordeling van de rekenresultaten door de SodM op 16 januari 2013.
4. De beoordeling van de externe consultants op het nieuwe Winningsplan 2013.
5. De publicatie naar de media van de nieuw uitgerekende Mmax door de NAM. De NAM had veel eerder zelf berekeningen gedaan dat de Mmax niet groter zou worden dan Mw 4, waarschijnlijk tot Mw 3,9 op basis van het relatief kleine aantal bevingen tot het jaar 2000. Toch namen ze de sterk verhoogde waarden over zonder herbeoordeling.

Deze vijf momenten worden hierna toegelicht.

1.4.1. De opdracht van de NAM naar het KNMI

In de volgende tabel worden drie bevingen met elkaar vergeleken, allen op 3 km diepte. Daarachter wordt een beving gezet van slechts 0,1 magnitude hoger dan de Huizinge beving. Dat wil zeggen nog lang geen 0,3 magnitude hoger dan een Mmax van Mw 3,9 zoals eerder door de NAM berekend.

Tabel 7. Vergelijking oude aardbevingen

Datum	Locatie	Magnitude	PGA en verplaatsing	schademeldingen	niveau
08-8-2006	Westeremden	3,5	0,06g 32 mm	416	DS1
16-8-2012	Huizinge	3,6 = + 0,1 magnitude	0,085g = 1,4 x PGA	2.200 = 5 x zoveel schade Als de beving van Mw 3,5	DS1 weinig DS2
30-10-2008	Loppersum	3,2	0,05g 15 mm	208	DS1
16-8-2012	Huizinge	3,6 = + 0,4 x magnitude	0,085g = 1,7 x PGA	2.200 =10 x zoveel schade als de beving van Mw 3.2	DS 1 weinig DS2
16-8-2012	Huizinge	3,6	0,085g 50 mm	2.200 schade gevallen	DS1 en DS2
Toekomstige aardbeving	Gemeente Loppersum	3,7 = + 0,1 x magnitude	0,12g = 1,4 x PGA	11.000 = 5 x zoveel schade als de beving Mw 3,6	DS1, DS2 + DS3

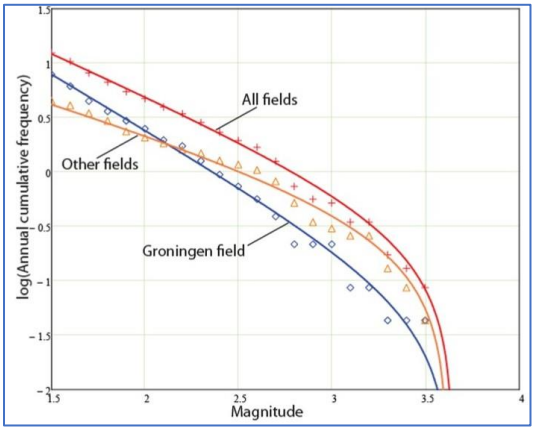
De PGA van de Loppersumbeving kan niet eenvoudig gevonden worden, maar de Huizingebeving van 2012 heeft wel 10x zoveel schade opgeleverd als de Loppersumbeving van 30 oktober 2008 en 5x de schade als de Westeremdenbeving.[90] Wanneer 0,1 magnitude sterker al 5x zoveel schade oplevert zou een beving van Mw 3,7 meer dan 10.000 schadegevallen opleveren. Doorgerekend met de Mw, PGA en verplaatsing zou dat bij een beving met 0,2 magnitude sterker van Mw 3,8 wellicht 100.000 schadegevallen opleveren. Niet alleen het aantal schadegevallen loopt dan op, maar ook de grootte van de schade neemt toe van DS1 naar DS2 en DS3.[91]

Op basis van deze eenvoudige schatting had de NAM kunnen concluderen dat een Mmax 3,9 heel veel gebouwen in de provincie (meer dan 100.000) grote schade zouden kunnen oplopen.
De opdracht naar het KNMI had al op die basis aangepast kunnen worden met de vraag hoe men zou kunnen voorkomen dat een Mw 4 zich gaat voordoen.

[90] Dit is lichte scheurschade in muren die eenvoudig te zien is. Feitelijk is er meer schade, maar die wordt pas na verloop van tijd en beter onderzoek zichtbaar. De meer gedetailleerde gegevens geven aan dat er voor de sterkte een onzekerheid zit van ongeveer 0,2 magnitude. De horizontale verplaatsing is naast de PGA een belangrijke factor voor de gebouwschade. De verplaatsing heeft een geschatte tolerantie van 30%.

[91] Hierbij werd aangenomen dat de hele provincie eenzelfde dichtheid van bebouwing heeft, maar dat is natuurlijk niet zo. Dorpjes op meer dan 5 km van het epicentrum zullen een veel kleinere PGA ondervinden en dus minder schade.

1.4.2. De rekenmethoden van de KNMI



Figuur 21. Grafiek schattingen van maximale aardbeving Groningen veld in 2010.
De jaarlijkse cumulatieve frequentie van de bevingen als een functie van de magnitude voor alle velden samen (rood). Het Gronings veld is blauw. Andere velden zijn oranje. De formules houden in dat de frequentie naar nul gaat (dus de logaritme naar min oneindig) als een waarde van M (namelijk de Mmax) genaderd wordt.

Uit de 2010 berekeningen van Dost/Goutbeek/Eck/Kraaijpoel [xxii] werd een grafiek bepaald waarbij ook de bevingen in de regio Alkmaar (gasveld Bergermeer)[92] zijn uitgezet.

De punten in de grafiek stellen waargenomen frequenties voor van aardbevingen met diverse magnitudes. De na de meetpunten verlengde krommes geven zo goed mogelijk de zogeheten *Bounded Gutenberg-Richter relationship* weer. Die gaan naar min-oneindig (dus frequentie nul) als een bepaalde waarde, de Mmax, genaderd wordt. Die limietwaarde is voor deze drie lijnen kennelijk ongeveer Mw 3,7. Als je de Groningse data langs een rechte lijn extrapoleert zal magnitude 4 of meer, ver onder de kans 10^{-2} (1% dus) blijven. Op grond van deze data kan **magnitude 5 gevoeglijk als uitgesloten beschouwd worden. Dus ook een grotere magnitude.**

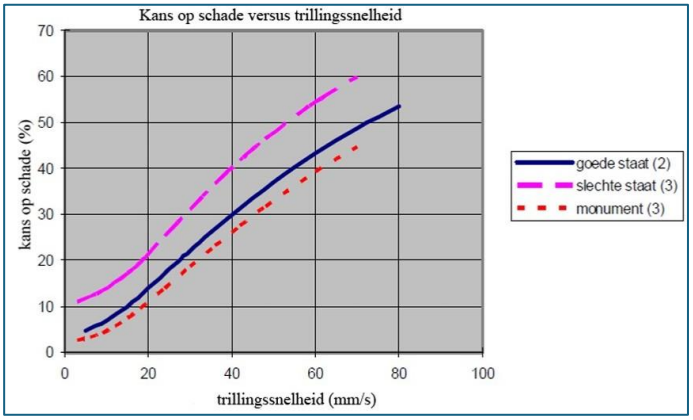
Wanneer men deze lijnen door zou zetten met een iets mindere kromming dan eindigt de zwaarste schatting inderdaad nog vóór de Mw 4 uit, zeker bij de kromme van de aardbevingen in het Groningse veld. Om op basis van deze grafiek te veronderstellen dat de kromme zal afbuigen naar Mw 5 is onlogisch tenzij de aannamen voor deze grafiek verkeerd waren. Het rapport van het KNMI uit 2013 stelt ook: "*Het is daarom mogelijk dat bij die kwart van de productiesnelheid na enkele jaren vrijwel geen aardbevingen met een magnitude gelijk of groter dan Mw 1,5 meer zouden optreden in het Groningen veld*."

Bij de nieuwe berekeningen van 2013 moet het KNMI geconcludeerd hebben dat de eerdere berekeningen uit 2010 op basis van onvoldoende data waren ontwikkeld en dat de op basis van de geplande hoge gasproductie in combinatie met de Gutenberg-Richter-constante op een aanzienlijk hogere magnitude uitkwam dan Mw 5. De fysieke consequenties van een dergelijke zwaardere magnitude werd niet beoordeeld, terwijl dat wel zo was bij met de 2010 berekeningen.[93] Hierin wordt de kans op (lichte, niet constructieve) schade berekend op basis van de trillingssnelheid van de zwaarste beving. Wanneer wordt uitgegaan van een Mw 3,9 met een trillingssnelheid van maximaal 69 mm/s dan zal het percentage in de onderstaande grafiek optreden.

---

[92] De bevingen in de regio Alkmaar zijn iets zwaarder dan die in de regio Loppersum. Er is geen informatie gevonden of dit te maken heeft met een andere dikte van het Zechstein.

[93] De annex aan het KNMI Scientific report; WR 2012-03. Appendix C TNO-KNMI report on maximum damage due to induced earthquakes 3 mei 2011 door Kanten-Roos/Dost/Vrouwenvelder/Eck refers.



Figuur 22. Kans op lichte schade van bebouwing in de regio Alkmaar bij Mw 3,9.
In het oudere KNMI-rapport WR2012-03 (Appendix C. TNO-KNMI report on maximum damage due to increased earthquakes) wordt een schatting gemaakt van de mogelijke gebouwschade bij een maximale trillingssnelheid tot 60 mm/s.

In dit rapport wordt de kans op (lichte, niet constructieve) schade berekend op basis van de trillingssnelheid van de zwaarste beving. Voor de situatie waarin wordt uitgegaan van een Mw 3,9 met een trillingssnelheid van maximaal 69 mm/s geeft bovenstaande grafiek de kans op het optreden van lichte schade weer; voor monumenten is dat 45%, voor gebouwen in goede staat 50% en voor gebouwen in slechte staat 60%. Daarbij moet worden opgemerkt dat de bebouwing in de provincie Groningen relatief meer gebouwen in slechte staat heeft vanwege de jarenlang economische krimp.

Door deze schadeberekening niet voor de provincie Groningen te maken op basis van de nieuwe berekeningen na de Huizingebeving, werd een belangrijke informatiebron gemist waaruit zou blijken dat de schade aanzienlijk zou zijn en in hele grote aantallen bij een veel zwaardere aardbeving. Het KNMI met uitgebreide kennis over internationale aardbevingen en van aardbevingen Mw 6,0 (meestal op een dozijn km diep en dieper), had kunnen weten dat een Mw 6,0 op slechts 3 km diepte een zeer zware PGA zou opleveren met catastrofale gevolgen (veel instortingen en doden). **Met die kennis werd niets gedaan.**

1.4.3. De controle van het SodM op de KNMI-resultaten

In januari 2013 heeft het SodM een (confidentieel) rapport uitgebracht, inclusief een toelichting van het KNMI op de berekeningen.[xxiii] Deze analyse geeft een extrapolatie in de tijd en een extrapolatie in de magnitude waarbij gebruik is gemaakt van de aanname dat de Gutenberg-Richter-constante doorberekend kan worden voor het Groningse veld.

Daarbij wordt onder andere geconcludeerd dat:

a. De seismiciteit is in 2012 toegenomen in vergelijking met 2009 en deze is niet gelijkmatig.
b. De eerste lichte aardbevingen ontstaan bij een drukverlaging in het zandsteen tot ongeveer 145 bar. Bij verlaging tot 122 bar ontstaan bevingen van magnitudes van 1,5 tot Mw 2,5.[94]
c. De Gutenberg-Richter-constante **lijkt te bestaan** voor het Groningse veld, waarbij aardbevingen met een Mw groter dan 3,5 zijn 10 maal minder waarschijnlijk [95] dan aardbevingen groter dan Mw 2,5.[96]

[94] Hier wordt tegelijk aangegeven dat men sinds 2012 nauwkeuriger in staat is om de aardbevingen te relateren aan de verlangende druk in het gasveld.

[95] Sinds er in 2012 maar twee bevingen van Mw 3,5 of groter zijn geweest is extrapolatie van de Gutenberg-Richter-constante gebaseerd op de bevingen van Mw 2,5 en hoger. Om op basis van deze methode, in combinatie met een verhoging van de

d. Cumulatieve aardgasproductie is verantwoordelijk voor de compactie en we zijn het erover eens dat differentiële verdichting (tussen verschillende secties in het zandsteen) hoogstwaarschijnlijk de drijvende kracht is achter seismiciteit in het veld.
e. **Er kan geen uitspraak gedaan worden over de Mmax.**[97 en 98]
f. Wanneer de productie nog eens gehalveerd wordt naar 12 miljard m^3/jaar dan wordt het risico op bevingen minimaal en treden er geen bevingen op groter dan Mw 1,5.

Dr. Jan Willem Nienhuys, wiskundige TU Eindhoven, legt uit hoe de Mmax wel bepaald kan worden:

Stap 1. Neem aan dat Gutenberg-Richter geldt tot een bepaalde waarde, maar dat vanaf die bepaalde waarde, de Mmax, de frequentie nul is.
Stap 2. Kies een magnitude, M, die zich nog niet heeft voorgedaan.
Stap 3. Bereken met behulp van de Gutenberg-Richter-constante wat de frequentie van die M is.
Stap 4. Die M heeft zich nog niet voorgedaan. Bereken hoe waarschijnlijk dat is, aangenomen dat de frequentie die in stap 3 berekend is, correct is.
Stap 5. Als de waarschijnlijkheid extreem laag is (met andere woorden, die M zou zich hoogstwaarschijnlijk al hebben voorgedaan als die berekende frequentie had geklopt), dan concludeer je dat Mmax < M. 'Extreem laag' zou je 5% kunnen nemen, maar minder is goed verdedigbaar, omdat het om grote belangen gaat.
Stap 6. Herhaal met andere M.
In het concrete geval dat je 5% extreem laag vindt: dat betekent dat er geen aardbevingen van die sterkte zijn geweest in een periode waarin je er wel 3 had verwacht volgens Gutenberg-Richter.
(NB. 3 = -ln (0,05)). Je verwacht er 3 wanneer er 30 zijn geweest in diezelfde periode met 1 magnitude lager. (Als de GR constante 10 is).
Nog beknopter: je kunt pas van een Mmax spreken als het een sterkte betreft waarvan er op grond van Gutenberg-Richter al zeker 3 geweest hadden moeten zijn, terwijl er feitelijk geen een geweest is. Dit type berekening is mogelijk als je tot aan Mmax een flink aantal aardbevingen hebt. Nu waren er maar paar aardbevingen tussen 3,0 en 3,6. Dan is het onmogelijk om te concluderen dat de waarschijnlijkheid van een beving met M =3,7 of meer zo groot is (bijvoorbeeld 95%) dat het hypothetische cutoff point Mmax wel daar moet liggen. Kortom, of dit model ergens op slaat is al hypothetisch, maar zelfs als het van toepassing is, is elke poging om in dit geval de Mmax van dat model te bepalen pure pseudowetenschap.

Er wordt dus een handvat aangegeven over hoe de NAM de bevingen kan minimaliseren. In grote lijnen wordt aangegeven dat de productiesnelheid direct gerelateerd is aan de aardbeving frequentie. Halveert de productiesnelheid, dan halveert het aantal bevingen.

De SodM stelt slechts de vraag[99] of men de gaskraan moet regelen, maar stelt niet (januari 2013) dat de gaskraan behoorlijk dicht gedraaid moet worden.

---

frequentie van alle bevingen te komen tot bevingen boven de Mw 4,5 resulteert in dergelijke bevingen die **ver voorbij het beëindigen van de aardgasproductie liggen**.

[96] De term 'lijkt te bestaan' duidt erop dat men niet zeker is over de toekomst. Vooral wanneer men gaat sturen met de gasonttrekking en daarmee de mate van compactie zal deze Gutenberg-Richter-constante veranderen.

[97] Terwijl de NAM wel een Mmax aangeeft, beweert de SodM dat er géén uitspraak over gedaan kan worden. **In feite hebben Muntendam-Bos en Van Dalen geen flauw idee wat de Mmax kan zijn.**

[98] Weinigen leken te begrijpen dat die Mmax een **theoretisch en niet bestaand extreem getal** was in een dubieus rekenmodel. Dat de auteurs van die rekenmodellen zelf zeiden dat ze geen slag konden slaan naar de werkelijke waarde van Mmax, scheen iedereen te ontgaan.

[99] Letterlijk in de Engelse tekst: pagina 33, 'We should think about': 6. Do we need a "Hand on the Tap" type of approach for Groningen? Dus geen verplichting om de productie te verlagen. Die verplichting kan alleen worden opgelegd door de Minister van Economische Zaken. Reden van de brief van 13 januari 2014.

De SodM is namelijk niet de opdrachtgever van de NAM. Ook wordt er niets gesteld over de relatie tussen de aardbevingen en de gebouwschade. Als resultaat van de beoordeling van het gewijzigde Winningsplan 2013 schijft de SodM een advies aan de Minister van Economische Zaken[xxiv] geeft het volgende aan:

- De vraag over de Mmax van het nieuwe Winningsplan wordt niet beantwoord.
- Het Winningsplan geeft geen adequaat inzicht in de grootte van de veiligheidsrisico's door aardbevingen. De inzichten op het veiligheidsrisico zijn nauwelijks meegenomen.
- Op basis van SodM berekeningen is het dreigingsrisico vergelijkbaar met **de hoogste landelijke overstromingsrisico's** en is dit aardbevingsrisico 'hoog'.
- In het eerste gewijzigde voorstel neemt de NAM geen maatregelen om de seismische activiteit terug te brengen door bijvoorbeeld productievermindering.
- Het aantal meetpunten moet worden vergroot om meer inzicht te krijgen.
- De Minister EZ zou niet moeten instemmen met het eerste gewijzigde Winningsplan en moet de clusters regio Loppersum voor drie jaar te sluiten.
- Het ontwikkelen van een landelijk risicobeleid voor grootschalige veiligheidsrisico's is nodig.

Het advies van het SodM (januari 2014) dat de bevingen zullen verminderen als de gaskraan wordt dichtgedraaid is duidelijk, maar gaat naar de Minister van Economische Zaken. Die dit weer moet vertalen naar een opdracht naar de NAM.

1.4.4. De beoordeling van de externe consultants van het Winningsplan 2013

De berekeningen van het KNMI werden verwerkt in de aangepaste versie van het Winningsplan 2013 (*Technical addendum november 2013, Confidential*)[xxv] dat vervolgens werd voorgelegd aan verschillende externe deskundige voor verificatie. De review door prof. Ian Main, van de University of Edinburgh, October 7, 2013, geeft aan dat de partitie-coëfficiënt verkeerd is ingeschat, omdat bij een dikte van maximaal 200 m en een oppervlakte van meer dan 15 km^2 het veld niet in haar geheel kan instorten en de partitie-coëfficiënt hooguit slechts 1/10 zal zijn van de in het Winningsplan 2013 aangegeven waarde.

Daarnaast werd TNO-AGE (Advisory Group) gecontracteerd om het rapport van het KNMI verder te bestuderen en daarmee ook de toevoeging aan het Winningsplan 2013 (uitbreiding van het Winningsplan 2007). TNO geeft aan dat de partitioning coëfficiënt niet meer kan zijn dan 0,1% of 1/1000 van het gasveld (160 km^2). Dit komt overeen met een gebied dat tweemaal zo breed is (400 m) als de maximale dikte (200 m) met een oppervlakte van 0,16 km^2. Controleberekeningen op het Winningsplan 2013 laten het TNO (op verzoek van de SodM) zien dat het sluiten van de productie in de Loppersumregio een significante afname van de bevingen en de dreiging zal opleveren.

De NAM contracteerde haar internationale consultant Arup om onderzoek te doen naar het risico van de maximale aardbeving en een grootschalig plan op te stellen voor het herstel en seismisch versterken van de bebouwing in de provincie Groningen.

Op basis van de informatie zou een aardbeving met PGA_h 0,24g (hooguit Mw 4,5) al massale schade en herstelkosten veroorzaken. Het KNMI had echter Mmax 6,0 uitgerekend[100] wat heel veel meer schade zou produceren (en doden). Geen van de drie observaties leidden ertoe voor de NAM om de Mmax te verlagen door het Winningsplan 2013 aan te passen naar de lagere producties zoals de SodM had gesuggereerd.

[100] Dat wil zeggen: 'Ze wisten zo weinig dat ze het niet kunnen uitsluiten' of 'een beving met die magnitude heeft kans van zus of zoveel procent.' Het SodM ging niet verder dan 'als Mmax = 6,0 dan is de kans op een beving van Mw 3,9 of hoger gelijk aan 7,6% per jaar'.

1.4.5. De publicatie van het opnieuw gewijzigde Winningsplan 2013

Met de informaties van de voorgaande rapporten en de instructie van de Minister EZ werd het Winningsplan 2013 verder aangepast en de boorclusters in de regio Loppersum gesloten. De NAM heeft als eindverantwoordelijke van de laatste versie van het Winningsplan 2013 niets gewijzigd aan de onmogelijke Mmax 6,0 die was berekend in de vorige versie. De media hebben die Mw 6,0 voor de mogelijke toekomstige aardebeving overgenomen, waarna de deskundigen via een PSHA (Mmaxen met gemiddeld Mw 5,0) daar de PGA_h 0,42g aan hadden verbonden. Een horizontale PGA_h van 0,42g zou zeer zware schade en vele instortingen in het epicentrum veroorzaken. Nadat de media in de daaropvolgende jaren regelmatig foto's van zware aardbevingen (Italië, Nepal, enz.) publiceerden, namen de angstgevoelens on de Groningse bevolking waarschijnlijk steeds verder toe.

Wanneer de NEN-commissie bij deskundigen zoals Arup, Arcadis of Deltares [101] had nagevraagd wat een PGA 0,42g voor de provincie zou betekenen (of het 2013 Arup-rapport had gelezen), dan was er wellicht over nagedacht en was er een ander PGA-kaartje uit gekomen.

Conclusie: De NAM had een nieuwe kansberekening kunnen maken op basis van het sluiten van de Loppersum bronnenclusters en de daaropvolgend de continue verlaging van de gasproductie tot maximaal 12 miljard m^3/jaar, zijnde een kwart van de productie. In dat geval had een prognose van de meest waarschijnlijke grootste Mw onder die van de Huizingebeving gelegen, zoals al door de NAM was vermeld in dat Winningsplan.

In die situatie was de (sociale) dynamiek in Groningen anders geworden en was er geen paniek ontstaan over de (onmogelijke) Mmax van een beving Mw 6,0 die ongeveer 1000 maal zo energierijk is als Mw 4,0.

Aanvullend daarop kon er dan ook een realistischer NEN-kaartje bij de NPR gemaakt worden, waarmee honderden miljoenen euro's bezuinigd had kunnen worden.[102] Dat geld had dan besteed kunnen worden aan woningen verduurzamen.

1.4.6. Samenvatting paragrafen van 1.4.

Er zijn 14 aardbevingen van Richter 3,0 of groter geweest, met de zwaarste beving op 16 augustus 2012 te Huizinge met Richter 3,6 met verticale PGA_v 0,085g of horizontaal PGA_h 0,05g (EMS-schaal IV, lichte aardbeving). In seismische termen is dat dus een lichte beving, maar veel oude woningen ondervonden een schade van het niveau DS1. De PGA-waarde van de meeste andere bevingen was lager, met uitzondering van Zeerijp (PGA_v 0,11g).

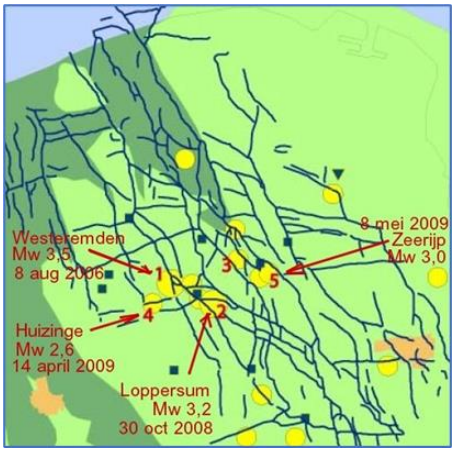
De relatie tussen de PGA en de Richterwaarde ligt bij tektonische aardbevingen niet vast, maar omdat de bevingen in Groningen allemaal uit de zandsteenformatie op 3 km diepte komen, kan er wel een vaste relatie worden bepaald.

---

[101] Rapport uit 2013: Effecten geïnduceerde aardbevingen op het Gasunienetwerk in Groningen Studie naar de robuustheid van het gasleidingennetwerk, Deltares 2013 in opdracht van Nederlandse Gasunie. Hierin wordt gesteld dat "Bij een PGA 0,5g zal metselwerk van de Gas Ontvangst Stations van de NAM vrijwel zeker instorten, dit leidt tot schade aan secundaire systemen en mechanische of civiele constructies als deze niet goed zijn beschermd." Het metselwerk van woningbouw is aanzienlijk zwakker vanwege de raampartijen en zal dan ook zeker instorten bij de voorgestelde PGA 0,42g.

[102] Sommigen zullen stellen dat dit achteraf praten is, maar dat is slechts gedeeltelijk zo. Eerst kwam de NAM met de verkeerde Mmax 6,0, die niet door de media of de bevolking en de NEN-commissie werd begrepen. Die NEN publiceerde vervolgens het PGA_h 0,42g kaartje (van andere deskundigen/wetenschappers). Dit is met de slechte schade afhandeling de kernoorzaak van het sociaaleconomische aardgasdebacle.

De nieuwe maximumwaarden die in 2013 uitgerekend werden hadden verschillende verhogings-factoren waardoor ze erg hoog uitvielen. Echter, de invloed van het bovenliggende zoutsteen werd niet voldoende meegenomen in de PGA-berekeningen, waardoor deze ook heel hoog uitvielen. Hieronder staan de 14 sterkste aardbevingen groter of gelijk aan Richter 3,0 in Groningen: Van de meeste bevingen is de PGA_v niet eenvoudig meer te vinden.



Figuur 23. Aardbevingen vóór de Huizinge beving 2012 met locatie.
Bron KNMI, en https://nl.wikipedia.org/wiki/Lijst_van_zwaarste_aardbevingen_in_Nederland

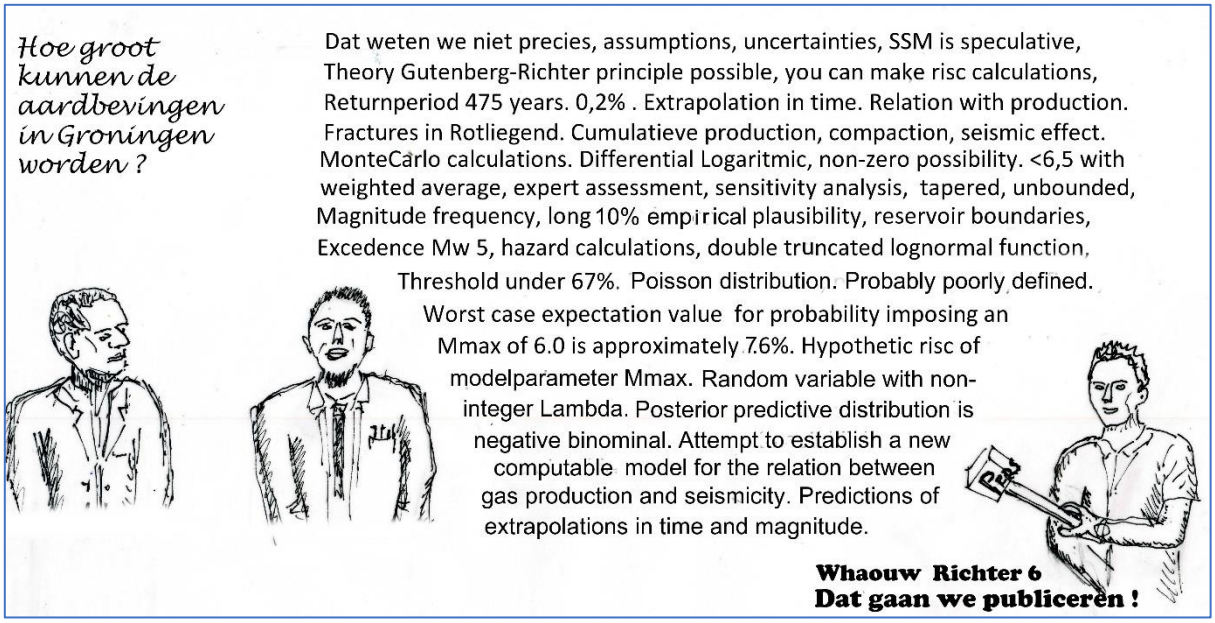
				Displacement
1.	8 augustus 2006	te Westeremden,	Richter 3,5 PGA_v 0,06g	32 ± 15 mm
2.	30 oktober 2008	te Loppersum,	Richter 3,2	15 ± 6 mm
3.	8 mei 2009	te Zeerijp,	Richter 3,0	
4.	26 juni 2011	te Westeremden,	Richter 3,2	
5.	27 juni 2011	te Garrelsweer,	Richter 3,2	
6.	16 augustus 2012	te Huizinge,	Richter 3,6 PGA_v 0,085g	
7.	7 februari 2013	te Zandeweer,	Richter 3,2	
8.	16 november 2013	te Garrelsweer,	Richter 3,2	
9.	25 januari 2013	te Westeremden,	Richter 3,1	
10.	30 september 2015	te Hellum,	Richter 3,1	
11.	8 januari 2018	te Zeerijp,	Richter 3,4 PGA_v 0,11g	
12.	22 mei 2019	te Westerwijdwerd,	Richter 3,4	
13.	16 november 2021	te Garrelsweer,	Richter 3,2	
14.	8 oktober 2022	te Wirdum,	Richter 3,1 PGA_v 0,06g	

Ofschoon het KNMI (ook het SodM) wel aangaf wat de vaagheden van de berekeningen waren is de Mmax van 6,0 of Mmax 6,5 wel in het Winningsplan blijven staan en zo in de publiciteit gekomen. Het tweede probleem was dat aan die hoge (onmogelijke) Mmax ook een hele hoge PGA_h werd verbonden voor de NPR 9998:2015.

Het valt op dat binnen een jaar verschillende PGA-uitkomsten worden gepubliceerd.

- Advies SodM van juni 2015. Mmax 5,0 en PGA_h tussen de 0,31g – 0,32g. Pagina 22.
- Eerste Advies commissie Meijdam van 23 juni 2015. Mmax 4,5 – 5,0 met PGA_h 0,32g.
- TNO van 24 juni 2015. Mmax tussen 4,1 – 4,7 met PGA_h 0,41g.
- KNMI van 16 oktober 2015. Mmax 5,0 PGA_h 0,36g in de nieuwe NPR 9998.

<u>Noot:</u> In de rest van deze dissertatie wordt slechts de PGA vermeld zonder subscript, omdat verondersteld wordt dat dit de horizontale PGA is waarop de gebouwbelasting wordt bepaald.



Figuur 24. De gecompliceerde, voor de bevolking en pers onduidelijke definitie.
Omdat de media steeds de onzekere prognose van de maximum magnitude van het KNMI-NAM overnamen en daarnaast beelden van over de hele wereld van dergelijke zware aardbevingen lieten zien, ontstond er een vervormd beeld over wat de Groningers nog te wachten stond. Zie tabel 5 met de 30 verschillen tussen tektonische zware aardbevingen en lichte Groningse bevingen. Eigen cartoon.

Door aan de ene kant veel te zware Mmax-waarden op te geven voor de nabije toekomst, en aan de andere kant erg vertragend de versterkingen aan te brengen, of zelfs helemaal <u>niet</u> te versterken, werden er onder de bevolking angstgevoelens gecreëerd over hun veiligheid. Daaroverheen kwam de Commissie Meijdam die de te accepteren risiconorm verhoogde, alsof het gedeeltelijk instorten van 10.000 gebouwen en honderden doden een plaatselijk bouwongeval zou zijn.

1.5. De PGA-berekeningen

De PGA in een aardbevingsgebied hangt af van verschillende factoren.

1. De magnitudes van de te verwachten aardbevingen in de diepe ondergrond die veroorzaakt worden door de mijnbouw (gasexploitatie). Dit waren de verschillende magnitudes die door de wetenschappers waren berekend, echter voor de PGA-berekeningen zijn niet de allerzwaarste Mmaxen meegenomen en hebben de lagere Mmax-waarden een grotere invloed.
2. Echter, omdat die lagere Mmax-waarden ook allemaal veel te hoog waren, en de verticale PGA van de Huizingebeving als uitgangspunt werd genomen waren de uitkomsten extreem hoog. De PGA had dus niet op basis van de Mmaxen uitgerekend moeten worden.
3. De diepte van die aardbevingen. In Groningen is dat steeds 3 km. De schokgolven van ondiepe bevingen bewegen zich door zachtere grondlagen (dan graniet of basalt), waardoor er een snellere reductie is in het signaal.

4. De lengte van het breukgebied dat in beweging komt. In Groningen is dat vrij kort zodat de magnitude klein blijft. Ook blijkt het dat in Groningen de compactieschok niet naar beneden in het Carboon of dieper uitstraalt (naar beneden gereflecteerd door het Zechstein).
5. De soorten aardlagen tussen het hypocentrum en epicentrum. Zachte kalksteen dempt de schokgolven. Het harde Zechstein schijnt de schok te verspreiden wat de beweging in het epicentrum reduceert.
6. De afstand tussen het epicentrum en de locatie van het gebouw.
7. Lagen van zachte of waterhoudende gronden kunnen de PGA verhogen (bij langdurige bevingen), maar in Groningen zullen de hoogfrequente bevingen dempen.
8. De PGA door de deskundigen berekend was de verticale. Voor de gebouwbelasting in de NPR moet echter de horizontale PGA ingevoerd te worden.

De aardbevingsschade aan een gebouw hangt af van de PGA en vele factoren zoals beschreven in het Burgerboek. Deze PGA wordt bepaald door de mogelijke toekomstige magnitudes van de beving(en). Hieruit volgt een 'Logic-tree' van de verschillende mogelijkheden. De PGA wordt uiteindelijk bepaald door de verschillende *Ground Motion Prediction Equations* (GMPE's)[103] voor het epicentrum. Daaruit wordt de PSHA gemaakte, waar een PGA-kaartje uitrolt. Het NPR-resultaat dat op die manier wordt verkregen is een schatting en kan net zoals de Mmax niet met zekerheid worden vastgesteld.

De eerste Groningse PGA contourenkaart werd in 2013 berekend[104] en in de januariversie van de NPR 9998:2015 weergegeven en over een aantal jaren een paar keer aangepast om twee redenen. (1) de gaswinning verminderde, waardoor de Mmax verminderde. (2) Sinds 2014 kwamen steeds meer data beschikbaar over de ondiepe geïnduceerde aardbevingen, waardoor de berekeningen steeds preciezer gemaakt konden worden.[105]

Voor de eerste NPR-kaartberekening werden data gebruikt van tektonische bevingen uit Italië en Turkije waarbij de hoogste Mw 5 was en de laagste de Groningse bevingen tussen Mw 2,7 en Mw 3,6. Het resultaat was met grote onzekerheid vastgesteld door gebrek aan data[106]. Het resultaat was een PGA 0,42g (verticaal) in de Loppersum regio, die horizontaal op het kaartje kwam.

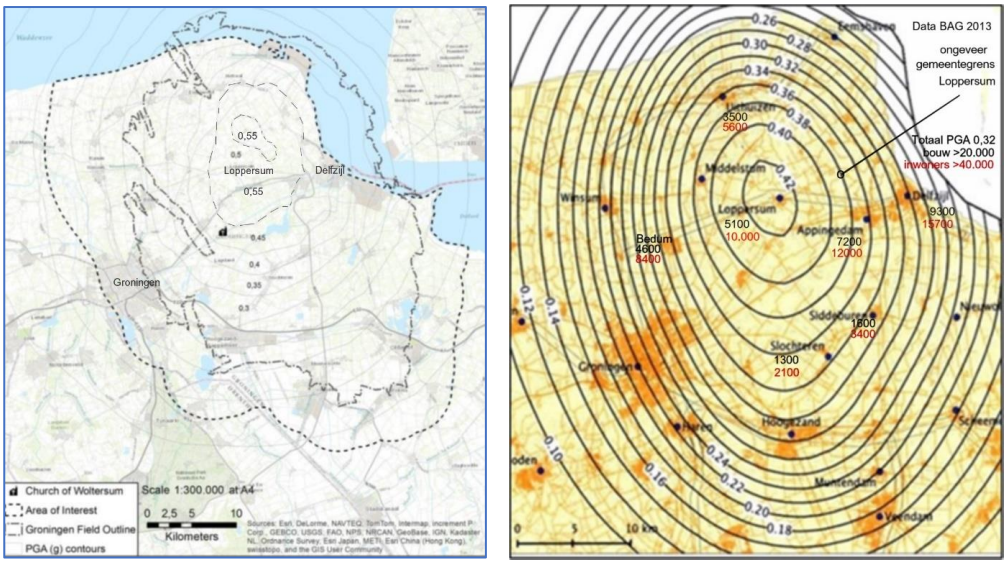
---

103 Samen vormen ze de Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA). Voor de PSHA-berekening worden de verschillende mogelijke magnitudes (10% kans in 50 jaar of herhalingstijd 475 jaar) genomen, waarvan de laagste magnitude hoger is dan de hoogste voorgekomen magnitude.

104 Bernard Dost and Jesper Spetzler, KNMI-report October 2013, en PSHA Groningen update 2015. *Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Induced Earthquakes in Groningen.*

105 Julian J. Bommer, Peter J. Stafford, Elmer Ruigrok, Adrian Rodriguez-Marek, Michail Ntinalexis, Pauline P. Kruiver, Benjamin Edwards, Bernard Dost & Jan van Elk. *Ground-motion prediction models for induced earthquakes in the Groningen gas field, the Netherlands Published: 07 November 2022. Volume 26, pages 1157–1184, (2022).*
https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/groningen/en/ac3beb15-5ad6-4870-854b-ecd711996c4d

106 Bommer, J.J., B. Dost, B. Edwards, P.J. Stafford, J. van Elk, D. Doornhof and M. Ntinalexis (2016), *Developing an Application-specific Ground Motion Model for Induced Seismicity, Bull. Seismol. Soc. AM., 106(1).*



Figuren 25. PGA-kaart 2014 en de NPR 9998:2015 Versie 0 met gebouwen en inwonertal
Links. PGA-kaartje 0,55g uit Arup rapport 15 november 2013 met studie van Woltersumse kerk.
Rechts. De data zijn uit de Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG) 2014 afgerond. Het totaal aantal gebouwen binnen de contourlijn PGA 0,38g (gemeente Loppersum) is ongeveer 20.000 met ongeveer 40.000 inwoners. Bij de schatting van het overlijdensrisico wordt aangenomen dat veel bewoners of thuis zijn, of in andere gebouwen. Op een afstand van 10 km oost-west van het epicentrum is de contour PGA 0,34g.

De NAM-consultant Arup presenteert in november 2013 een serie van vier draftrapporten aan de NAM op basis van de toen ingeschatte PGA 0,55g dat aangaf dat pre-1920 niet-gewapende baksteen gebouwen **kunnen bezwijken bij een PGA 0,25g of groter**. Dit Arup-rapport heeft een annex met voorbeelden van geleden aardbevingen in Italië. De vier rapporten geven in detail aan welke structurele maatregelen nodig zijn om de niet-versterkte oude metselwerk gebouwen seismisch te versterken om bevingen groter dan PGA 0,2g zonder instorting te weerstaan.

Een ander rapport[107] 'Groningen 2013' geeft de PSHA-resultaten weer voor aardbevings-scenario's bij magnitudes Mw 5, die een mogelijkheid hebben van 10% in de komende 10 jaar. Verder ook voor de magnitudes Mw 3,6, Mw 4 en Mw 4,5. Hieruit wordt door de PSHA-methode de PGA berekend, het aantal beschadigde gebouwen en het mogelijke aantal dodelijke slachtoffers.[108]

Ofschoon Bommer (2013)[109] voorstelde om een aanpassing te maken voor aardbevingen kleiner dan Mw 4, werd dit niet door Arup overgenomen. Arup gebruikte een range van magnitudes tussen Mw 3,6 en Mw 5 om de PGA te bepalen. De hogere magnitudes dan de werkelijke resulteren indirect ook in een hogere PGA. Die aanpassing was later wel door Bommer et al. gerealiseerd, hetgeen resulteerde in de PGA 0,42g.

---

107 NAM, Arup title: Groningen 2013. REP/22976/SR001 van 29 november 2013. External ref 20131204035.

108 Arup heeft voor deze berekeningen gebruik gemaakt van twee rapporten:
Pinho, R. (2013) *"Preliminary fragility functions for unreinforced masonry building types within the Groningen region". Presented at Seismic Hazard Workshop, 5/8/2013*. en

Pinho, R. and Crowley, H., (2013*) Preliminary fragility functions for unreinforced masonry building types within the Groningen region".* Version 2.25 September 2013.

109 Akkar, S., Sandikkaya, M.A. and Bommer, J.J. *Empirical Ground-Motion Models for Point- and Extended-Source Crusta lEarthquake Scenarios in Europe and the Middle East".* Bulletin Earthquake Engineering. Volume 12, pages 359–387, (2014).*"*

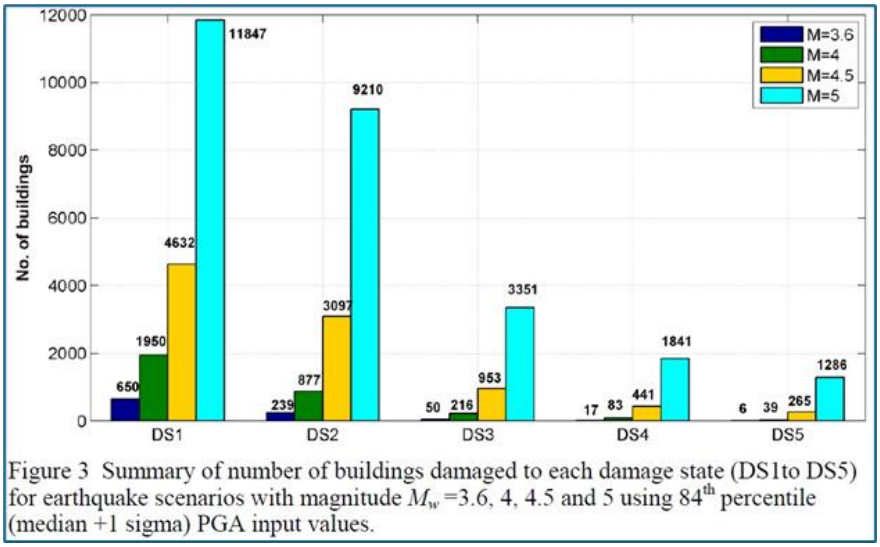


Figure 3 Summary of number of buildings damaged to each damage state (DS1to DS5) for earthquake scenarios with magnitude M_w =3.6, 4, 4.5 and 5 using 84th percentile (median +1 sigma) PGA input values.

Figuur 26. Arup berekeningen van schadeniveau per aardbevingssterkte.
Bron: Arup, Groningen 2013. Bij een Mw 4,5 zouden 4632 woningen DS1 schade oplopen en 265 woningen totaal instorten. Hoofdzakelijk pre-1920 gebouwen. Dit zou in 29 dodelijke slachtoffers resulteren. Bij Mw 5 zouden dat er 118 kunnen zijn; een nationale ramp. De schade was gebaseerd op de korte duur van de schokken zoals die in Groningen voorkomen.

De twee gemeenten Loppersum en Middelstum hadden in 2014 respectievelijk ongeveer 10.000 en 2.000 inwoners met samen ongeveer 5.000 gebouwen. Binnen de contourlijn PGA 0,55g zullen bij die PGA al deze gebouwen zeer zwaar beschadigd worden, en vele (gedeeltelijk) instorten.

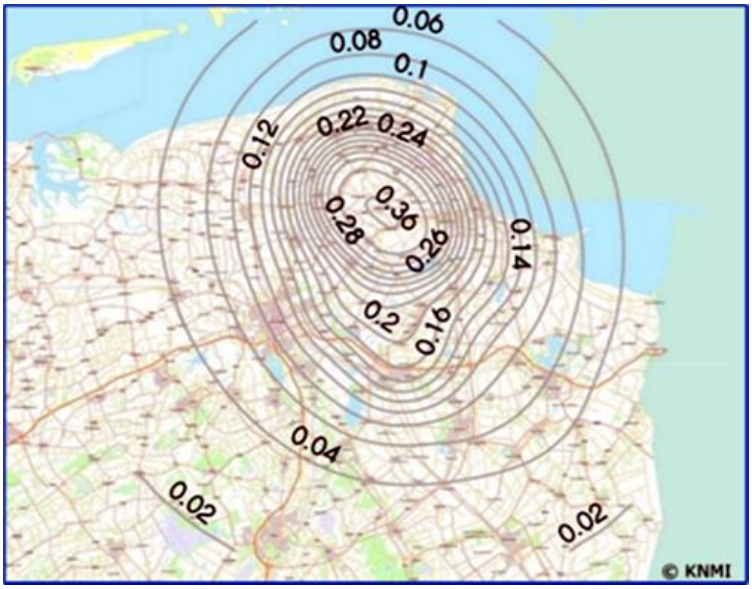
De NPR 9998:2015 kaart (januari versie) met een PGA 0,42g geeft een soortgelijk scenario. Het verschil van het aantal gebouwen tussen de contourlijnen PGA 0,38g (gemeente Loppersum) en 0,32g (Loppersum en Appingedam) is 15.000 gebouwen met 30.000 inwoners. Door de grotere afstand van veel gebouwen tot het epicentrum zal de schade minder groot zijn. De snelle vermindering van de PGA-sterkte is groot door de zachte bodemlagen.

Een PGA 0,2g vereist internationaal seismische versterking van metselwerk gebouwen, omdat dan het (gedeeltelijk) instortrisico groot is. Echter, de baksteen gebouwen van vóór 1920 zijn substantieel zwakker dan de referentie metselwerk gebouwen van andere studies zoals bleek bij de Huizinge aardbeving. Op basis van deze PGA 0,42g schattingen is het aantal gedeeltelijke of hele instortingen van 20.000 gebouwen met een aantal slachtoffers van 200 (= 1%) niet ondenkbaar.

Hoewel er door de KNMI een nieuw PGA-kaartje NPR 9998:2015 oktoberversie 1 werd aangeleverd (onderstaand), met een aanzienlijke verlaging van de PGA in het epicentrum en een halvering van de PGA voor Delfzijl (naar PGA 0,16g), bleven de belastingen voor pre-1920 ongewapend metselwerk erg hoog, met groot risico op forse beschadigingen.

De algemene maatregel was dat de NPR-PGA als basis-rekeninstructie werd opgelegd aan de ingenieursbureaus voor nieuwbouw, **zonder** dat de NPR-informatie verschafte over retrofitting (herstel) van bestaande beschadigde gebouwen.[110] Hiermee werd de volgende stap gezet naar extra hoge kosten voor het versterkingsprogramma.

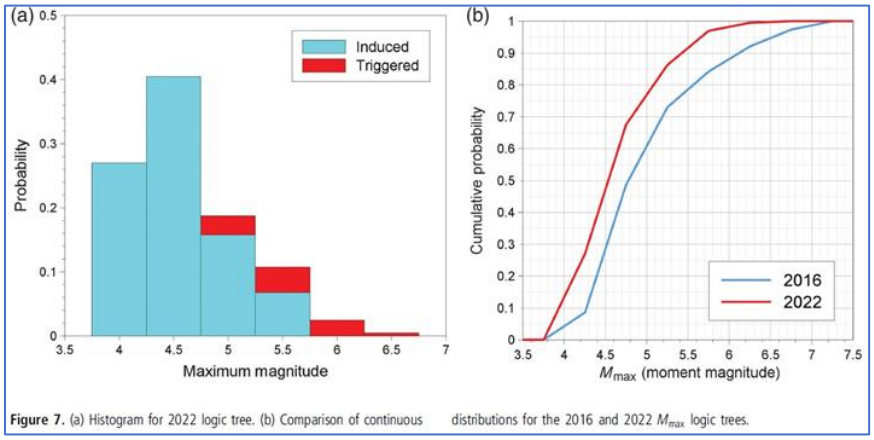
110 In het genoemde rapport van Arup (Groningen 2013) wordt aangegeven dat bij een PGA 0,5g de seismische versterking tegen instorten gebaseerd kan zijn op berekeningen voor een PGA 0,25g (=50% van de theoretisch maximum PGA). In tektonische gebieden is dat de praktijk omdat de Mmax en PGA te hoog worden berekend en de constructie ook meerdere ingebouwde veiligheidsreserves heeft. Deze praktijk bestaat al vele jaren in de USA. In Nieuw-Zeeland wordt voor retrofitting de factor 0,75 of 0,67 gebruikt voor de tektonische bevingen.



Figuur 27. PGA-kaart NPR 9998:2015 medio 2015 met 0,36g.
De contourlijnen PGA 0,22g van deze NPR kaart lopen om Appingedam en door Delfzijl. Voor deze waarden is seismische versterking van nieuwbouw noodzakelijk. Gezien de geleden schade in Huizinge bij een PGA 0,085 (direct 2.200) zal echter bij een PGA 0,2g wel viermaal zoveel schade ontstaan als in Huizinge.

De hierop volgende NPR-kaart had weinig veranderingen en werd ontwikkeld in 2016. [111]

De berekeningen werden later verfijnd door consultants van de NAM. Sinds 2012 werd meer data verzameld en betere berekeningen gemaakt met meer gegevens uit het Groningse gasveld, waardoor de PSHA en de PGA steeds lager uitvielen. Een gedetailleerde berekening wordt na de expertworkshop in Schiphol gemaakt.[112] De hieruit resulterende PSHA is gebaseerd op de integratie van een reeks magnitudes vanaf de kleinste magnitude die schade kan veroorzaken (inclusief Mw 3,6) tot de Mmax 7,0 dat de berekende bovengrens was van alle opties.



Figuur 28. Resultaten van de workshop van maart 2016 in Schiphol, met Mmax schattingen.
Bron: NAM (2016). Groningen seismic hazard and risk assessment. Report on the Mmax expert Workshop 8-10 March 2016, NAM external Rept. World Trade Centre Schiphol Airport, The Netherlands.

111 Frugo. Klaas Siderius en Ben van der Kwaak stellen dat de gekozen PGA 50% te hoog is. *Verhouding NPR 9998 tot de internationale praktijk.* Ontwikkeling van de NPR: ***NPR 9998:2016***/2017 KIVI Geotechniek lezingavond – 13-09-2016.

112 Voor Versie 0 model, 2013 (update), met Mmax=5 en PGA=0,42g wordt door het KNMI verwezen naar *GMPE: Bourne, S.J., S.J. Oates, J.J. Bommer, B. Dost, J. van Elk and D. Doornhof (2015). A Monte Carlo method for probabilistic hazard assessment of induced seismicity due to conventional natural gas production. Seismol. Soc. Am. 105(3), 1721-1738.*

Deze berekeningen zijn gebaseerd op *strike-slip fault* gebeurtenissen, waarbij verschillende deskundigen ervan uitgingen dat de compacties in het Rotliegend zouden kunnen resulteren in de activering van langere breuklijnen in dat Rotliegend of het activeren van grotere dieperliggende breuklijnen in het Carboon en Devoon ter plaatse van de tektonische Lauwerszee-breuklijn (tot zelfs Mmax 7). Deze theorie gaat ervan uit dat het Zechstein de compactie-schokken ook naar beneden zou kunnen reflecteren.

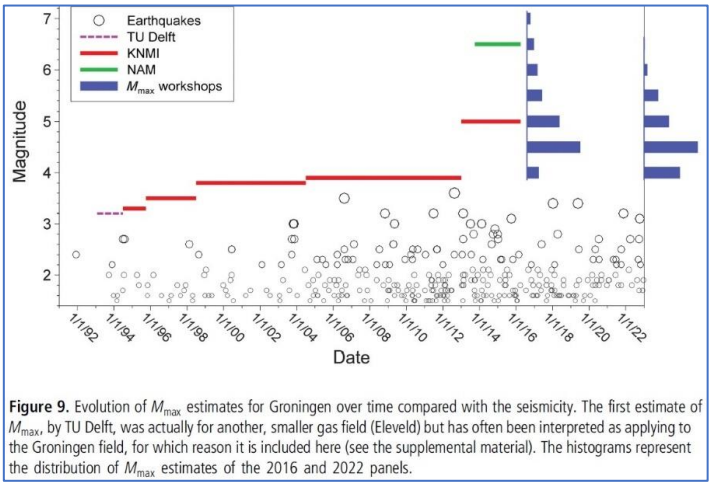


Figure 9. Evolution of M_{max} estimates for Groningen over time compared with the seismicity. The first estimate of M_{max}, by TU Delft, was actually for another, smaller gas field (Eleveld) but has often been interpreted as applying to the Groningen field, for which reason it is included here (see the supplemental material). The histograms represent the distribution of M_{max} estimates of the 2016 and 2022 panels.

Figuur 29. Mmax workshop Schiphol 2016 met schattingen van de Mmax per organisatie.

In deze presentatie stelt de KNMI de Mmax op Mw 5 terwijl enkele buitenlandse leden van de workshop tot aan Mw 7 gingen op basis van de mogelijke activering van een grote diepe tektonische aardbeving. Het Groningse veld blijkt echter al tientallen jaren uitzonderlijk stabiel, met lage magnitudes en korteduur-bevingen.

Een ander Mmax-verhogend aspect is dat referentiedata werden gebruikt uit andere werelddelen waarbij sprake is van het onttrekken van (niet samendrukbare) vloeistoffen (olie/*fracking*), terwijl er in Groningen slechts (samengedrukte) gassen werden gewonnen.[113] Bij het verwijderen van onsamendrukbaar materiaal (vloeistof) treedt er onmiddellijk zakking op, maar bij het verlagen van de gasdruk ontstaat er geleidelijk een veranderde drukverdeling.[114]

Bij de bepaling van de Mmax, wordt de mogelijkheid van het voorkomen gewogen (de zwaarste bevingen weinig en de lichte bevingen veel). De GMPE wordt dan vooral bepaald door de lichte aardbevingen op korte afstand en met een grote overschrijding van die GMPE (Ground Motion Prediction Estimate). Op basis van de vele GMPE's wordt dan de PSHA berekend. Er is dus geen directe relatie tussen de Mmax en de PGA. Echter, wanneer er met een lagere range van Mmax-waarden wordt geschat, zal ook de uiteindelijke PGA veel lager zijn.

Omdat de Huizingebeving een Mw 3,6 had was het voor geologen niet logisch of verantwoord om de PSHA te berekenen met lagere magnitudes. Echter, tegen 2016 was al duidelijk dat de gasproductie steeds verder zou teruglopen en dat er verschillende maatregelen waren genomen om de druk in het gasveld te nivelleren.

---

113 *Estimating the Maximum Magnitude of Induced Earthquakes in the Groningen Gas Field, the Netherlands.* December 2024, Julian J. Bommer, Jan van Elk and Mark D. Zoback.

114 De druk op het Rotliegend is 670 bar. De weerstand op 3 km diepte was van het zandsteen plus 350 bar druk van het gas. Toen de gasdruk onder circa 200 bar was gedaald liep de druk op het zandsteen op tot 470 bar en was de elastische weerstandsgrens van het zandsteen bereikt. Bij een nog lagere gasdruk (ongeveer 150 bar) begon het zandsteen te verkruimelen en in te zakken en ontstonden de eerste lichte bevingen. Naarmate de gasdruk verder daalde, werden de bevingen zwaarder.

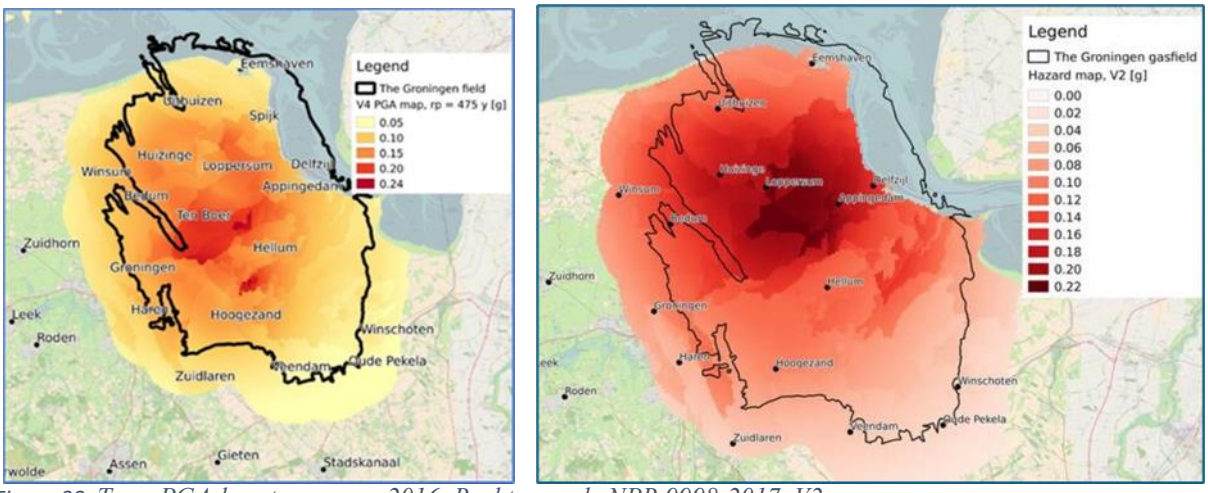


Figure 30. Twee PGA-kaarten van na 2016. Rechts van de NPR 9998:2017, V2

Bron. Seismische hazardkaart NPR 9998:2017 versie 2 KNMI met PGA 0,22g.

Hoewel de bovengenoemde Schiphol-workshop in 2016 plaats vond, werd de nieuwe NPR-kaart pas in 2017 ontwikkeld. De ingenieursbureaus kregen pas de opdracht in 2018 om met de nieuwe NPR-kaart te gaan rekenen. Het gevolg was dat veel gebouwen nog op de PGA-max 0,36g berekend werden, ook zonder verlagende retrofitting voorwaarden.

Vooral een aantal rijtjeswoningen (doorzonwoningen met grote raampartijen op de begane grond) werden hierdoor beoordeeld voor sloop en nieuwbouw omdat seismisch versterken economisch niet rendabel was, onder andere omdat dat dan gepaard moet gaan met verduurzaming. [115] Na 2018 werden er weer nieuwe berekeningen gemaakt die verwerkt werden in de KNMI webtool.

De manier waarop de Mmax geschat kan worden behoeft aanpassing bij geïnduceerde aardbevingen, immers deze bevingen kunnen door de exploitatiemaatschappij beperkt worden. De sturing moet bepaald worden door de PSHA-berekeningen en de PGA van de diverse exploitatieopties en het voorkomen van grote (gebouw)schade.

1.6. Het gebruik van de volledige PGA voor retrofitting

In de eerste plaatst moet de PGA van de seismische code de grootste <u>horizontale</u> acceleratie zijn en niet de (in het Groningse geval de 60% grotere) <u>verticale</u> zoals in de Nederlandse NPR 9998 terecht is gekomen.

In opvolging van een veel oudere seismische code in de USA[116] werd in de Nieuw-Zeelandse seismische code[117] bepaald dat gebouwen of onderdelen van gebouwen die minder dan 34% sterkte hebben volgens die code, onvoldoende robuust zijn en seismisch versterkt moeten worden (New Building Standard 2004, 34%NBS).

---

115 Deze hoogste PGA-berekeningen golden voor het epicentrumgebied, waarbij Appingedam en Delfzijl nog net binnen de contourlijn PGA 0,22g vielen. In die situatie was voor nieuwbouw seismische versterking verplicht.

116 *Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings FEMA 547/2006 Edition.* https://www.wbdg.org/FFC/DHS/fema547.pdf

117 *Building Performance. Seismic risk guidance for buildings.* www.building.govt.nz/assets/Uploads/getting-started/seismic-risk-guidance-for-buildings.pdf en: *Review of seismic provisions of historic New Zealand loading codes. P.N. Davenport. Institute of Geological & Nuclear Sciences, Lower Hutt, New Zealand*.

Een bestaand gebouw met een 50%NBS seismische rating hoeft dan niet per se versterkt te worden, maar een gebouw met een kleinere dan 34%NBS rating moet dan minimaal versterkt worden tot de 50%NBS sterkte. Een gebouw dat een 67%NBS rating heeft wordt als accepteerbaar/voldoende sterk beschouwd, omdat het instortingsgevaar dan minimaal is.[118] Dit is het gevolg van de normale sterkteberekening van een bouwconstructie waar 30% tot 50% zekerheidsmarges zijn ingebouwd. In het geval van Groningen, waar zowel de Mmax en de PGA te hoog zijn berekend is het seismisch versterken tot 50% van de PGA dan ook ruim voldoende (zoals Arup stelde in 2013).

Ofschoon de vertaling van de Eurocode 8 na de aardbeving van Huizinge werd ondernomen (onnodig), geldt deze voor nieuwbouw, terwijl het probleem van seismische versterking juist bij de oude, lage baksteenbouw lag en nog steeds ligt. Dit thema werd in 2014 door de NPR-NEN-commissie niet meegenomen.[119] Het resultaat van deze omissie was dat de NCG en de aangesloten ingenieursbureaus de beschadigde of verdachte woningen tegen de volledige (en al veel te hoge) NPR PGA-waarde gingen beoordelen en daarvoor versterkingsplannen maakten.

Omdat niet de 50% optie werd gebruikt, resulteerde dat in vele malen de noodzakelijke versterkingskosten. Ook resulteerde dit ook in grote vertragingen voor het aanpakken van de woningbouw[120].

Het gevolg van die hoge PGA-waarden voor retrofitting was ook dat vele woningen onnodig werden aangemerkt voor sloop-nieuwbouw, dat eindeloze (daardoor ook hele dure) onderhandelingen opleverde, en het tienvoudige kostten van elementaire seismische versterking met verduurzaming. Daarnaast werd er een aantal materiaaltesten opgezet, waarvan bij sommige de resultaten al tientallen jaren bekend waren (zoals de sterkte van baksteenmetselwerk). Bovendien moesten de ingenieursbureaus na 2016 blijven rekenen op basis van oude NPR-data terwijl er al een veel eerder een nieuwe, lagere NPR-kaart, was gepubliceerd.

Als resultaat van die extra hoge versterkingskosten probeerde de NAM op het gebouwherstel of de versterking van gewone woningen (niet-monumenten en openbare gebouwen) te bezuinigen. Dat werkte averechts, want hierdoor liepen de kosten sterk op vanwege de lange procedures en arbitrage. Tot in 2024 blijven die hoge kosten na-ijlen in de sloop- en nieuwbouwregelingen.

De keten van verkeerde Mmax, GMPE, PSHA, PGA, NPR, retrofitting versterkingsinstructies, veiligheidsnormen en sloop-nieuwbouw regeling, kostten uiteindelijk miljarden euro's extra. Daarbij kan men ook de ongeveer 50 miljard euro kunnen optellen van de waarde van het sinds 2020 niet gewonnen gas.

1.7. Samenvatting.

De NAM heeft sinds 2013 op verschillende manieren geprobeerd te voorkomen dat woningeigenaren met aardbevings-schade tienduizenden euro's te veel aan gebouwreparaties vergoed kregen dan wat de NAM redelijk vond voor herstel of versterking.

---

118 Earthquake Prone Buildings - Guidance and Approaches. Auckland Council Guide (2015) New Zealand https://www.aucklandcouncil.govt.nz/building-and-consents/Documents/earthquake-prone-building-guide.pdf

119 Bij navraag over dit thema (waarom de NPR niet seismisch retrofitting van bestaande bouw tegen een lager % had behandeld) werd mij door de coördinator van NEN-Bouw verteld dat dit niet bekend was en dat ik die informatie maar bij de verschillende commissieleden van de NPR moest navragen.

120 Een voorbeeld was het op *base-isolation* zetten van het gemeentehuis in Loppersum voor de kosten van 4 miljoen euro, terwijl het geen aanmerkelijke schade had opgelopen. De nodige bouwcapaciteit werd daarmee in beslag genomen. Voor dat geld had een 100-tal zwakke woningen adequaat versterkt kunnen worden.

De veel te hoog berekende aardbevingssterktes kunnen indirect angstgevoelens veroorzaakt hebben, terwijl de NPR 9998 met de misleidende PGA-berekeningen leidde tot onnodige research, kostbare versterkingen en vertraging van de uitvoering voor de woningeigenaren.

Het gebureaucratiseerde herstelbeleid werd voortgezet door het CVW met steeds meer aandacht voor procedures en rapporten. Dit leidde tot miljoenen euro's aan extra kosten en meer vertragingen. Daarna namen de NCG en het IMG dit beleid over met meer procedures, bureaucratie en juristen, hetgeen leidde tot honderden miljoenen euro's aan niet-bouwkundige kosten.

De PGA-kaartjes zonder aanpassing voor de horizontale belasting of voor retrofitting in de NPR leidden tot miljarden euro's aan kosten voor sloop en nieuwbouw. De uiteindelijke sociale en politieke situatie veroorzaakte het stopzetten van de gaswinning met ongeveer 50 miljard euro gederfde inkomsten.



12 Binnenland

nrc
DINSDAG 8 APRIL 2025

GRONINGEN

'10.000 woningen zijn nog niet veilig'

Hoewel de veiligheid is verbeterd in Groningen sinds de gaswinning er is gestopt, voldoen nog tienduizend woningen niet aan de veiligheidsnormen.

Babette Stolk

AMSTERDAM

Ongeveer tienduizend woningen in Groningen voldoen door de aardbevingsschade nog niet aan de veiligheidsnorm. Het herstel van de huizen gaat daarbij een stuk langer duren dan verwacht. Dat blijkt uit een rapport van het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) dat op maandag is verschenen. Volgens het SodM is de veiligheid van meer dan 5.500 woningen verbeterd in de afgelopen vijf jaar, maar moeten bijna twee keer zoveel nog verder worden versterkt.

Volgens het SodM duurt de operatie om die woningen te versterken niet tot 2028, zoals eerder was gedacht, maar tot 2034. Vorig jaar besloot de Nationaal Coördinator Groningen (NCG) zelf al om 2028 niet meer als „keiharde deadline" te hanteren. Het doel werd toen verschoven naar tussen 2030 en 2032.

Het duurt nu gemiddeld 6,3 jaar om een woning te herstellen, vanaf het moment van vaststelling van schade. Dat is langer dan vier jaar geleden, toen duurde dat proces nog gemiddeld 5,4 jaar. „De bouwtijd per woning is ook toegenomen, van minder dan 8 maanden in 2023, naar 9,5 maanden in 2024", aldus het SodM.

Het is niet duidelijk waar die vertraging precies door komt. Volgens een woordvoerder van het SodM heeft de NCG er de afgelopen jaren veel „extra taken" bij gekregen die „reden zijn geweest voor vertragingen".

Volgens de woordvoerder vreest het SodM dat woningen met lichte schade die worden hersteld gelijk ook moeten worden geïsoleerd. Dat is sinds eind januari verplicht en kan voor verdere vertraging zorgen. De NCG zelf beschreef die isolering eind maart al als „extra werkzaamheden" die „extra tijd" kosten. Ook noemde het NCG „risico's" die het proces kunnen vertragen: „Bijvoorbeeld een tekort aan vakmensen of dat nutsvoorzieningen niet op tijd klaar zijn."

Operatie om woningen te versterken zal niet tot 2028 maar tot 2034 duren

„De schade aan woningen en de lange wachttijd voor herstel en versterking zorgen voor stress en gezondheidsproblemen bij bewoners", zegt het SodM. Vooral mensen die vaker schade aan hun woning hadden, hebben vaker gezondheidsproblemen. Wel voelen bewoners van woningen die al versterkt zijn zich veiliger - bij die groep nemen de stressklachten af en verbetert hun gezondheid.

Een deel van de woningen dat gecontroleerd werd op schade, werd nog voor herstelingrepen als veilig beoordeeld. Het aantal woningen dat als veilig werd beoordeeld is 3.560, meer dan dubbel het aantal dat werd verwacht. In het afgelopen jaar controleerde de NCG 4.016 woningen, minder dan de doelstelling.

In het rapport van het SodM staat verder dat in 2024 nog 19.000 meldingen van schade door 'bodembeweging' werden gedaan bij het Instituut Mijnbouwschade Groningen. Ondanks dat de gaswinning is gestopt, gaat die bodembeweging - waaronder ook aardbevingen - wel door. „Dit komt doordat de druk in het grasveld zich nog moet aanpassen", aldus het rapport. De bodembeweging moet de komende 30 jaar nog gemonitord worden.

Op 15 april verschijnt een onafhankelijk onderzoek naar de maatregelen van het kabinet over het schadeherstel en de versterking van huizen in de regio's Groningen en Noord-Drenthe.

Protestborden in het Groningse Zeerijp. FOTO KEES VAN DE VEEN

Figuur 31. Recent krantenartikel met de prognose tot 2034 voor het voltooien.
Het krantenartikel met informatie van de SodM illustreert het gevolg aan van de (verkeerde) toepassing van de PGA in de NPR, waardoor de seismische versterkingsoperaties nog 10 jaar tot in 2034 door blijven lopen.

1.8. Het bepalen van de PGA-accepteerbaar

Het hoofdargument van deze dissertatie (sinds 2022) is dat men niet moet uitgaan van een Mmax bij geïnduceerde aardbevingen, maar dat men aan de hand van het soort en de ouderdom van de bebouwing en de mogelijke schade aan die gebouwen moet bepalen wat de maximaal toelaatbare PGA is. Vervolgens moeten de gebouwen en/of de gasproductie daarop aangepast worden. Om dat te realiseren moet er een seismische analyse gemaakt worden van de verschillende typologieën van alle bebouwing en per typologie het theoretische schadeniveau vaststellen bij elk PGA-niveau (DS1, etc.).

Als volgende stap zal het mijnbouwbedrijf overleg moeten plegen met de (eigenaar)bewoners in de regio. Afhankelijk van de geplande vergoedingen, versterkingen en compensaties kan dan worden vastgesteld welke gebouwen in aanmerking komen voor seismische versterking, verduurzaming of sloop en nieuwbouw.

Dat laatste is een optie wanneer men na de seismische versterking de gasproductie wil opvoeren, zodat er waarschijnlijk zwaardere bevingen gaan optreden.

Het zogenaamde verkeerslichten systeem[121] (*Traffic Light System, TLS*) werd al in 2006 ontwikkeld door J. J. Bommer (*El Salvador, reviewed 2020*[122]) en beschrijft de wenselijke stappen voor de beheersing van geïnduceerde aardbevingen (bij vloeistof extractie).

Wanneer tijdens het nauwgezet volgen van de optredende bevingen verondersteld kan worden dat deze bevingen boven een bepaald niveau uit kunnen komen, dan moeten de exploitaties worden afgeremd (geel/oranje) of gestopt (rood).

Het *Traffic Light System*[123] (TLS) werd/wordt toegepast in verschillende projecten (*UK fluids*, *Finland geothermal*[124]) en werd zelfs gebruikt als voorwaarde voor het recht op mijnbouw en exploitatie. Met het herziene Winningsplan 2013 voor Groningen was dit geen contractvoorwaarde, maar feitelijk werd het wel zo toegepast. De bevolking werd daar niet over ingelicht.

Bij het openen van nieuwe gasvelden, *fracking* en andere soorten mijnbouw of diepe geothermische bronnen is het wenselijk dat het TLS of de PGA-acc wordt geïntroduceerd en verankerd bij het contracteren door de overheid. Een aanpassing van de rekenmethodes kan noodzakelijk zijn.

De consultants/deskundigen die door de NAM ingehuurd waren om de vele Mmaxen en later de PSHA- en PGA- berekeningen te maken, hadden ook na de aardbeving van 2006 te Westeremden (Richter 3,5) het belang van het TLS-model kunnen aangeven. Een dergelijke optie zou dan in het 2007 of 2013 Winningsplan ingebouwd moeten worden. Het hier voorgestelde PGA-acc model is feitelijk een verdere ontwikkeling van het TLS model van Bommer (2006).[125]

Voor het toestaan van mijnbouw moet de Natuur ook een factor zijn van acceptatie, vooral wanneer de Natuur zich niet binnen zeer korte tijd kan herstellen. De fossiele koolstofdeposities zijn in en na het Carboon gedurende vele miljoenen jaren ontstaan en die worden nu in ruim een eeuw opgebruikt. De daarmee gepaard gaande CO_2-uitstoot blijft voor tientallen jaren in de atmosfeer, sommige componenten honderden jaren. Dat leidt tot klimaatopwarming.

---

121 Bommer et al, (2006). Julian Bommer attendeerde mij op dit principe in mei 2025. Het komt in hoofdlijnen overeen met mijn stelling dat de exploitatie zodanig beheerst moet worden dat de geïnduceerde aardbevingen niet boven een niveau uitkomen dat niet accepteerbaar is voor de bewoners van het gebied, of zullen leiden tot grote economische schade. Er kan worden toegevoegd dat grote milieuschade door compactie (en overstroming) ook vermeden moet worden. J. Bommer gaf de volgende link: H. Aochi (BGM/DRP), J. Douglas (U. of Strathclyde, UK). *A Concept of a Traffic-Light System Developed for Induced Seismicity. Final report BRGM/RP-66981-FR June 2017.* https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-66981-FR.pdf

122 James P. Verdon & Julian J. Bommer. *Green, yellow, red, or out of the blue? An assessment of Traffic Light Schemes to mitigate the impact of hydraulic fracturing-induced seismicity.* Published online: 28 October 2020

123 Dit document en updates: Stefan Baisch, Christopher Koch, Christopher Koch Annemarie G. Muntendam-Bos, https://www.researchgate.net/publication/332050982_Traffic_Light_Systems_To_What_Extent_Can_Induced_Seismicity_Be_Controlled

124 *Design and implementation of a Traffic Light System for deep geothermal well stimulation in Finland. October 2020 Journal of Seismology 24(4)*. DOI: 10.1007/s10950-019-09853-y. Lab: Peter Malin's Lab.Thomas Ader, Michael Chendorain, Michael Chendorain, Matthew Free et al.
Voor een uitgebreide lijst zie: *Traffic Light Systems: To What Extent Can Induced Seismicity Be Controlled?* by Stefan Baisch, Christopher Koch, Annemarie Muntendam-Bos. Seismological Research Letters Volume XX, Number XX – 2019.

125 Het was pas in mei 2025 dat ik achter het bestaan van dit TLS-model kwam, dus lang nadat het meeste werk aan deze dissertatie was gerealiseerd. Het is wel logisch dat verschillende deskundigen onafhankelijk van elkaar tot bijna identieke conclusies kunnen komen.



****

Figuur 32. Dubai City van af de nieuwe Burj Kalifa 2011, met nieuwe stadsontwikkeling.
Met de miljardenwinsten van de verkoop van fossiele brandstoffen worden grote bouwprojecten gefinancierd en wordt een nog grotere luxe verkregen voor de vele miljonairs. De verbranding van fossiele brandstoffen resulteert in een grote CO_2-uitstoot, wat een erg snelle klimaatopwarming veroorzaakt. De fossiele bronnen zijn gedurende miljoenen jaren gevormd, en worden nu binnen een paar eeuwen opgebrand, ongeveer een miljoen keer sneller dan hun vorming. De biodiversiteit of de Natuur kan daar niet snel genoeg op evolueren. (E.f.)

Een resultaat van de klimaatopwarming zal zijn dat de Palmeilanden (linksboven in de foto, hier nog in aanleg) op de duur onder water komen te staan vanwege het smeltwater van Antarctica en Groenland. Om de eindgebruiker van de fossiele brandstoffen te verplichten de CO_2-uitstoot te compenseren of af te vangen is heel erg inefficiënt en heel erg kostbaar. Het is logischer om de producent dit te verplichten, maar dat gaat voorlopig niet lukken. Wanneer de CO_2-uitstoot gecompenseerd gaat worden zal de energieprijs drastisch stijgen en daarmee alles duurder worden, maar er zal dan ook zuiniger met energie, grondstoffen en transport worden omgegaan. Dat laatste leidt dan weer naar een duurzamere maatschappij, als ook de hele wereldbevolking (consumenten) op de duur in aantal sterk zal verminderen.

****

Hoofdstuk 2. Ontwikkeling van het Burgerboek

De geïnduceerde aardbevingen in Groningen zijn sinds 1990 een nieuw fenomeen in Nederland, waar de Nederlandse bouwregelgeving niet op was berekend. Sinds 2000 waren de bevingen goed voelbaar voor de bewoners[126] en begonnen de eerste scheuren in de (oude) Groningse bakstenen gebouwen te ontstaan.

2.1. Hoofddoelstelling productie van het Burgerboek

- Het produceren van begrijpelijke informatie met eenvoudig Nederlandstalig materiaal, zodat een groot aantal vakmensen geïnformeerd kan worden over de seismische problematiek van de Nederlandse woningbouw en het herstel of de gebouwversterkingen kan uitvoeren. Het 'vertalen' van de beschikbare informatie voor deze doelgroep bestaat uit: (1) internationale informatie vertalen naar het Nederlands. Dit is dus naast het vertalen van de officiële Eurocode 8, EN 1998 1:2004 (E) Hoofdstuk 9 '*simple masonry'*. (2) het 'begrijpelijk vertalen' voor minder technisch onderlegde personen en (3) het 'inzichtelijk relateren' aan de Groningse woningbouw. **Dus drie vertaalslagen.**

2.2. Het te bereiken resultaat

- De verspreiding van het nieuwe informatiemateriaal zou de volgende doelgroepen moeten bereiken. Onderscheiden werden:

  a. De externe schade-inspectiebureaus.[127] Om deze wegwijs te maken tussen de verschillende soorten van gebouwschade door aardbevingen en om te kunnen bepalen of de woningeigenaar in aanmerking kwam voor de compensatie van A- en B-schade.[128]

  b. De schadeadministratie- en beoordelaars van de NAM.[129] In 2013 werden allerlei soorten schades door de inspecteurs in de rapporten vermeld. Zelfde als punt a hierboven.

  c. De kleine aannemers die de gebouwschade moesten opheffen en de eventuele muur- en vloerversterkingen aanbrengen. Sommige aannemers kochten muurwapening zoals Helifix spiraalwapening om reparaties aan te brengen, maar velen pasten die verkeerd toe. Naast de aangebrachte wapening ontstonden nieuwe scheuren.

---

[126] Waarnemingen varieerden in het begin van zeer laagfrequente (onhoorbare) trillingen tot voelbare trillingen aan meubilair en hanglampen en onverklaarbare knallen; bij de grootste bevingen schudde alles.

[127] De meeste schade-inspecteurs stonden onder contract van kleine en grote bureaus die overeenkomsten hadden met de NAM-schadeafdeling. De grootste consultants (Arup en Arcadis), hadden voldoende seismische kennis in huis om deze inspecteurs zelf te instrueren. Het gaat hier dus over de kleine bureaus.

[128] A-schade was duidelijk nieuwe aardbevingsschade. B-schade was twijfelachtig, maar werd meegenomen als aardbevingsschade. C-schade zou duidelijk geen recente aardbevingsschade zijn, waarbij de NAM vond dat men daar niets aan hoefde te doen. Voor de C-schade was geen financiering van reparaties voorzien.

[129] Deze taak werd gedurende 2014 overgenomen door het CVW, dat als een commercieel bedrijf opereerde en de richtlijnen van de NAM volgde om het aantal uit te keren schades te verminderen, onder andere door zeer kritisch te zijn over schades aan funderingen en in principe niets onder het maaiveld te beoordelen.

d. De verschillende categorieën ambtenaren en overheidspersoneel die steeds meer bij de afhandeling betrokken werden maar praktisch gesproken geen kennis hadden van de meer technische aspecten van de aardbevingsschade of bouwkundig herstel.

e. Ondersteuning van die woningeigenaren, om ze wegwijs te maken tussen de verschillende soorten van gebouwschade door aardbevingen en om te kunnen bepalen in hoeverre ze een schadeclaim bij de NAM konden indienen.[130]

f. De afdeling publieke voorlichting van de NAM, die probeerde de burgers wegwijs te maken in het aardbevingengebeuren met publicaties op de NAM-website.[131] Op die website werd echter slechts datgene vermeld waarvan de NAM dacht dat ze daarmee de gemoederen van de bevolking konden sturen.

g. Taxateurs en verzekeraars, bijvoorbeeld voor het afsluiten van hypotheken of leningen.

Het doel is om de lezers na bestudering van het Burgerboek beter in staat te laten zijn om:

- ✓ Te begrijpen waarom bakstenen gebouwen scheuren en waarom de scheuren vooral op bepaalde gebouwlocaties voorkomen. Deze aspecten zijn te verdelen in de gebouwvorm, met name de 'zachte' etages, excentrische stijfheden en gebrek aan dilatatiezones.
- ✓ Wat de invloed is van grote raampartijen, zoals bij doorzonwoningen, op de algemene stabiliteit van gebouwen in relatie tot stormbelasting en aardbevingen.
- ✓ Herkennen welke (seismische) bouwfouten[132] in het ontwerp of de uitvoering zitten.
- ✓ Welke gebouwen nader onderzocht moeten worden op hun seismische kwaliteit.
- ✓ Aan te geven in welke zones de seismische versterkingen toegepast moeten worden en wat de prioriteiten zijn. Deze zones zijn te verdelen in de funderingen, hoogrisico-elementen (schoorstenen), rondom openingen (lateien), muur-muurverbindingen, vloerdiafragma's en aansluitingen op de muren en de vloer-muurverbindingen met de dakconstructies.
- ✓ Te beschrijven hoe de gebouwcomponenten beter aan elkaar verbonden moeten zijn om de seismische krachten te weerstaan en over te dragen.
- ✓ Aan te geven wat de constructieve maatregelen zijn om seismische risico's te beperken van schoorstenen, topgevels, invulpanelen en andere niet-constructieve elementen.
- ✓ Het doel van de seismische versterking beter te begrijpen, namelijk dat het gebouw voldoende robuust is zodat het geen levensgevaarlijke situatie oplevert voor de bewoners.[133]

Ingenieurs die berekeningen maken[134] en aannemers die seismische versterkingen aanbrengen dienen de volgende kennis te hebben.[135]

---

[130] Wanneer er een keuze bestaat tussen zelf de muren te herstellen of een cash bedrag te ontvangen, moeten die woning-eigenaren wel weten hoe ze zelf het muurherstel kunnen doen of diafragma's aanleggen.

[131] In 2014 werd de NAM-website sterk bezocht, maar tegen 2015 was het vertrouwen in de NAM (veroorzaker bevingen) als oplosser van het bevingsprobleem en de schadeafhandeling aanzienlijk gedaald en daarmee het vertrouwen in wat er op die website stond. Publiceren op die website had dus steeds minder zin.

[132] Een voorbeeld is stapelbouw in landen met tektonische aardbevingen. Bij deze aardbevingen is de horizontale beweging groter dan bij door gaswinning geïnduceerde bevingen. Bij tektonische bevingen kunnen simpel opgelegde (niet verbonden) betonplaten van een systeemvloer van hun opleg afschuiven en neerstorten.

[133] Het is dus niet zo dat het gebouw dan geen schade kan oplopen met een aardbeving.

[134] Binnen het principe van ketenaansprakelijkheid zijn zowel de ingenieurs en architecten aansprakelijk als er iets niet goed is uitgerekend, maar de aannemer heeft het volgens de berekeningsdetails uitgevoerd. Sommige architecten sluiten die aansprakelijkheid uit bij de opdracht en verwijzen naar het ingenieursbureau. Bij de versterkingsberekeningen van de NCG kan dit een rol spelen in de goedkeuringsanalyse en procedure.

1. Het effect van horizontale afschuiving vanwege een beving (*base shear*).
2. Het effect van kantelen van penanten vanwege een beving (*overturning forces*).
3. Het gebrek aan stabiliteit die door een aardbeving wordt veroorzaakt.
4. Het effect van ongelijkmatige sterktesymmetrie in een gebouw, horizontaal en verticaal.
5. De functie van vloerdiafragma's en de soort verbindingen die daarbij nodig zijn.
6. Het effect van ongelijkmatige stijfheden in een gebouw zoals het verschil in stijfheid tussen de baksteenconstructie en een houten dakspant.
7. Het effect van een grotere horizontale beweging op grotere hoogte in het gebouw.
8. Het effect van constructieve veranderingen aan het gebouw in relatie tot aardbevingen.
9. Het verschil tussen ankers, bouten, schroeven, spijkeren of nieten in relatie tot de richting van belastingen op een constructie. Bij versterkende houtconstructies (HSB) is het belangrijk dat de juiste verbindingsmiddelen en het juiste aantal gebruikt worden.
10. Het gebruik van epoxyhars of chemische ankers in de juiste verhoudingen, en met het gebruik van beschermende kleding, luchtfilters en brandpreventie.
11. De specificaties van de fabrikant van producten voor seismische versterking.[136] De aannemer moet kunnen beoordelen of deze specificaties adequaat zijn voor de gekozen toepassing.
12. Het herkennen van ander bouwkundige tekortkomingen aan een gebouw zoals houtworm, asbest, lekkages of onveilige water-, riool- gas- of elektraleidingen (telefoon, glasvezel). Bij constatering dient de aannemer dit duidelijk naar de opdrachtgever te communiceren.
13. De mate van beschadiging aan een gebouw en of deze al dan niet een risico vormt voor verdere beschadiging of instorten bij een eventuele volgende aardbeving die zich over een paar jaar voor zou kunnen doen. Daaraan gekoppeld de methode om verdere schade te voorkomen en de constructie veilig te stellen, ook ter voorkoming van enig risico bij het seismisch versterken van dat gebouw (werkveiligheid).

Wanneer Nederland een (tektonisch) seismisch gebied zou zijn, dan zou behalve de Eurocode 8 of de NPR 9998 ook een wettelijk kader opgezet moeten worden dat het werk van professionals regelt en de juridische aansprakelijkheid wanneer gebouwen niet aan de NPR voldoen. Ook zouden er dan regels moeten zijn over het seismisch versterken van oude gebouwen (retrofitting).[137]

2.3. De methodologie en de opzet van het Burgerboek

---

[135] Dit is geen basiskennis die aannemers, architecten of ingenieurs in Nederland moeten aanleren. Wettelijk is er momenteel geen verplichting of aansprakelijkheid, ook geen ketenaansprakelijkheid. In aardbevingsgebieden zoals de USA zijn overheidsinstanties of inspectieorganisaties niet verantwoordelijk voor nalatigheid van aannemers of aannemers die foutief werk afleveren. Echter, volgens de California Government Code Section 820 zijn overheidswerknemers net zo aansprakelijk als de aannemers voor nalatigheid. Hoewel dit in Nederland niet wettelijk is vastgelegd, kan van aannemers die in het Groningse aardbevingsgebied werken verwacht worden dat zij zich verdiepen in de seismische problematiek van woningen in Groningen voordat zij daar reparaties aan gaan doen of versterkingen gaan toepassen. Ook in Nederland kunnen aannemers de aansprakelijkheid van bouwfouten niet afschuiven op gebrek aan inspectie door de overheidsinstanties.

[136] Bij algemene snelle inspecties (RVS) is het niet mogelijk om in detail alle constructiedetails te beoordelen, want dit gebeurt niet-destructief. De aannemer die het werk uitvoert zal deze details wel kunnen waarnemen als de constructie wordt opengemaakt. Het niet melden van andere seismische en niet-seismische gebreken kan dan gezien worden als nalatigheid van de aannemer. Hiervoor moet de aannemer kennis van de problematiek hebben. Het detecteren van deze gebreken houdt echter niet in dat de aannemer ook verantwoordelijk is voor het herstel van de constructies. Dat laatste zal in overleg met de woningeigenaar moeten gebeuren en de organisatie die de constructie moet herstellen (NAM). Dit kunnen langdurige processen worden als er geen overeenstemming is.

[137] Er is erg veel Engelstalige documentatie beschikbaar over retrofitting van oudere gebouwen. Het retrofitten gebeurt meestal niet tot de vereiste sterkte van de nieuwbouwwaarde, maar tot bijvoorbeeld tot 50% of 70% omdat in de berekeningen van constructies ook al een veiligheidsmarge zit.

Omdat het ontbreken van een Nederlandstalig informatiemateriaal een essentieel probleem was werd dat soort informatiemateriaal eerst ontwikkeld, totdat er een vrij uitgebreide set basismateriaal aanwezig was, echter nog zonder de aanvullende gereedschappen zoals Powerpoints, YouTube-filmpjes, modellen, lerarenrichtlijnen, praktijkbezoeken of examenvragen en -antwoorden.

2.3.1. Het maken van het materiaal bestond uit

a. Op basis van de binnenkomende schaderapporten de hoofdthema's hieruit selecteren en van die thema's verklarende hoofdstukken maken.
b. Thema's te diversifiëren, waarbij geleidelijk het hele gebouw aan de beurt komt.
c. Informatie verwerven over bevingen door participatie in veldwerkzaamheden zoals gebouwonderzoek van hoogrisico-situaties.
d. Elk hoofdstuk geeft zowel de oorzaak van de schade weer als de methode om het gebouw te versterken.
e. Elk hoofdstuk is in redelijk eenvoudig Nederlands geschreven en geïllustreerd met foto's uit de schaderapporten, schematische schetsen van de oorzaken of gebeurtenissen en schetsen van de versterkingsmethoden (in kleur).
f. In de beschrijving van de oorzaken werd geput uit internationale documentatie[138] en eigen ervaring en internetresearch naar specifieke onderwerpen.
g. Voor sommige situaties werden voorbeelden uit andere aardbevingslanden getoond.[139]
h. Voor sommige begrippen en seismische reparatietechnieken werden relevante YouTube-filmpjes geselecteerd.
i. Participatie met NAM-consultants in een openbare inschrijving of ontwerpcompetitie voor een keuze uit versterkingsvoorstellen die uit het bedrijfsleven voortkwamen.
j. Voor de *base-isolation* werden modellen gemaakt die de werking demonstreerden.[140]
k. Over de algemene aanbevelingen werd een apart documentje gemaakt '*Basis Regels voor Seismisch Bouwen en Versterken*' versie maart 2015, hoofdstuk 13 van het Burgerboek.

De productie van het informatiemateriaal werd in 2014 niet voortgezet vanwege een algemeen verschil van mening.[141] Het groeiende probleem was dat alles wat door de NAM of namens de NAM geproduceerd werd, door de bevolking (of de actiegroepen zoals de GBB) als verdacht werd gelabeld. In hun opvatting was het nieuwe materiaal dus onbetrouwbaar, omdat de NAM als organisatie onbetrouwbaar was. De overeenkomst met de NAM om seismisch informatiemateriaal voor het MBO te maken werd in 2014 beëindigd.

---

[138] Uit de internationale documentatie en via de NEHRP kon veel informatie overgenomen worden. De verschillende documenten die door de NAM-consultants (onder andere Arup) werden geproduceerd waren gebaseerd op deze bronnen. In deze situatie is het verstandig zo goed mogelijk de internationale ervaring te gebruiken en die aan te passen naar de Nederlandse situatie en om aan te passen aan het MBO-niveau.

[139] Met name de technische informatie die door mij uit Christchurch, New-Zealand (na de aardbeving 22 februari 2011) is meegenomen was relevant.

[140] De door mij gemaakte *base-isolation* modellen die werden gebruikt ter demonstratie, waren plotseling "verdwenen".

[141] De interne NAM-voorlichting werkte nauwelijks, omdat mijn mening op punten niet strookte met de stellingname van het NAM-schademanagement. De NAM had aan de ene kant gesteld om de schades 'ruimhartig te beoordelen', maar trapte tegelijkertijd op de rem bij de beoordeling van oude en van de funderingsschade. Schade boven het maaiveld is vaak terug te voeren op schade in de fundering. Door de fundering uit te sluiten kan de zwakte van het gebouw niet goed beoordeeld worden, of de waarschijnlijke progressie van schade bij vervolgaardbevingen. Door de fundering niet te versterken kan de rest van het gebouw ook niet goed of zinvol versterkt worden.

2.3.2. De verspreiding van het informatiemateriaal

De verzamelde collectie modules (hoofdstukken) werd medio 2015 gedeeld met de grotere aannemers in de provincie Groningen, het Alfa College en de Hanze Hogeschool.[142]

2.4. De methodologie voor het maken van de dissertatie

a. De vele (40+) modules werden in 2020 op advies van em. prof. dr. ir. Mick Eekhout per gebouwdeel samengevoegd en dubbele onderdelen eruit verwijderd. Het overige lesmateriaal zoals vragen, taken, oefeningen, films etc. werd niet hierin verwerkt.
b. Voor de Burgerversie van het boek *Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen* werd het voorwoord/nawoord gericht op het maatschappelijk gebruik.[143]
c. Het geheel werd in (spiraal)boekvorm A4) uitgevoerd en in kleine serie gedrukt.[144]
d. Het boek werd ook in A5-formaat toegestuurd aan 60 personen die een professionele interesse voor het materiaal zouden kunnen hebben.

Het Burgerboek is hoofdzakelijk een bouwkundig boek met een focus op seismisch versterken van bestaande (oude) gebouwen) en behandelt niet de problematiek van de Mmax of de manier waarop de PGA tot stand is gekomen. De Eurocode 8 heeft voor elk land een PGA-kaartje waarin de te verwachte aardbevingsbelasting per gebied staat aangegeven.

Gebaseerd op de PGA-berekening van het KNMI werd in de Nederlandse NPR de verticale PGA gebruikt in plaats van de grootste horizontale belasting. Vanwege de *drop-fault* van de verticale compactie, dicht aan het aardoppervlak is die verticale PGA groter dan de horizontale PGA. Door de verkeerde PGA toe te passen werden en worden alle seismische berekeningen te zwaar uitgevoerd.



Figuur 33. Voorkant van de kennismakingsversie juni 2021.

[142] De Hanze Hogeschool (Ir. Jelle Pama) had een HBO-trainingsprogramma opgezet voor de uitleg van de NPR 9998:2015, en gebruikte soms onderdelen van het door mij aangeleverde informatiemateriaal, maar was voor zijn training programma gebonden aan de hele hoge PGA-waarden van de NEN-kaartjes.

[143] Het hele Burgerboek en ook in 13 aparte hoofdstukken staat op website met URL https://www.nienhuys.info/Aardbevingen-in-Groningen/

[144] Het printen van een kleine serie van het draft Burgerboek werd mogelijk gemaakt door Peter Spijkerman, directeur NCG die een honderdtal exemplaren bestelde voor de NCG-staf. De ondertussen iets aangepaste versie staat op de website www.nienhuys.info tweede pagina.

Een boek van 500 pagina's met op elke pagina technische informatie die gloednieuw is voor de beoogde lezer is hoe je ook bekijkt veel. Dat is ongeacht of het om de Italiaanse keuken, medische informatie, jurisprudentie of informatie over seismisch bouwen gaat.

Een 60-tal exemplaren van de kennismakingsversie werd in een A5-formaat afgedrukt om mogelijk geïnteresseerden kennis te laten maken met het werk. Van deze personen hebben slechts een paar op verzoek wat commentaar gegeven. Dat commentaar was niet negatief, maar de teneur was dat het wel veel informatie was.

2.5. De bedoeling van het informatiemateriaal

De bedoeling was om internationale seismische kennis over aardbevingsbestendige bouw in het Nederlands te produceren en toe te passen. Al vanaf de beving in Westeremden op 8 augustus 2006 waren er een paar oud-stafleden van de NAM (geen bouwkundigen) teruggeroepen om de vele honderden schadedossiers te behandelen, terwijl er een groot aantal bouwkundige schade-inspecteurs (zonder seismische ervaring) van bouwbedrijven nodig waren om het veldwerk van de inspecties te realiseren. Het aantal personen voor schade-identificatie, rapportage en beoordeling nam direct snel toe na de Huizingebeving van 16 augustus 2012.

De verschillende partijen in de provincie Groningen hadden kennis nodig over het effect van aardbevingen op de Groningse (woning)bouw en hoe de gebouwen te versterken. Hoewel wereldwijd een enorme hoeveelheid kennis over dit onderwerp bestaat en op het Internet te vinden is, is het meeste in het Engels gesteld en door wetenschappers geproduceerd, en in een vorm die voor een gewone burger vrijwel onbegrijpelijk is.[145] Uit die grote hoeveelheid Engelstalige informatie kunnen de meest relevante elementen gedestilleerd worden en in het Nederlands vertaald en toepasselijk gemaakt op de Groningse woningbouw. Dat alles op een manier die voor de bevolking/ontvanger begrijpelijk is.

2.6. Vertalen gebeurt in verschillende vormen en betekenissen

Overzicht van de verschillende elementen die onderdeel zijn van de opzet van het Burgerboek.

a. Vertalen, hoofdzakelijk van het **Engels naar het Nederlands.** Heel veel documenten over aardbevingen en hun gevolgen voor de bouw, of hoe de bouw te versterken, zijn in het Engels en verspreid door de NEHRP.[146]

b. Uit ingewikkelde wetenschappelijke teksten datgene distilleren dat **relevant** is voor de provinciale woningbouw van Groningen. Hiermee wordt gedoeld op het feit dat voor baksteen laagbouw geen elastische berekeningen gedaan hoeven te worden, maar volstaan kan worden met eenvoudige statische berekeningen.

c. Van internationale wetgeving zoals de ACI 318-71 en de Eurocode 8 en regelgeving omzetten naar begrijpelijke en navolgbare **informatie en advies.**[xxvi]

---

[145] Er zijn ook heel veel documenten die in Peru, India, Turkije en Indonesië zijn geproduceerd, in de lokale taal en uitgebreid geïllustreerd met oplossingen die binnen de lokale bouwkunde van die regio's toepasselijk zijn. Door de gedetailleerde 3D-illustraties en perspectieftekeningen in kleur kunnen ook minder leesvaardige mensen deze documenten begrijpen.

[146] Websites https://www.fema.gov/emergency-managers/risk-management/earthquake/nehrp en https://www.fema.gov/emergency-managers/risk-management/earthquake/seismic-building-codes

d. Informatie over buitenlandse woningbouwmethoden: betonskelet, houtskelet en staalbouw en dikke natuursteenbouw aanpassen naar de typische **baksteen gebouwen met spouwmuren** in Groningen en Nederland.[147]

e. Organiseren in een **logische volgorde van informatie**, te beginnen met de algemene begrippen (Hoofdstuk 1 in het Burgerboek) en dan vanaf de fundering tot aan het dak. De 'Grote Gebinten Schuren' zijn apart te behandelen, want die problematiek is specifiek voor de provincie Groningen.[148] Hoofdstuk 10 Burgerboek.

f. Het toevoegen van het **verduurzamingsaspect** bij een verbouwing. Om een gebouw eerst te versterken zodat het nog jaren mee kan en het slechts kort daarna te verbouwen of slopen, omdat het niet aan de eisen van de tijd voldoet is niet economisch of duurzaam.[149]

g. Relateren naar de **feitelijke schadesituaties**[150] die zich in de provincie Groningen voordeden. Hierdoor kunnen woningeigenaren hun eigen situatie herkennen. Dit houdt het visualiseren in van die informatie door het gebruik van fotomateriaal van bestaande situaties. Dit is gedaan in een geanonimiseerde vorm (privacyregelgeving).[151]

h. Schematiseren van geïdentificeerde problemen en oplossingen met **schetsen en tekeningen.** Bouwkundige tekeningen werden hier vermeden; deze zijn niet goed te begrijpen voor de meeste burgers. Het gaat hier dus over het begrijpen van het principe, niet over hoe sterk of dik een constructiedetail moet zijn.[152]

i. **Herhaling** van belangrijke thema's. Iets dat in de meeste informatieprocessen nodig is. Elk hoofdstuk herhaalt de relaties met de andere hoofdstukken en kan als een zelfstandig document gelezen worden. De informatie van de tekst is herhaald in de afbeeldingen. De tekst bij de afbeeldingen staat ook in basistekst; men zou dus alleen de tekst bij de plaatjes kunnen lezen om een goed idee te krijgen waar het om gaat. Het hoofdstuk Begrippen is weer een samenvatting van al het voorgaande. Er zijn dus meerdere herhalingen.

---

[147] De Engelstalige Eurocode 8 behandelt al deze constructietypes in aparte documenten, maar in de provincie Groningen is hoofdzakelijk de baksteenbouw relevant voor de woningeigenaren. De andere bouwmethoden zoals voor gewapend beton en staal zijn daarom niet meegenomen in het Burgerboek.

[148] Bij een toekomstige versie moet dit hoofdstuk er helemaal uitgelaten worden omdat het anders te complex wordt. Ook zijn er regelmatig nieuwe ontwikkelingen voor het duurzaam maken van gebouwen. Over verduurzamen kan een ander boek van 500 pagina's gemaakt worden, maar bovendien zijn er steeds nieuwe ontwikkelingen die niet in een statisch document moeten zitten, maar eerder op een periodiek aangepaste website kunnen staan zoals van Milieu Centraal.

[149] Omdat het verduurzamen (inclusief isoleren) van bestaande woningbouw een complexe operatie is, staan er sinds 2020 een serie gedetailleerde thematische documenten over dit onderwerp op www.nienhuys.info , eerste pagina.

[150] Hierbij werd in 2013-2015 gebruik gemaakt van de honderden schadedossiers die beeldmateriaal bevatten en waaruit de meest voorkomende schadegevallen konden worden gekopieerd.

[151] De privacywetgeving in Nederland is sterk beperkend en resulteerde erin dat praktisch en technische informatie over een herkenbaar gebouw niet mocht worden gedeeld voor bijna precies eenzelfde ander gebouw. In de praktijk kwam het erop neer dat niet alleen voor tientallen identieke gebouwen er tientallen nieuwe (dure) rapporten gemaakt moesten worden, maar ook dat woningeigenaren onderling geen inzage konden krijgen in gelijkwaardige situaties. Dit hele argument was merkwaardig want er was geen enkele woningeigenaar die niet goed vond dat diens schadefoto's gebruikt werden.

[152] In een latere fase (2017-2018) heeft het NCG samen met het TNO een 30-tal constructiedetails gemaakt die uitsluitend door aannemers gebruikt konden worden. De reden hiervoor was niet aangegeven, maar mogelijk commercieel. Pas in 2020 werden deze details toegankelijk voor de bevolking. Gezien de presentatie van die ontwerpen waren die niet goed begrijpelijk voor de bevolking.

j. **Aanvulling op de informatie van de NAM-website met bouwtechnische informatie.** Deze website toonde in 2013 slechts algemeenheden en de procedures voor schadeclaims.[153]

k. **Onafhankelijke [154] technische informatie** bieden zonder verzeild te raken in de schuldvraag[155] in 2014 over wie, wat en hoeveel er betaald of vergoed moest worden.[156]

l. Het onbegrip bij de burgers en het provinciale bestuur over de schadeoorzaken, vooral veroorzaakt door de communicatie van/met de NAM en haar schade-inspecteurs leidde tot spanningen. Begin 2014 kwam er een initiatief tot verbetering van de situatie met het akkoord: *Vertrouwen op Herstel en Herstel van Vertrouwen*,[xxvii] waarin werd vastgelegd hoe de NAM de compensatie regelt voor de schade door de gaswinning.

2.7. Samenvatting

- Bij kennisoverdracht is het belangrijk dat de vorm is aangepast is aan het begripsniveau van de ontvanger.[157]
- De informatie moet naast begrijpelijk ook voldoende zijn, zodat deze voldoet aan de wensen van de ontvanger. De wensen van de bevolking waren (en zijn nog steeds) dat ze geen schade kregen en dat eventuele schade voor hen werd opgeknapt.
- Als de ontvanger meer wil weten moet die extra kennis ook beschikbaar is. Dat bleek niet haalbaar, want door de NAM-structuur was er geen directe communicatie tussen de maker van de informatie en de doelgroepen. Dit werd zelfs voor schade-inspecteurs geblokkeerd.
- Zowel de kennisgever als de ontvanger moeten een belang hebben bij die kennisoverdracht. Dat kan interesse zijn, commercieel of eigenbelang (werk, inkomen, veiligheid) of verbondenheid (relatie). Voor de aannemers bleek dat er weinig belang was, omdat ze wel vonden dat ze genoeg wisten. Voor de woningeigenaren was er weinig belangstelling, omdat het gebouw hersteld moest worden door de schadeveroorzaker.

Het Burgerboek is een gedetailleerde en in een dozijn hoofdstukken georganiseerde verzameling van bouwkundige aspecten in relatie tot hun seismische sterkte, over de Groningse laagbouw van oude en nieuwe bakstenen woningen.

---

[153] Het posten op de website van de NAM werd niet opgevolgd. De veroorzaker van de schade wilde geen advies geven over het bouwkundig herstel of versterking van de gebouwen. De NAM-website werd door de bevolking niet als betrouwbare informatie gekwalificeerd.

[154] Uit correspondentie in 2020 blijkt dat de GBB vond dat mijn informatie niet onafhankelijk was, omdat het geproduceerd werd door iemand die bij de NAM werkte, en dus verdacht was.

[155] De schuldvraag was direct gerelateerd aan de betaaleis. De woningeigenaar zocht herstel van de woning op kosten van de NAM, maar sommige schade was een combinatie van gebeurtenissen en niet altijd exclusief het effect van de aardbevingen. Het probleem hier bleek de onwil van de NAM om een gunstige financiële regeling te treffen voor de zogenaamde ‘eigen gebrek’ schade zodat deze samen met de aardbevingsschade aangepakt kon worden (gebouwen in de stutten). Het resultaat was dat noch de aardbevingsschade, noch die ‘eigen gebrek’ schade werd verholpen en de woningeigenaar steeds verder in de stress raakte vanwege het niet oplossen en de juridische procedures.

[156] Door verschillende partijen zoals de GBB werd getwijfeld aan deze optie, wanneer het duidelijk zou zijn dat een externe contractant betaald werd door de NAM, maar ze accepteerden wel dat contra-expertises van hun woningschade door de NAM betaald werd. Dit is een probleem van ‘bevestiging door associatie’.

[157] Het produceren van reclamevrije YouTube-filmpjes over elk detail zou anno 2025 een goede ondersteuning zijn van het geschreven materiaal om de burger te motiveren dat geschreven materiaal te bestuderen.

Het hoofdstuk over verduurzaming van de woningen is gerelateerd aan de noodzaak om bij het technisch retrofitten van de woning ook de milieuaspecten mee te nemen.

Het Burgerboek is nog geen formeel trainingspakket, maar voorziet de burger, de aannemer en de vakman of schade-inspecteur van overzichtelijke informatie over welke aspecten relevant zijn bij de Groningse woningen en over de geleden aardbevingsschade. Het geeft een korte samenvatting over de meest relevante maatregelen zoals versterkingsmethoden en het voorkomen van progressieve schade. Daarnaast geeft het de basisinformatie over nieuwe versterkingsmethoden die nog niet op de markt beschikbaar zijn, zoals sterke glaspanelen.

Om een compleet trainingspakket voor het MBO te maken zouden er een lerarenrichtlijn, uitgewerkte bouwkundige tekeningen, illustratieve YouTube-filmpjes, vraag-en-antwoorddocumenten en praktijkwerkschema's toegevoegd kunnen worden. De 30 bouwkundige voorbeeld tekeningen van de versterkingsadviezen van het NCG ten behoeve van de versterkingsoperaties kunnen wellicht gebruikt worden.

Het hoofdstuk over verduurzamen, hoewel in de context van retrofitten erg relevant, behoeft constante aanpassing vanwege de vele nieuwe ontwikkelingen op de energiemarkt[158] en de recycling markt en zou los van het seismische trainingsmateriaal moeten worden onderwezen.

Nederland is geen tektonisch actieve regio, waardoor seismisch bouwkundig basisonderwijs niet hoog op de MBO-agenda staat. De oude bakstenen woningbouw ondervindt echter veel gebouwschade door grondverzakkingen en verkeerstrillingen die technisch gesproken sterk overeenkomen met de aardbevingsschade door de langzame en snelle compactie (bevingen) in de provincie Groningen door de gaswinning. Er zou over deze problematiek specifiek trainingsmateriaal beschikbaar moeten zijn.

De NPR 9998 behoeft voor de gewone lage woningbouw een ingekorte en eenvoudige versie waarmee aannemers eenvoudige berekeningen (zonder elasticiteitsberekeningen) kunnen maken voor de seismische belasting van baksteen laagbouw en de noodzakelijke gebouwaanpassingen en versterkingen. Het is relevant dat een dergelijk document samengaat met praktische informatie over het ontstaan van de seismische schade en de technische versterkingsoplossingen.

****

[158] Om dit onderdeel voldoende te kunnen behandelen is een gelijksoortig volume van informatie nodig. Veel informatie over verduurzamen is te vinden op verschillende websites zoals van https://www.milieucentraal.nl/ en www.nienhuys.info



Figuur 34. Vanuit de productielocatie waaieren de 3 km diepe boorleidingen naar buiten uit.

Hier zijn een 12-tal boorputten. Vanuit dit punt waaieren ze uit naar beneden zodat over een breder gebied het gas uit het zandsteen kan worden onttrokken. Vanuit de controle- en zuiveringsinstallatie gaat het gas gecontroleerd het gasnet in. Vanuit dat gasnet wordt het gas eventueel opgeslagen totdat het in de winterperiode nodig is. Bij het afsluiten van de bronnen wordt in de boorleidingen cementmortel geperst. In dat geval zijn ze niet meer te gebruiken. Na 2020 werden nog enkele boorputten opengehouden (op waakvlam). Wanneer ook díé leidingen met cementmortel worden afgedicht kan je alleen opnieuw gas verkrijgen door een nieuwe put te boren. Afbeelding bron. NAM, 2013-11-29-gewijzigd-winningsplan-groningen-2013.

Met veel boorputten kan men snel aardgas onttrekken en snel winst maken, maar dan is de drukverlaging ook sneller en de bevingen zwaarder, dus de schade en de kosten groter.

Met minder boorputten is de onttrekking en drukverlaging minder en dus de bevingen en de schade ook minder. De bedrijfswinst is dan minder snel, maar men kan dan langer gas winnen en kan de totale opbrengst groter zijn.

Hoofdstuk 3. De schadeafhandeling

De schaderegeling van de NAM werd direct na de Huizingebeving beter vormgegeven met een onderscheiding tussen drie soorten'.

A. Duidelijk nieuwe aardbevingsschade met verse, scherpe randen. In dit geval volgt er licht muurherstel,[159] volgens royale tarieven die met de aannemers werden afgesproken.
B. Onduidelijk in hoeverre de schade er al zat of erger is geworden.[160] In deze situatie zou er ruimhartig beoordeeld worden en ook hier muurherstel worden uitgevoerd. Vanwege de ruime tarieven zouden volgens de NAM ook voor de schades die niet als aardbevingsschade erkend werden (C-schade) muurherstel kunnen plaatsvinden.
C. Duidelijk geen recente aardbevingsschade. Deze zouden te herkennen zijn aan verouderde scheuren, spinnenwebben en mos in de scheuren. Het herstel van de muren en funderingen[161] zou door de woningeigenaar zelf gefinancierd moeten worden, maar vanwege de ruime tarieven zou dit samen voor het budget van de A en B reparaties uitgevoerd kunnen worden.

De schadevergoeding van de NAM was wel volgens de wet (art. 6:177a BW) op eenvoudige en ruimhartige wijze vergoed door de A- en B-schade ruim te begroten, maar de C-schade kon niet door de vergoedingen van A en B worden verholpen. Er werd ook steeds meer C-schade "geconstateerd". Aardbevingen komen uit de grond, maar veel funderingen werden niet beoordeeld of de problemen werden onder de C-schade gerekend, terwijl het aannemelijk was dat bij gebouwen van vóór 1920 (zwakke funderingen) veel zettingen konden optreden vanwege de lichte aardbevings-trillingen die al tientallen jaren aan de gang waren en de wisseling van de grondwaterstand vanwege de komdaling. De schadevergoeding was dus níét goed of ruimhartig opgezet.[xxviii]

De A- en B-schades werden hoofdzakelijk cosmetisch hersteld, zonder enige vorm van versterking. Dit terwijl er wel hele zware toekomstige aardbevingen waren voorspeld. Het cosmetische herstel resulteerde in herhaalschades bij dezelfde gebouwen (80.000 tot 2022). Pas in 2017 werd de hernieuwde[162] SBR Trillingsrichtlijn A [xxix] uitgebracht om een norm te hebben om het toelaatbare effect op nieuwbouw te kunnen meten. Dat wil echter niet zeggen dat daarmee funderingsschade van pre-1920 woningen kan worden uitgesloten.[163] en xxx

---

[159] Dit was een elementaire fout. Wat er gebeurde was dat de muurschade alleen werd weggewerkt, eventueel met een gaasje over de scheur en dan opnieuw schilderen. Dat terwijl er 4 tot 5 maal zwaardere grondaccelera-ties werden voorspeld. Bij de eerstvolgende beving zit er dan weer een barst. Dat dichtsmeren waren niet eens de kosten, het schilderwerk wel.

[160] Omdat de niet-voelbare en voelbare aardbevingen en de grondverzakkingen met veranderingen in de waterhuishouding al 30 jaar aan de gang waren, was dit een onduidelijke regeling. Het gaat in deze gevallen niet of de schade vers door de Huizingebeving veroorzaakt was, maar over schade die gedurende de afgelopen decennia ontstaan was.

[161] Het herstellen of verbreden van funderingen is een ingrijpende en dure maatregel die de gemiddelde woningeigenaar niet zomaar kan financieren. Wanneer de funderingsproblemen veroorzaakt zijn door de bevingen (die komen uit de grond) dan zou dat op kosten van de NAM hersteld moeten worden. Dat was dan ook de reden dat de NAM de inspectie van de funderingen uitsloot en ook die instructie aan de schade-inspecteurs van het CVW gaf.

[162] De trillingsrichtlijn bestond al in 1993 maar werd in 2017 geactualiseerd. Zie website https://www.naa.nl/begrip/sbr-richtlijnen-trillingen/ De NAM gebruikte deze aanvankelijk (en onterecht) om het invloedgebied van de aardbevingen te beperken, maar de richtlijn gaat over nieuwbouw en niet de vele oude bebouwing in de provincie. Na enige tijd werd de toepassing van de SBR-trillingsrichtlijn ingetrokken.

[163] De trillingsrichtlijn had als focus de nieuwbouw, niet de oude bouw. Daarmee schoot het gebruik van de trillingsrichtlijn het doel van de NAM voorbij, namelijk om oude gebouwen die gescheurd waren of gebouwen die in de buitengebieden stonden uit te sluiten van schadevergoeding. In de periode van voor de Huizingebeving werden er veel meldingen gedaan van onverklaarbare trillingen en knallen die waarschijnlijk allemaal voortkwamen uit de compactie.

De schadevergoeding volgens het 2014 rapport *Vertrouwen op Herstel ……*' [eindnoot xxiii] geeft een aanvullende vergoeding voor de waardedaling van de gebouwen, maar dat heeft niet geleid tot de geruststelling van de gemoederen, onder andere omdat voor een groot aantal gebouwen de waardedaling (nog) niet bepaald kon worden.

3.1. De financiële overeenstemming

Om een financiële overeenstemming te bereiken tussen de schadeveroorzaker (de NAM) en de woningeigenaar zijn zes aspecten belangrijk.

- Vergroting van de gebouwveiligheid (voorkom net-niet-instorten of gedeeltelijk instorten)[164] en het preventief versterken van huizen en gebouwen tot minimaal dat niveau.[165 en xxxi]
- Vermindering van mogelijke schade tot maximaal DS1-schade door versterking.
- Verbetering (waaronder versnelling) van de schadeafhandeling en voldoende compensatie van de waardevermindering.
- Aanwezigheid van een bouwfonds dat eenvoudige (renteloze) langetermijnfinanciering biedt voor woningverbetering, zowel in technische zin als milieuaspecten en comfort.
- Verbetering van de leefbaarheid per dorp en in de provincie.
- Verbetering van het economisch perspectief voor de regio.[166]

De term 'veiligheid' volgens de NPR is 'net niet instorten'. Dat is wat anders dan het gemiddelde veiligheidsrisico[167] in de bouw in Nederland (10^{-5} doden per capita per jaar) ter voorkoming van ongelukken. Het verschil met wat de bevolking onder 'veiligheid' verstond is erg groot.

Dit net-niet-instorten werd niet uitgelegd. Wanneer er actief schade wordt toegebracht (aan woningen door aardbevingen, waarbij er tientallen tot honderden dodelijke slachtoffers zouden vallen) dan zou het veiligheidsrisico minder dan 10^{-6} moeten zijn zoals bij een nationale infrastructuur[168] ter voorkoming van nationale rampen.

Dergelijke trillingen zoals verkeerstrillingen hebben invloed op funderingen, vooral bij smalle funderingen, direct op de grond gebouwd. Zo'n knal kan ook het knappen van een fundering zijn, maar daar werd niet naar gekeken.

[164] Dit is de enige juiste interpretatie van de NPR, maar die gaf een veel te hoge PGA-waarde aan.

[165] In een veel latere fase (2024) komt de SodM met een aangepaste definitie van veiligheid die vooral te maken heeft met het veiligheids**gevoel** van de burgers in plaats van de fysieke seismische veiligheid tegen het instorten.

[166] De noordelijke regio van Nederland is tientallen jaren een randgebied en krimpzone geweest door gebrek aan landelijk gestuurde decentralisatie van bedrijven en diensten. Dit is een onderdeel van een liberaal overheidsbeleid dat de industrie daar liet investeren waar het voor hen het meest gunstig was (infrastructuur, diensten). De economische activiteit in de provincie Groningen was daardoor laag, met weinig inkomsten voor de provinciebevolking. Een direct gevolg was dat veel oude woningen geen onderhoud kregen of dat er niet in de woningen geïnvesteerd werd.

Kort na de vondst van het gas was er wel een initiatief om investeringen in de Eemsdelta te doen voor de werkgelegenheid, maar daar kwam uiteindelijk weinig van terecht. Eerst moesten er een paar dorpen voor wijken. Na 2000 werd de aluminiumfabriek die daar was neergezet gesloten. Een goede treinverbinding met de Randstad is er nooit gekomen.

[167] Een risico op de bouwplaats van 10^{-5} betekent dat er per jaar niet meer dan een dode op 100.000 bouwvakkers mag plaatsvinden. Met ruim 400.000 bouwvakkers in Nederland zijn dat 4 doden per jaar. Daarbij zijn dan niet het bouwverkeer of de ongevallen bij toeleveringsbedrijven inbegrepen.

[168] De commissie Meijdam zette het risico slechts op 10^{-5}, waarschijnlijk onder de invloed van EZ en de commerciële aspecten van de gaswinning en het door de politiek aangehaalde 'nationale belang'.

Vervolgens werd er de eerste jaren na de publicatie van de NPR in februari 2015 met PGA 0,42g of later PGA 0,36g niets gedaan aan preventief versterken, met uitzondering van een paar gebouwen die op *base-isolation* werden gezet. Dit laatste werd veroorzaakt door steeds nieuwe KNMI-berekeningen van de Mmax[169] die steeds heel erg hoog uitvielen. Zo hoog, dat het merendeel van de 200.000 woningen[170] in de provincie met de in de NPR daarbij berekende PGA zwaar beschadigd zou raken, vele zouden instorten en er vele slachtoffers zouden vallen.

Het preventieve versterken zou in 2014 een gigantische bouwopgave zijn met kosten van 20 tot 22 miljard euro, gebaseerd op de kosten van enkele prototype versterkte woningen in 2014.[171] Bovendien werd er aan de bewoners helemaal geen economisch perspectief geboden, anders dan een vergoeding van eigen gekozen verbeteringsmaatregelen (men had geen informatie over wat die waren) die uitmondde in het plaatsen van PV-panelen op veel woningen.[172]

NAM-consultant Arup produceerde in 2013 meerdere rapporten (confidentieel, Engels) over de mogelijke versterkingsactie in de provincie, te beginnen bij de openbare gebouwen zoals scholen. In 2014, twee jaar na de Huizingebeving, begon Arup volgens de systematiek van de NEHRP, aan het onderzoek naar publieke gebouwen zoals de Openbare Basis Scholen (OBS) en enkele andere gebouwen in het epicentrum bij Loppersum. De woningen van de buitenzones (buiten het epicentrum met lagere PGA-waarden) kwamen voorlopig nog niet aan de beurt voor een beoordeling of compensatie.[173] Dit was een gevolg van een groot capaciteitsprobleem in de bouwwereld. Het resultaat was dat veel bewoners voelden dat ze in de kou bleven staan. Daarop speelde de pers (*Dagblad van het Noorden*) weer in door deze burgers te interviewen.[174] Daarmee versterkten de media de negatieve gevoelens onder de bevolking.

De media hadden daarbij een veel grotere impact in de beeldvorming van wat er gaande is dan de publieksvoorlichting van de NAM via hun website, die het toen in dat opzicht liet afweten. [175]

---

[169] De 2013 dreigingskaart van de KNMI werd later in de vertaalde Eurocode 8 (de NPR) opgenomen. Dit was principieel een foute beslissing. De dreigingskaart ging over het maximaal theoretisch haalbare onder extreme omstandigheden, verhoogd met onzekerheden, niet over het maximaal toelaatbare.

[170] Een vroege schatting was dat een oude doorzonwoning met een waarde van 100.000 euro voor eenzelfde bedrag versterkt moest worden (nog geen verduurzaming!!) om de hoge seismische belasting te kunnen weerstaan **zonder instorten**. De woning zou dan bij die voorgestelde Mmax wel onherstelbaar beschadigd worden en **gesloopt** moeten worden. In een latere fase met meer versterkingsinformatie én verduurzaming werden de feitelijke kosten gemiddeld 464.000 euro per woning, ongeveer driemaal de woningwaarde. Dat is inclusief een aantal hele dure *base-isolation* projecten van monumenten; de enige manier van bescherming tegen de hoge PGA van de NPR.

[171] Een vijftal testwoningen werd versterkt op basis van deze PGA. De kosten van de versterking was meer dan driemaal de woningwaarde. Na een PGA-max aardbeving volgens die NPR is dan dat versterkte gebouw weliswaar net-niet-ingestort, maar wel zeer zwaar beschadigd.

[172] Alleen PV-panelen waren een mogelijkheid. https://nos.nl/artikel/2118256-te-veel-zonnepanelen-in-groningen.html

[173] Deze actie gaat uit van het principe dat het nog jaren kan duren voordat die zware op Mmax prognose gebaseerde aardbeving zich eventueel kan voordoen (kans 2% in 50 jaar), en dat de PGA-prognose voor de buitengebieden veel lager ligt. Volgens het concept van de FEMA/NEHRP is het wenselijk om eerst de openbare gebouwen aan te pakken, waar meer mensen tegelijkertijd kunnen samenkomen.

[174] In een interessante rapportage (uit eind 2015) stelt een burger dat hij het vertrouwen in een NAM-oplossing al lang heeft opgegeven en al 20.000 euro heeft besteed om het 'eigen gebrek' van zijn woning op te heffen.
https://www.dvhn.nl/groningen/%E2%80%98Vertrouwen-is-niet-meer-te-herstellen-21066277.html

[175] Ofschoon er technisch goed onderbouwde argumenten waren om eerst de scholen vanuit het epicentrum aan te pakken, werd dit niet op de NAM-website verklaard. In dat opzicht zijn onderbouwde of rationele argumenten weinig relevant in een steeds emotionelere discussie waarbij het gaat over 'veiligheid'. De kritiek van de bevolking op de trage en slechte schadeafwikkeling van de NAM kon niet weerlegd worden met strategie of analyse of informatie over hoe de schade ontstaat en wat de mogelijke versterkingsopties zijn.

De NAM had met het 2014 rapport *Vertrouwen op Herstel…* kennelijk een tweesporenbeleid: aan de ene kant vasthouden aan de hele hoge Mmax en PGA-waarden, terwijl aan de andere kant met veel lagere waarden wordt begroot voor de versterkingsmaatregelen, of zelfs niet versterkt.

Bekend is de internationale stelling: "*Quakes do not kill people, bad buildings do". "Aardbevingen veroorzaken geen slachtoffers, dat doen slechte gebouwen*".
Onvoldoende seismisch versterken is net zo slecht als geen seismische versterking.

Cosmetisch muurherstel is daarom een **uiterst kortzichtige maatregel** is als men stelt dat de bevingen steeds zwaarder worden. Met de hele hoge PGA aan de ene kant, en de feitelijke maatregelen van de NAM-gebouwherstel aan de andere kant is er een tweesporenbeleid ontstaan.

De NAM-research (2013-2015, versterken van testwoningen) en daarna de NCG bleven gefocust op de zware toekomstige NPR-PGA van de aardbevingen, terwijl het IMG slechts cosmetisch herstel toepaste, alsof er nooit zwaardere aardbevingen zouden komen.



Figuren 35. Voorbeelden van beschadigingen en noodzakelijke stutten
Links. Vlakke togen met gebrek aan dragende lateien. Het uitwijken van de zijmuren vanwege gebrek aan diafragma's geeft ruimte aan het inzakken. Dit is een combinatie van ouderdom, gebrek aan seismisch resistente constructie en verzakking; misschien ten gevolge van de inklinking van de grond (verdroging of compactie). Rechts. Verweerd kalkcement metselwerk in de hoeken van de topgevel, hoge ramen met smalle penanten, zware topgevels zonder goede verbindingen met een stijve kapconstructie. In beide situaties zijn de aardbevingen niet de directe oorzaak van de schade, maar deden de schade toenemen. Het schadeprotocol van de NAM bood geen financiële (lange termijn) oplossing, maar definieerde dit als 'eigen gebrek'.

Veel oude woningen hebben gelijksoortige problemen en lopen een gedeeltelijk instortrisico op bij herhaalde bevingen. Dit resulteert in een risicovolle situatie. Vanwege monumentenstatus konden de gebouwen niet direct versterkt worden. Stutten is dan wel noodzakelijk.[176] Er werden er in de media regelmatig foto's vertoond van gebouwen in de stutten, maar het 'eigen gebrek' of achterstallig onderhoud dat deze gebouwen hebben wordt dan niet vermeld of toegelicht.

De stutten geven aan van *Kijk eens hoe erg,* maar er wordt niet bij verteld dat de NAM de gestutte gebouwen wel op de duur wil verstevigen en herstellen, dat wil zeggen op voorwaarde dat de gebouweigenaar ook investeert vanwege het achterstallige onderhoud; maar dat konden ze niet.

[176] Toen het IMG in juni 2020 werd opgericht was de PGA volgens het bijlagekaartje van de NPR 9998:2020 al gedaald tot kleiner dan 0,07g voor het epicentrum (T4). Dat is iets onder de Huizingebeving. Op basis van die gegevens kon de IMG dus stellen dat men alleen nog cosmetische reparaties deed. Het voortzetten van het NCG (versterken) was seismisch gesproken (als men een juiste NPR zou volgen) niet meer noodzakelijk. Eerder kwamen de NCG en het provinciebestuur met de eis om 30.000 woningen te slopen en nieuw te bouwen, wat seismisch gesproken niet nodig was.

Dit is een kernprobleem in de hele provincie. Een eeuw geleden was Groningen een welvarend gebied met rijke boerderijen die veel aan de graanoogst verdiend hadden. Na de Eerste Wereldoorlog gingen veel bedrijven over op melkvee en mechanisatie, waarbij de oude graan- boerderijen langzaam in verval raakten. De NAM vond dat het niet tot hun taak behoorde om een lange termijn bouwfonds of financieringsmodel op te zetten (met de overheid?) waarbij de kosten van het 'eigen gebrek' op lange termijn gefinancierd kon worden. Hierdoor bleven de gebouwen eindeloos in de stutten staan (verklaringen in NAM-stafvergaderingen begin 2014)

Monumenten versterken, restaureren en dan ook verduurzamen [177] is extra gecompliceerd omdat de oorzaak vaak de funderingen betreft, of omdat men niets aan monumentale gevels mag veranderen en aan de complexe voorwaarden van monumentenzorg moet voldoen. Dat kan wel, maar niet ad hoc, en het kost meerdere malen de marktwaarde van het gebouw.

3.2. Stapeling van complicerende aspecten

Vijf problemen komen hier bij elkaar.

Het eerste is dat er in de provincie veel echt oude gebouwen zijn met achterstallig onderhoud (en 'eigen gebrek'), mede als gevolge van het feit dat Groningen een KRIMP-regio is.[178]

Het tweede is dat de NAM op allerlei manieren onder de schadevergoeding probeerde uit te komen zoals: (1) Introductie van 'eigen gebrek' als C-schade, (2) Afwijzing van fundering onderzoek en funderingsschade, (3) poging om de SBR trillingsregeling voor oude bebouwing te laten gelden, (4) zonebegrenzing van buitengebied voor acceptatie van schadeclaims, (5) afwijzing van schade aan eigendommen van buitenlanders[179], (6) geen contractvoortzetting van inspecteurs of bureaus die teveel A- en B-schade identificeerden, (7) onder-financiering van externe schadebureaus waardoor er geen uitgebreide rapporten konden worden opgesteld. Hierdoor hadden deze externe rapporten bij de rechter weinig kans van slagen ten opzichte van de zware rapporten van het CVW, NCG en IMG.

Het derde is dat er géén financiële voorzieningen waren zoals een bouwfonds dat de aanvullende herstelkosten of verduurzaming voor een lange periode kon helpen voorfinancieren.

Het vierde is dat de NEN het KNMI-Mmax-PGA-kaartje nooit had mogen overnemen, maar een berekening had moeten maken per woning typologie (PGA-acc berekening) om vast te stellen wat de Groningse woningbouw kon doorstaan, als er hooguit nog DS1-schade mocht optreden bij een beving.[180] Daarop had de gasproductie moeten worden aangepast.[181]

Het vijfde is dat de PGA van de NPR 9998 niet de juiste is. Het is gebaseerd op de hogere verticale, niet de horizontale van de bevingen in Groningen, en daardoor veel te hoog was voor de horizontale berekeningen. In de NPR wordt geen onderscheid gemaakt tussen de twee richtingen.

Het zesde is dat de NPR geen informatie of een reductiefactor had voor retrofitting, terwijl het seismisch versterken of herstel van de bestaande bebouwing wel **veruit het belangrijkste aspect** (eigenlijk het exclusieve aspect) was van de seismische maatregelen voor Groningen.

---

[177] Bij bouwkundige versterking van een gebouw is het volgens de bouwverordening verplicht ook het gebouw te verduurzamen tot aan de huidige norm. De NAM vond dat dit de zaak was van de woningeigenaar. De meeste woningeigenaren hadden niet de financiën om te verduurzamen.

[178] In de eerste jaren na de vondst van het aardgas (1960-1970) werd er door de overheid wel een poging gedaan om de werkgelegenheid in de regio te stimuleren met de vergroting van het industrieterrein Eemsdelta, maar dat werd geen succes.

[179] Een rechtszaak van een buitenlander in Zandeweer is voor hem na jaren tegen de NAMM procederen positief afgerond.

[180] Het DS1 schadeniveau wordt uitgelegd in hoofdstuk 1 van het Burgerboek.

[181] Al in 2010 werd er gewerkt aan het nivelleren van de gasdruk zodat er minder aardbevingen kwamen. Hoewel bij verdere depletie van de gasvoorraad de frequentie hoger wordt, zal bij sterke vermindering van de gasproductie en goede nivellering de maximale PGA ruim onder de 0,1g blijven.

Het NAM-concept van 'eigen gebrek' omvatte bijvoorbeeld dat de woningeigenaar onvoldoende onderhoud heeft gepleegd (C-schade), en voor een slechte bouwkundige staat (pre-1920 met zwakke funderingen). Een weggehaalde muur of draagbalk om een open keuken te realiseren werd ook beschouwd als 'eigen gebrek'.

Deskundigen met voldoende bouwkundekennis zouden kunnen stellen dat als er bij 'eigen gebrek' schade ontstaat (of wordt deze verergerd), dat die schade in eerste instantie te wijten is aan dat 'eigen gebrek' en niet aan de aardbeving en daarom niet vergoed wordt. Aan de andere kant zou dat eigen gebrek niet worden verergerd zonder de aardbeving.

In bepaalde situaties, zoals de Jarino-woningen in Loppersum, kwam het 'eigen gebrek' pas aan het licht met de Huizingebeving. Erkenning van de verschillende factoren is noodzakelijk, maar het ontkennen of afwijzen heeft geleid tot veel arbitrage.

De NAM wilde geen regeling/bouwfonds om 'eigen gebrek' of verduurzaming via een lange termijn bouwfonds te financieren, waardoor deze gebouwen met schade jaren in de administratieve- en arbitragemolen bleven zitten.

Conclusie: Het schadevergoedingssysteem van de NAM voldeed niet aan de verwachtingen of de behoefte van de Groningse bevolking.

Media moeten de aandacht trekken om hun nieuwswaarde te behouden en gebruikten hiervoor graag opvallende beelden, waardoor ze vaak de werkelijkheid verdraaiden, waarmee de perceptie van het probleem verschuift. **Dat draagt bij aan de polarisatie.** Dat is vandaag de dag nog steeds het geval. Aan de andere kant kreeg de bevolking zo wel de nodige aandacht van politiek Den Haag en kwam er een Politieke Enquête Commissie Aardbevingen Groningen (PECAG). Het publiek wil schandaal zien en lezen en hun eigen gelijk gepubliceerd zien, zo voedde de interactie tussen het publiek en de media de negatieve gevoelens van het publiek richting de NAM.[182]

Deze foto werd te pas en te onpas gebruikt als voorbeeld van aardbevingsschade, maar heeft mogelijk niets met de bevingen te maken.
Onderzoek binnen het gebouw kan uitsluitsel over de oorzaak van de scheur geven. Afhankelijk van de binnen-dwarsmuren kan de muur ook splijten, speciaal zonder goede funderingen. Één cm differentiële verzakking (hier het geval) kan dat splijten veroorzaken.



Figuur 36. Geënsceneerde foto van de pers
De lage zijmuren van een grote schuur worden door zakkende gebinten naar buiten gedrukt. Wel een sterk beeld om de aandacht te trekken. (Foto van Groningen nu.nl en ed.nl).

[182] Een voorlichtingsfolder die de NAM in begin 2013 uitbracht, gaf aan hoe men de persoonlijke veiligheid in de woning kon verbeteren door het vastzetten van hoge kasten, wegblijven bij de ramen en een stevige plek in de woning opzoeken of de schoorsteen controleren, viel volledig verkeerd.

In de eerste plaats realiseer je je bij een korte beving niet wat er aan de hand is voordat het over is en daarna kan je niet binnen die paar seconden (de beving duurt niet langer) een veilige plek opzoeken. Naar buiten rennen lukt niet op tijd als je toevallig niet naast de buitendeur staat (de deur kan klemmen) en is bovendien extra gevaarlijk vanwege neervallend puin. Bovendien werd er niet aangegeven wat die veilige plek was. Ook wisten de woningeigenaren niet hoe ze een schoorsteen moesten controleren of hoe ze die moesten versterken in het geval deze niet voldeed. De onderliggende boodschap van de NAM was dat de woningeigenaar zelf maar voor haar veiligheid moest zorgen; dat viel verkeerd.

Aangaande de algemene klachten over de ‘eigen gebrek’ uitzonderingsmaatregel geeft de NAM in haar rapport van augustus 2013 aan: *“Echter, bij het afhandelen van de schademeldingen is gebleken dat bestaande zwakke punten in gebouwen, zoals verzakkingen door andere oorzaken dan aardbevingen en achterstallig onderhoud, vaak het effect van de beving versterkt hebben en tot grotere schade hebben geleid.”* [183]

Hierover kunnen de volgende opmerkingen gemaakt worden:

- Zakkingen (van funderingen) zijn vaak niet erkend als de oorzaak van de laatste aardbeving of bevingsschade, maar kunnen wel veroorzaakt zijn door de vele kleine bevingen in de afgelopen jaren. Een nieuwe aardbevingstrilling kan de opgebouwde spanning in het metselwerk (door de verzakkingen) omzetten in scheuren.

- De NAM gebruikt met de ‘eigen gebrek’ regeling achterstallig onderhoud en ouderdom van de woning als oneigenlijk argument om dit als C-schade aan te merken en daarmee de woningeigenaar verantwoordelijk te maken voor de herstelkosten. Dit is in strijd met de uitspraak van de Hoge Raad, punten: I.5.A.a t/m I.5.A.e (Hoge Raad 26 maart 2010, *LJN*BL0539)

- Ouderdom en achterstallig onderhoud moeten aan die wetgeving getoetst worden, maar er is hierover geen duidelijkheid of er zijn geen relevante richtlijnen.

De NAM beloofde in januari 2014 in het rapport *Vertrouwen op Herstel en Herstel van Vertrouwen*, een bedrag van slechts 1.128 miljoen euro, te besteden over een periode van zes jaar.[184] Maar de bouwwereld was niet in staat dat tijdig te realiseren. Er ontstond een tweedeling in de bevolking; woningeigenaren die me de nieuwe regeling akkoord gingen en de woningeigenaren die niet akkoord gingen en daardoor achtergesteld werden en noodgedwongen juridische procedures tegen het CVW of de NCG en IMG moesten beginnen.

De instituten (scholen, monumentenzorg) en woningeigenaren (inclusief woningcorporaties) die wél op korte termijn aandacht kregen aan de ene kant, en de bevolking die in de randgebieden woont of waarbij veel C-schade werd geconstateerd aan de andere kant. Deze andere kant vond dat ze onvoldoende (en meestal niet) geholpen werd en werd terecht ondersteunt door de media en actiecomités zoals de GBB. De indruk werd gewekt dat de NAM alles verkeerd deed; niet onterecht, vooral aan de behandeling van de schadegevallen bij de bevolking mankeerde van alles.

De ontwikkeling van informatiemateriaal over het hoe en wat van de gebouw-versterking bleef overvleugeld door de onrealistische hoogte van de NPR-dreigingskaart met medio 2015 een PGA 0,36g. Alle ingenieursbureaus (Hbo-niveau) moesten met die hoge waarden rekenen, zonder dat er een retrofitting clausule in de NPR was opgenomen.

Het gebrek aan deskundig bouwtechnisch personeel, ervaring en capaciteit in de seismische hersteloperaties was hier fnuikend voor de oplossing van de problemen. Het bestuderen van het Burgerboek zou hier het informatietekort kunnen verhelpen.

---

[183] Bron: Het ontwikkelen van een plan van aanpak voor de preventieve versterking van gebouwen, om veiligheidsrisico’s door aardbevingen in het Groningen veld zoveel mogelijk te beperken.

[184] Een nogal zuinig bedrag, want op basis van de toenmalige NPR en de kosten van versterking van de testwoningen zou er tussen de 20.000 miljoen euro en 25.000 miljoen euro nodig zijn.

Alhoewel er in 2015 al 3.000 gebouwen (huizen en scholen) seismisch versterkt werden, door de hoogrisico-elementen te verwijderen (bijvoorbeeld schoorstenen), mochten deze niet meetellen voor het aantal van versterkte huizen.[185] De beleidsmensen wisten kennelijk niet wat 'seismisch versterken' inhield of hadden een andere politieke agenda.



Figuren 37. Het vervangen 1 & 2, of het geheel verwijderen van de schoorstenen.
Vervangen van een zware bakstenen schoorsteen door een lichtgewicht model of het verwijderen daarvan werd niet gezien als versterking. Het onbegrip van de ambtenaren en de bevolking over het verschil tussen versterking en seismische versterking was significant voor de situatie en de telling van de resultaten (E.f.).

Officieel waren het er in 2015 maar ongeveer 20 gebouwen die heel zwaar versterkt[186] werden tegen de hoge PGA. Dit waren hoofdzakelijk de testwoningen die versterkt werden volgens de in 2014 geldende NPR en die op *base-isolation* gezet werden. Over de hele periode tussen 2014 en 2018 waren het ongeveer 400.[187] Het gros van de seismische versterkingen telde dus niet mee. Oude gebouwen zonder evidente funderingsproblemen en met redelijk brede raampenanten kunnen volgens de seismische analyse makkelijk aardbevingen doorstaan met grondversnellingen tot 0,2g voordat er van enige groot schade- of instortingsrisico sprake is.[188] Volgens de Eurocode 8 zijn ze dan ruim voldoende 'veilig' gezien de werkelijk optredende aardbevingssterktes. Een aardbevingsbelasting met grondversnellingen van 0,2g is al 2,5 maal zo belastend als die van Huizinge; daar was de piek van de horizontale grondversnelling immers maar PGA 0,05g.

Seismisch versterkt wil niet zeggen dat er dan geen schade zal zijn met een beving.

---

[185] Dit was het gevolg van het begripsverschil tussen 'seismisch versterken' van de NPR (net-niet-instorten) en wat de bevolking onder versterken begreep (schadevrij wonen). Deze twee begrippen bestaan nog steeds volledig los van elkaar.

[186] De hele beganegrondvloer werd één grote gewapende betonplaat waarop grote metalen portalen werden geplaatst waar alle muren en dakconstructie aan verbonden werden.

[187] Het was in 2014-2015 niet duidelijk waarom het aantal seismisch versterkte woningen administratief zo laag werd gehouden, terwijl die wel waren uitgevoerd. Mogelijk was het gerelateerd aan de extreem hoge NPR-PGA waartegen formeel 'seismisch versterkt' moest worden. Het seismisch versterken door schoorstenen te verwijderen tegen een PGA 0,1g is een lichte ingreep en niet hetzelfde als hele gebouwen zwaar versterken tegen een PGA 0,36g.

[188] Op basis van deze feitelijke constatering waren er dus bijna geen onveilige woningen in Groningen. Bijna, omdat er wel een aantal woningen waren met slecht onderhoud, bouwfouten en aanpassingen door de woningeigenaren die de structurele samenhang nadelig beïnvloedden. Het instort risico wordt groter wanneer men tussen twee aardbevingen die muren (met schade) niet herstelt of versterkt. De volgende beving zal dan de schade verergeren waarbij er dan méér risico van instorten gaat ontstaan. Rond 2012-2014 was er slechts één enkele grotere beving na twee jaar in de regio Loppersum. Men had dus theoretisch twee jaar voor tussentijdse reparaties, maar die reparaties kwamen er niet (of op tijd) en een groot aantal van de reparaties door de aannemers was slechts cosmetisch zonder enige (seismische) versterking.

3.3. Muurherstel is NIET versterken

Het soort schade hangt af van de constructie van de gebouwen, fundering, dragende muren, diafragma's en verbindingen. De gebouwschade kan dan bij pre-1920 woningen en een PGA 0,2g aanzienlijk zijn, waardoor het financieel onrendabel wordt om ze te repareren, versterken én verduurzamen. Dat wil dan niet zeggen dat het ook milieutechnisch of sociaal onrendabel is om ze op te knappen, want in de huidige financiële berekeningen wordt de cultuurwaarde niet doorberekend en evenmin de extra CO_2-uitstoot die het gevolg is van een commercieel sloop- en herbouwproces.[189] Die CO_2-uitstoot meerekenen is een noodzakelijke duurzaamheidsstap die anno 2014-2015 door veel instellingen en overheid niet werd gedaan. In 2025 nog steeds niet.

De problematiek van gebrek aan kennis over de betekenis van 'risico' en het 'veiligheidsbegrip' van de NPR of de invloed van aardbevingen op gebouwen was vrij breed. De ingenieurs bleven nog tot in 2018 rekenen met de oude 2016 NPR-gegevens en werden betaald door de NAM, het CVW of de NCG, zonder de logica van die hoge berekeningen of honderden pagina's tellende schaderapporten tegen het licht te houden van de sociaal-politieke werkelijkheid en de al ingezette daling van de PGA. Er werden door de ingenieurs daarover geen vragen gesteld.

De technisch-wetenschappelijke publicaties uit de periode 2013-2015 gaan uitgebreid in op de theoretische berekeningen, zonder een analyse te maken of die hoge Mmax (en NPR-PGA) wel maatschappelijk-juridisch reëel is. Die publicaties gaven weliswaar een verdieping van het technische thema van de geïnduceerde aardbevingen voor de eigen professionals, maar daarmee werd het voor de burgers niet duidelijker. Het ging ook nooit over de bouwkundige maatregelen die nodig zijn om de oude bakstenen woningbouw constructief te verbeteren.

Die wetenschappelijke artikelen zullen wel meer kennis produceren over het Groningse type geïnduceerde aardbevingen en hopelijk de verschillen met tektonische aardbevingen, maar zijn erg specialistisch en nemen de belangen van de bevolking niet in aanmerking.

Uit een persoonlijke briefwisseling in 2020 met de GBB-actiegroep kon het volgende worden opgemaakt:

- Grote motivatie (betrokkenheid) met het thema aardbevingen en angst van de bevolking.
- Wel enkele juiste verklaringen over de aardbevingen en gevolgen vanuit de publieke informatie.
- Verkeerd begrip van 'Veiligheid' of 'Risico' dat de NPR of de overheid hanteerde (seismische veiligheid) ten opzichte van het begrip van de burgers (geen schade aan de woning).
- Focus op financiële vergoeding zonder evaluatie of het wel bevingsschade was.
- Mensen schuldig vinden door associatie met de NAM of een instituut (TUDelft, TNO).
- Bewuste chargering van de stellingname tegen de NAM en de overheid (terecht).
- Ze nam bij voorbaat een afwijzende positie in jegens betere informatie over bouwen en seismisch versterken, zonder te weten waarover het ging.

De volgende conclusie kon worden gemaakt:

- De briefwisseling was verhelderend om inzicht te krijgen in de verbittering van sommige actiegroepen en de vermenging van feiten en misconcepties die daaraan ten grondslag lagen. Echter in sociale opzichten hadden ze wel degelijk gelijk. [190]

[189] De bouw, sloop of verbouwing in de woningbouw zijn zeer materiaal-intensive processen, waarbij er per woning meerdere containers vol afval verwijderd moeten worden en er vrachtwagens vol nieuw materiaal nodig zijn om het huis te isoleren en te verduurzamen. Al dat materiaal moet geproduceerd en getransporteerd worden en het afvalmateriaal verwerkt. In Nederland is de kwaliteit van de recycling van bouwafval nog in een ontwikkelstadium. De milieukosten van de CO_2-uitsoot van alle bouwmaterialen wordt nog niet meegerekend of de CO_2 wordt evenmin gecompenseerd.

[190] De GBB was niet een instelling die de door de NAM en KNMI aangedragen feiten over de aardbevingsprognoses kon of moest verifiëren. Dat staat ook zo in hun statuten. Hun belangrijkste taak was om op te komen voor de bevolking.

De verschillende psychologisch-wetenschappelijk georiënteerde publicaties gingen over de gevoelens, de klachten en de veiligheid van de bevolking in Groningen in relatie tot het hele versterkingsproces.[xxxii] Deze partijen hadden hun **eigen interpretatie van de termen 'veiligheid' of 'risico'**. De rapporten analyseerden op basis van interviews het effect van de gebouwschade op een aantal kernvariabelen zoals angstgevoelens, veiligheid, gezondheid en vertrouwen in de overheid en over het algemeen de psychosociale impact van de gaswinning en de daaruit volgende bevingen op die burger. Het werd daarin duidelijk gemaakt hoe het versterkingsproces was vastgelopen door de hele hoge NPR-PGA en de **complexiteit van het proces zelf**, de negatie door de NAM en het CVW om funderingsschade te erkennen, en de stroperigheid van de procedures.

Het proces bestond uit verschillende onderdelen: het bouwkundige proces, de schademelding, het versterkingsproces, de bonusbetaling en de herstelorganisatie in haar geheel.

- Het bouwkundig technische aspect werd gecompliceerd door de hele hoge en daarna steeds verlagende NPR-PGA-waarde en overmatig zware versterkingen van testgebouwen. De woningeigenaar met schade werd vervolgens in uitvoering achtergesteld bij de versterking van gemeenschapsgebouwen zoals scholen en monumenten. De burger bleef in het duister over welke maatregelen nodig waren: wat versterken, cosmetisch, van fundering tot schoorsteen, kosten, door wie, 'eigen gebrek', C-schades, wat wordt er wel of niet betaald, enz.? Waarom werd het ene huis wel versterkt en het andere in dezelfde straat niet? [191]

- Het hele traject van schademelding, inspecties, beoordelingen, rapporten, begrotingen, contra-inspecties, monumenten, planvorming, informatieavonden, contracten, verhuizing, had tot 2018 **gemiddeld 17 keukentafelgesprekken**[192] nodig voordat er een beslissing kwam over sloop en nieuwbouw. Dit proces werd óók verstoord door een verkeerde begripsvorming en aannames over de NPR-PGA, 'veiligheid' en 'risico'. De ingenieurs, wetenschappers, de onderzoekers en de bevolking praatten volledig langs elkaar heen.

- Het versterkingsproces had zowel technische-bouwkundige als sociale, financiële, politieke en organisatorische complexiteiten. De herstelbouw in haar geheel liep via uitgebreide schade-dossiers, bouwnormen, ontwerpen, berekenen, vergunningen, aanbestedingen, ingenieurs, bouwbedrijven, allemaal **buiten de woningeigenaar om**. Wanneer een ingenieursbureau met een vuistdik rapport (veel kopiewerk) stelde dat er een bepaalde constructie moest komen, wat kon de leek-bewoner daar over zeggen?[193] Wordt er dan iets 'versterkt' of 'gerepareerd' zonder dat het thermisch geïsoleerd wordt?

---

[191] Dat kan te maken hebben met de periode van de opname volgens een latere NPR met een lagere PGA-waarde, of een andere schade-inspecteur van een ander consultantbedrijf. Huizen die dicht bij elkaar liggen kunnen verschillende schade hebben vanwege de oriëntatie van de sterkste bouwmuren. Het epicentrum van lichte bevingen ligt niet altijd in dezelfde richting ten opzichte van de bebouwing en de schade kan van verschillende beving-locaties (epicentra) komen.

[192] Statistische gegevens van het CVW in 2017. Nadat de woningeigenaar schade had gemeld kwamen er een of meerdere schade-inspecteurs om alles op te nemen. Later kwamen ze het schaderapport toelichten en legden uit waarom volgens de NAM/CVW sommige C-schade niet meetelde. Daar ontstond in veel gevallen onenigheid over en arbitrage. Schade-inspecteurs en NAM-leden kregen in 2015 zelfs een korte interne opleiding om de gestreste woningeigenaar te bepraten, zodat die het schaderapport accepteerde. Een nogal manipulatieve praktijk.

[193] Het CVW en later de NCG en het IMG vergoedden tot een zeer beperkt niveau de kosten van een schaderapport door een extern expertisebureau wanneer de woningeigenaar het niet eens was met het eerste rapport. In 2024 was dat nog slechts 165 euro voor een rapport, terwijl voor een rapport dat werd gemaakt door studenten slechts 85 euro werd betaald inclusief bezoek en reiskosten. Dat kwam feitelijk neer op minder dan het minimumloon. De kwaliteit van die rapporten was dan ook bedroevend slecht. Deze beperkingen voor die financiering waren zodanig dat het externe schaderapport erg beperkt bleef (de term 'flut-rapporten' werd gebruikt).

- De Mmax en PGA-berekeningen. In deze dissertatie wordt betoogd dat zowel de Mmax als de daaruit volgende PGA-berekeningen zwaar overschat waren. Bovendien werd de verkeerde (verticale) PGA in de NPR toegepast, en retrofitting was hierin niet opgenomen.

- Het verkeerde concept van retrofitting. Zoals in Nieuw-Zeeland, de USA en andere landen wordt toegepast, wordt retrofitting anders berekend dan nieuwbouw. Er wordt dan met een lager percentage van de maximale **horizontale PGA** gerekend. Dit leidt tot heel veel lagere versterkingskosten, waardoor er meer financiële ruimte overblijft voor verduurzaming en leningen voor verbeteringen.

- De 2014 bonusuitbetaling. Deze bonus was 4.000 euro per huishouden[194]. Met de beperking dat de maatregelen toekomstige hersteloperaties niet mochten belemmeren, werden er slechts PV-panelen van aangeschaft. Dit heeft niet het gewenste kalmeringseffect gehad.

- In 2014 kon de NAM niet aangeven wat de mogelijke versterkingen moesten zijn. Om dat te kunnen doen had per woningtypologie een plan op tafel moeten liggen. Het effect was dat er vaak slechts cosmetisch muurherstel plaats vond, omdat de aannemers niet wisten hoe ze seismisch moesten versterken. Aan een versterkingsvoorstel per woningtype werd pas ná 2015 samen met de NCG en TNO gewerkt.

- Geen financiële oplossing voor C-schade en 'eigen gebrek'. Wanneer de woningeigenaar zelf C-schade zou willen aanpakken, of herstelwerkzaamheden aan de woning zou wil laten uitvoeren, bestond er geen lange termijn financieringsstructuur. Er bestond in 2014 geen aanvullende financiering van de NAM voor de thermische isolatiemaatregelen. [195]

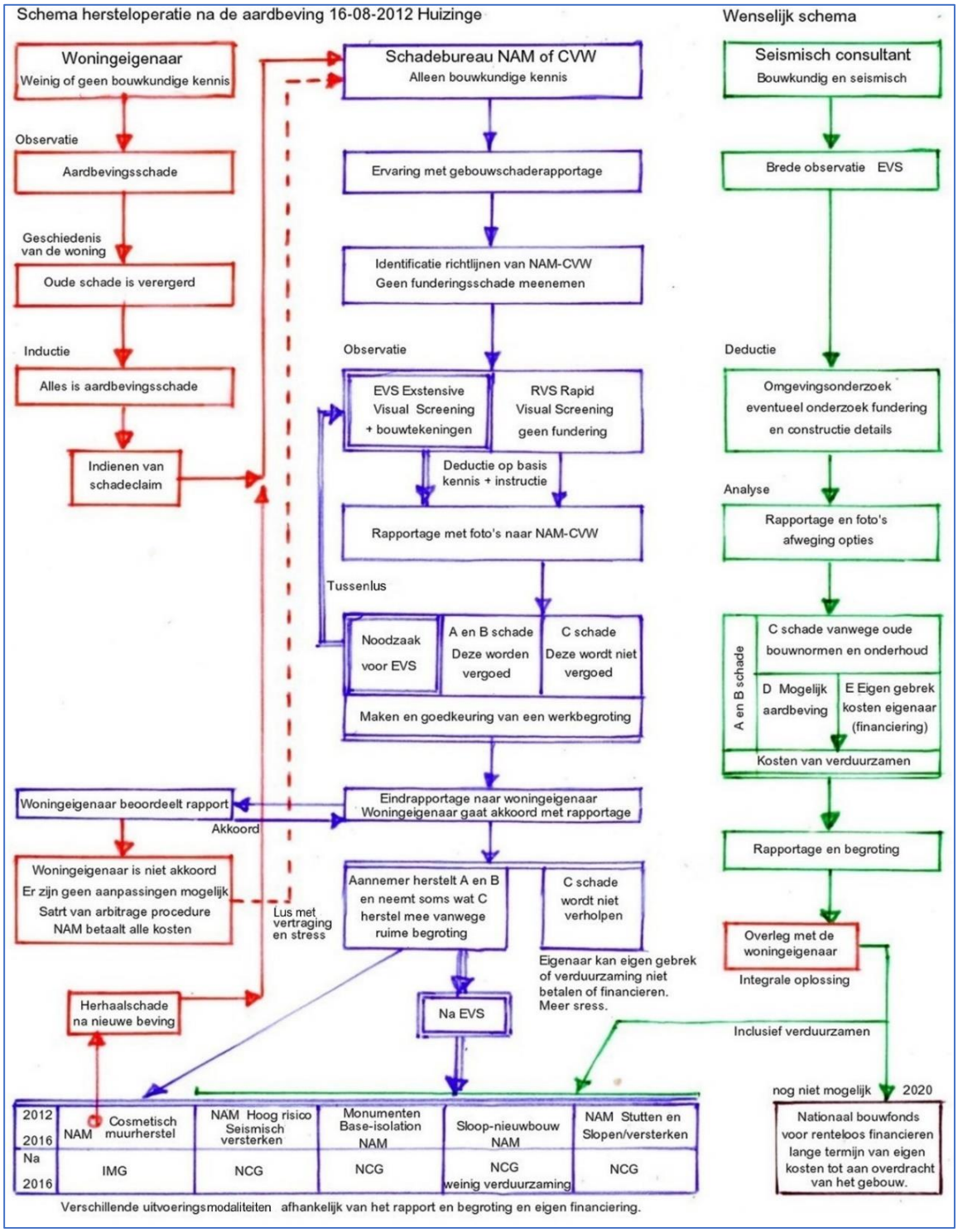
- Systematische pogingen van de NAM om onder te hoge schadevergoeding uit te komen: (1) C-schade telde niet mee, en er werd steeds meer C-schade aangewezen; (2) eigen gebrek regeling; (3) geen funderingsonderzoek toegestaan; (4) de SBR-trillingsregeling werd onterecht gebruikt; (5) poging tot zonebegrenzing van het buitengebied voor schadeclaims; (6) afwijzing van schadevergoeding voor buitenlanders; (7) geen contracten meer voor inspecteurs die teveel A- en B-schade specificeerden; (8) onder-financiering/vergoeding van externe schadebureaus waardoor deze geen uitgebreide rapporten konden opstellen. Hierdoor hadden deze externe rapporten bij de rechter weinig kans van slagen ten opzichte van de zware rapporten van het CVW, NCG en IMG. De rechter vergelijkt de inbreng (rapporten) van de advocaten en doet geen eigen onderzoek.

Daartegenover hadden de NCG en het IMG schade-inspecteurs alle tijd en faciliteiten om vuistdikke rapporten te maken (met veel kopieerwerk uit andere dossiers). Eenmaal bij een (niet bouwkundig deskundige) rechter had daardoor het (flut) rapport van de onafhankelijke schade-inspecteur weinig kans op goedkeuring. Dat was een aspect van de ongelijke strijd tussen de woningeigenaar en de NAM, CVW, NCG en IMG.

[194] De 4.000 euro bonus die in 2014 aan de eigenaar-bewoners werd aangeboden had de bedoeling om ze te pacificeren, maar bouwkundige versterkingen mochten niet worden toegepast als ze eventuele toekomstige maatregelen in de weg zouden zitten. Omdat die toekomstige maatregelen niet bekend waren, omdat de toekomstige aardbevingssterkte niet bekend was, leidde het ertoe dat men slechts PV-panelen aanschafte. Het plaatsen van PV op oude daken met slechte panlatten was/is niet mogelijk zonder eerst het dak te vernieuwen. Op noordelijke daken was het niet nuttig. Die bonus was dus wel voor een kleine groep interessant, maar was slechts een selectieve maatregel voor enkelen in het centrumgebied.

[195] ISDE, Investeringssubsidie Duurzame Energie en Energiebesparing, 4 november 2019. https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde . Deze financieringsregeling was een beperkte subsidie en dekte niet de kosten. Pas per 1 februari 2022 is verduurzamen wettelijk verplicht bij verbouwing.

Het hiernavolgende schema geeft de procedure van de beoordeling.



Figuur 38. Het bestaande en wenselijke schema van de hersteloperatie

<u>Linkerzijde.</u> Rood is de route voor de woningeigenaar voordat de schade wordt gemeld bij de NAM-CVW. Onderaan blauw zijn de verschillende opties na de beoordeling.

<u>Rechterzijde</u> in groen is de kortere en betere route. Het cosmetisch herstel is niet logisch met zwaardere PGA-prognoses. Door de C-schade en gebrek aan een financieringsfonds (rechtsonder) werd heel veel arbitrage gevoerd. De kosten liepen op en de uitvoering van de herstelwerkzaamheden ondervond veel vertraging. Dat waren juist de oude gebouwen die veel schade hadden (en in de stutten stonden).

De woningeigenaar was met de afbouw van de gasproductie van het Groningerveld (deze stopte per 2024) misschien niet meer bang voor instortingen, maar wilde wél weten of deze nog jarenlang elke keer nieuwe schadeformulieren in moest vullen. Wat gebeurde er als de stutten worden weggehaald? Wat was het verschil tussen muurherstel en versterken, wanneer was versterken van het gebouw of de fundering nodig? De informatievoorziening naar de bewoners over hun eigen gebouw moest veel beter, waarom scheurde het en wat was ertegen te doen?

Het Burgerboek *Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen* was vanuit het perspectief van dit soort vragen (die leven bij de mensen) geschreven, zodat het een informatief gereedschap voor de woningeigenaar en de aannemer was, maar ook voor het niet-bouwkundige administratieve en overheidsgedeelte in het herstelproces. De voorgestelde ontwikkeling van biogas met Groningse veehouders werd afgekeurd.[196]

3.4. Het financiële beleid produceert het tegenovergestelde

De opstelling van de aandeelhouders van de NAM (en dus de NAM-directie) was om in korte tijd veel winst te maken en zo weinig mogelijk kosten te maken vanwege de gebouwschade. Hierbij moet worden aangetekend dat de overheid de grootste winst opstreek van de aardgasexploitatie (85%). Om te voorkomen dat woningeigenaren onterecht schadeclaims zouden indienen werd een ABC procedure opgezet, waarbij schade-inspecteurs zorgvuldig de schades moesten beoordelen. De oorspronkelijke bedoeling was om de procedure zorgvuldig en eerlijk te laten verlopen. Aannemers konden dan het muurherstel aanpakken op kosten van de NAM.

Omdat de (niet zorgvuldige) ABC-procedure vanwege de lange periode van aardbevingen en grondverzakkingen niet deugde, en bovendien inspectie van de funderingen door de NAM verkeerd werd aangestuurd, volgde veel en terechte arbitrage. De schade-inspecteurs (van Arup) kostten in 2013 gemiddeld 100 euro per uur. Later (CVW, NCG, IMG) werden er veel juristen aangesteld (ook duur) die ook tijd besteedden aan de rapporten, waar uiteindelijk driekwart van de kosten in verdween. Slechts een **kwart van de kosten** werden gebruikt voor **feitelijk muurherstel** dat ook nog eens veelvuldig verkeerd gebeurde (cosmetisch) zodat na een volgende beving het hele proces opnieuw begon (tot aan 2020 ongeveer 80.000 keer). Vanwege de periodiek verlagende Mmax-berekening en de daaraan gekoppelde PGA in de NPR, werden tot wel 30.000 woningen onterecht bestemd voor sloop en nieuwbouw. Ook kregen gelijke gebouwen verschillende beoordelingen vanwege verschillende opnametijden.

---

[196] In 2014 werd er door mij een voorstel gedaan ten behoeve van de economische ontwikkeling in Groningen om de intensieve veehouderijen om te laten schakelen van het gebruik van gierkelders naar de productie van biogas. Dit zou op termijn grote hoeveelheden **duurzaam groen gas** produceren en de Groningse industrie een stimulans geven en een alternatieve bron van elektriciteit opleveren. Hier bestond ondanks de zogenaamde 'groene ambitie' van de NAM (Shell) geen belangstelling voor. Het was voor de NAM geen gunstig verdienmodel. In 2014, toen een stel gierkelders gescheurd bleken, was het argument dat aardgas verkopen nu eenmaal meer opleverde.

In de latere jaren ontstond er een discussie over de grote stikstofuitstoot van de veeteeltbedrijven. Dit werd/wordt veroorzaakt door de vermenging van urine met de koeienpoep (of varkenspoep). Daarbij komt er veel slikstof vrij bij het uitrijden van de gier op het land (vanaf het voorjaar). Er waren al jaren stikstofnormen door de Europese Commissie opgesteld, maar deze werden niet opgevolgd door de Nederlandse veeteeltbedrijven. Ook werd er veel gefraudeerd met de mest-uitrijnorm. Door alle veeteeltbedrijven op biogas over te laten stappen wordt niet alleen de grote methaanuitstoot (meer dan 20 maal CO_2-equivalent) bijna vermeden, maar ook de stikstofuitstoot sterk verminderd. Bedrijven die niet konden overstappen zouden dan moeten sluiten, hetgeen dan de ook noodzakelijke inkrimping zou opleveren. Biogasverbranding kan 's nachts omgezet worden in elektrische energie. Daarmee kan gedeeltelijk de avondpiek onbalans opgevangen worden. Zie het document: *Gierkelders, Biogas, Stikstof en (slecht) beleid* op www.nienhuys.info 2de pagina.

Vanwege de complexe, langdurige en gedeeltelijk foutieve procedures en schaderapporten raakten heel veel woningeigenaren in een stresssituatie. Deze mondde uit in een politieke situatie waarbij de gaskraan van het Groningse gasveld helemaal dicht moest, waarbij het restant aan aardgas niet meer gewonnen mocht worden. Daaroverheen kwam een extra compensatieregeling voor de gedupeerde Groningers die met de resterende sloop en nieuwbouwregeling ongeveer 5.000 miljoen euro gaat kosten voor (seismisch onnodige) sloop en nieuwbouw.[197]

Uiteindelijk zijn de kosten voor de NAM en overheid en de gederfde inkomsten vanwege het niet volledig exploiteren van het gasveld een duurder resultaat dan wanneer men de gaswinning heel langzaam had laten verlopen. De NAM is een commerciële partij en probeerde met de schaderegeling onterechte claims te voorkomen, maar met de foute/gebrekkige procedures en de daaruit volgende arbitrage liepen de kosten sterk op. Men had de schadeprocedure en de vergoedingen voor de woningeigenaren anders kunnen aanpakken met uiteindelijk minder kosten.

Geconcludeerd kan worden dat de overheid onvoldoende inzicht had in de materie en uiteindelijk geconfronteerd werd met extra uitgaven om de bevolking te compenseren voor de geleden schade (financieel en psychologisch).

3.5. Samenvattende beschouwingen van hoofdstukken 2 en 3

Vanwege de veelheid van de observaties volgt hierna een samenvatting van de belangrijkste punten.

De NEN nam de hele hoge PGA-waarden (op basis van Mmax-berekeningen) op in het NPR-kaartje. Daarbij ging men voorbij aan de noodzaak om de bevingen beter te beperken, zodat de mogelijke aardbevingsschade nergens groter kon worden dan bijvoorbeeld de DS1-omschrijving. Dit kan bepaald worden door bestaande woningtypologieën [198] door te rekenen met een statische, of bijvoorbeeld de NLTHA-methode.[199]

Hieruit volgt dan een PGA-acc in overleg met de bevolking. Die PGA-acc moet dan de leidende informatie zijn voor de versterking en daarop aansluitend de beheersing van de gasexploitatie.

De letter nummering van de alinea's wordt doorgezet in de afsluiting van de volgende hoofdstukken.

A. Het (door de NAM of de KNMI) **niet** op een eenvoudige manier aan de bevolking of de media uitleggen wat het NPR-kaartje betekende (de onmogelijke beving die nooit gaat voorkomen) of wat het concept is van 'veiligheid' of 'risico', maar wél vasthouden aan theoretische maximale probabilistische grenswaarden van de bevingen en dat óók **niet** uitleggen, is een recept voor **publieke onrust en angst,** dat daarna niet meer weg te praten viel.

   De observatie die hierbij hoort is dat:

[197] Website https://www.nijbegun.nl/documenten/

[198] Arup had al in 2013 de 12 hoofdgroeperingen van woningtypologieën aangegeven. Zie Burgerboek. Het uitwerken van de versterkingsmethoden voor elke woningtypologie kwam pas sinds 2017-2018 op gang door het NCG die daarvoor opdracht gaf aan het TNO. Deze versterkingsmethoden werden gedeeld met aannemers, maar de woningeigenaren mochten daar geen kennis van nemen.

[199] De Non-Linear Time History Analysis (NLTHA) laat precies de schadeontwikkeling zien bij een gegeven PGA. Door deze stap-voor-stapanalyse te stoppen op het punt van een DS1-schadeniveau, heb je de PGA-acc waarde, op basis waarvan de gasproductie geregeld moet worden en de woningen al dan niet versterkt.

- Het KNMI, na het ontvangen van de rekenopdracht voor de Mmax, en na het uitrekenen, met hun uitgebreide kennis van internationale aardbevingen, had de NAM moeten informeren dat met meer bevingen tussen de sterkte van Mw 3,6 en een Mmax van Mw 6,5 heel veel meer schade en slachtoffers zou kunnen resulteren.
- Het SodM, EZ en de NAM hadden daarna een aardgasproductieschema moeten opstellen waarbij een reële Mmax, zonder verhogende factoren werd bepaald die slechts zou resulteren in een beperkte gebouwschade (Mmax onder de Mw 4).
- Ofschoon de productieverhoging in het seizoen 2012-2013 direct geen zware schade opleverde, had men kunnen publiceren dat de gasdruk al genivelleerd werd, waardoor de kans op grotere aardbevingen dan de Huizingebeving erg klein zou zijn.
- Acceptatie, uitvoering en publicatie van het toen al bekende *Traffic Light System* (TLS) model van J. Bommer (2006), had heel veel stress onder de bevolking kunnen wegnemen, zodat er minder angstgevoelens onder de bevolking gecreëerd zou worden over toekomstige zware aardbevingen.

In principe is er sprake van misleiding met de introductie van een Mmax 6,0 die nooit gaat voorkomen (zoals J. Bourne stelt, [eindnoot 1]). De eerder (voor 2010) berekende Mmax van 4.1 was al veel zwaarder dan wat de Groningse woningbouw kon hebben zonder instorten. Op basis van de verschillende Mmax berekeningen werd vervolgens de PGA-max berekend die nog meer misleidend waren omdat de verticale PGA werd vermenigvuldigd in laats van de horizontale die relevant is voor de bouw. Door deze extreem hoge waarden in het KNMI-kaartje voor de NPR te publiceren wordt de misleiding dubbel zo groot. Deze misleidende NPR PGA-waarden werden door bijna iedereen overgenomen en later zelfs gebruikt (en door de NCG verplicht) als rekenwaarden voor de bepaling van sloop en nieuwbouw.

B. Er werd een **verkeerde veiligheidsdefinitie** door de Commissie[xxxiii] Meijdam[200] voorgesteld om bij geïnduceerde aardbevingen of actieve schadeveroorzaking slechts een commercieel risico van 10^{-5} te accepteren in plaats van 10^{-6} die voor nationale infrastructuur geldt.[201]

De conclusie die hierbij hoort is dat de overheid geen inzicht had in de consequenties van de uitkomst van die Commissie Meijdam. Het aangegeven risico van de Commissie was ook misleidend, maar werd ook overgenomen door officiële instellingen.

C. De regeling voor aardbevingsschade van de NAM-CVW met A-, B-, en C-schades en het ‘eigen gebrek’-principe voorzag niet in een soepele financieringsregeling van het herstel of de versterking, noch in de financiering van de verduurzaming. Bij **elke euro** aan reparaties werd nog eens **drie euro** aan proceskosten gemaakt. Dat geld had goedkoper geïnvesteerd kunnen worden aan een echte ‘ruimhartige’ schaderegeling en financieringsregeling.[202]

---

[200] Eindadvies Handelingsperspectief voor Groningen. Adviescommissie ‘Omgaan met risico’s van geïnduceerde aardbevingen’ (Commissie-Meijdam). 14 december 2015.

[201] Er was wel een publiek belang bij de gaswinning, maar in Nederland met ongeveer 10.000.000 gebouwen stortte er in 10 jaar nooit een gebouw in door milieuomstandigheden waarbij dodelijke slachtoffers vielen. In dat opzicht zou het risico maximaal 10^{-8} doden per capita per jaar moeten zijn. De beslissing van de Commissie Meijdam was dus duidelijk commercieel gestuurd.

[202] Dit is een achteraf observatie. In 2013 probeerde de schadeafdeling van de NAM zo zorgvuldig mogelijk de analyse te maken tussen oude en nieuwe schade. Door gebrek aan seismische en bouwkundige kennis konden ze dat niet. Met spinnenwebben in de brede scheuren zou er geen sprake zijn van nieuwe schade. Dat concept strookte niet met de seismische werkelijkheid, want spinnenwebben zitten er al in een enkel seizoen, terwijl de bevingen en verzakkingen al 10 jaar aan de gang waren. Het daaropvolgende arbitrageproces was duur en tijdrovend.

Hoewel de ABC regeling in theorie juist was, werd deze fout uitgevoerd door afwijzing van funderingsonderzoek en funderingsschade en werd de regeling daarna (al in 2015) gelimiteerd door de interpretatie van de 'eigen gebrek' regeling en later verder gelimiteerd door andere regelingen.
Mijn redenering is dat er een groot lange-termijn bouwfonds opgezet had moeten worden met een lage of zero rentetarief voor verbeteringen die de bewoners aan hun gebouw wilden uitvoeren en die aantoonbaar niet onder seismisch versterken vielen.

D. De directie van de NAM bleef vasthouden aan de verklaring dat: "*Ook als je de gaskraan dicht zou draaien, blijven de aardbevingen komen"*.[203]
Dit was een **onduidelijk statement en misleiding**, met het onderliggende argument dat ze gewoon door konden gaan met de gaswinning, want het maakt toch niets uit. De uitspraak zegt niets over de sterkte van de bevingen (ze zouden namelijk zwakker worden) en ook niets over de afnemende frequentie (de grotere bevingen zouden veel minder vaak voorkomen), waardoor de bevingen uiteindelijk geen schade met instortingsrisico zullen veroorzaken.

De onderliggende implicatie (*we kunnen doorgaan*) heeft slechts een commercieel belang van winstbejag van een multinational. In de PECAG wordt aangehaald dat ook de nationale overheid van mening was dat het in het algemeen belang was van de Nederlandse bevolking en dat de gaskraan daarom niet dichtgedraaid kon worden. Dat bleek niet juist; die gaskraan kon wel degelijk dichtgedraaid worden en dan zou men wat minder exporteren.[204] De overheid liet zich sterk leiden door het nationale begrotingsbelang.

E. Het KNMI en de NAM stelden in 2015: *De Groningse bodem blijft nog wel 'twee, twintig*[205] *of tweehonderd jaar' onrustig* [xxxiv], dat **vervolgens breed in de media werd uitgemeten.**

Die opmerking was zowel angstaanjagend als dubieus en daarmee misleidend. Het is theoretisch/juridisch wel juist, maar suggereert net zoals onder punt D, dat er 20 tot 200 jaar dezelfde soort aardbevingen blijven komen. Die interpretatie (die de bevolking op basis van die uitspraak maakte) is onjuist. Dergelijke opmerkingen helpen niet om de gemoederen, angstgevoelens en stress bij de burgers over mogelijk zwaardere bevingen in Groningen te bedaren. Deze opmerking is evenmin gekwantificeerd zoals de voorgaande opmerking (punt D). Wat wordt bedoeld met 'onrustig'? Zijn dat kleine of grote aardbevingen, of iets wat je helemaal niet eens voelt? Twee jaar na de afsluiting van het gas (oktober 2023) zullen de bevingen volgens de huidige prognoses en KNMI-gegevens nauwelijks voelbaar zijn.

---

[203] Juridisch gesproken is dat wel waar, maar het is praktisch gesproken een gebrekkige voorlichting naar de bevolking en daarom laakbaar. Wanneer gesteld was dat als de gaskraan wordt dichtgedraaid en de druk in het gasveld wordt genivelleerd, dat de NAM de aardbevingen kan beheersen tot onder een acceptabel niveau (kleiner dan PGA 0,08g ??), dan was er een andere dynamiek ontstaan. De bevolking zou dan geëist hebben dat die maatregelen werden genomen, in plaats van dat deze een jaar later door de Minister werden opgelegd.

[204] Het bleek ook dat er jarenlang voor miljarden euro's heel goedkoop gas aan Italië werd verkocht, voor veel minder dan dat de Nederlandse burger ervoor betaalde. Sam Gerrits heeft in zijn boek gedocumenteerd dat dit in NAVO-verband zou zijn om Italië minder afhankelijk te laten zijn van Russisch gas. De Noorse overheid heeft met de ontwikkeling van het Noorse gasveld lering getrokken uit het slechte financiële en sociale management van Nederland en zelfs een expositie gemaakt over Nederland en hoe je het niet moet managen.

[205] Binnen een periode van 10 jaar zullen er na het stoppen van de productie geen trillingen meer voorkomen die door mensen gevoeld kunnen worden. Binnen 20 jaar zal de bodem bijna tot rust komen in de zin dat er geen trillingen meer voorkomen die enige nadelige invloed op de gebouwde omgeving zullen uitoefenen, maar natuurlijk wel door de geplaatste seismografen geregistreerd kunnen worden. Dit soort brede en niet-gekwantificeerde statements van de NAM en wetenschappers in de geologie veroorzaken alleen maar onrust.

De observatie naar aanleiding van de punten D en E is dat het belangrijk is dat genoemde uitspraken vermeden moeten worden wanneer ze voor meerdere interpretaties vatbaar zijn. Er moet duidelijk gecommuniceerd worden met gedetailleerde uitleg van de betekenis.

F. De media in Groningen kwamen op voor de belangen van de bevolking en hadden een inherente behoefte om de aandacht te trekken en veronderstelde misstanden te vergroten. De media gebruikten daarvoor sterk beeldmateriaal dat wel de beoogde aandacht trok, maar niet altijd de werkelijke situatie weergaf. Het beeldmateriaal is in sommige gevallen misleidend.

De observatie is dat men wel kon stellen dat mede dankzij de media een controlerende actie uit de SodM en politiek Den Haag is gekomen met het dichtdraaien van de gaskraan: een positief resultaat voor de vermindering van de aardbevingen.

G. Een kleine groep benadeelde personen die spreekt (zelf of namens andere ontevreden personen) focust er terecht op wat er níét gebeurt en krijgt de media-aandacht. De media waren kritisch, maar boden geen perspectief in de vorm van oplossingen. In de periode van 2014 kwamen ook Twitter, Facebook en Whatsapp opzetten, waardoor extra veel sterk-polariserende berichten het negatieve sentiment van de bevolking versterkten.

Mijn redenering is dat bij grote bedrijfswinsten de bevolking voldoende (ook financieel) moet participeren zodat ze niet ontevreden worden, waardoor er ook geen polarisatie ontstaat.

H. De NAM publiceerde op haar website www.nam.nl ‘feiten en cijfers’ met resultaten van wat er wél is gedaan en gebeurde. Dat drong dat niet door tot het publiek, omdat het vertrouwen in de NAM feitelijk niet hersteld kon worden. In het boek van Hans Vijlbrief *De Groningers hadden altijd gelijk*[xxxv] raakt hij een aantal kernpunten aan van wat er misging bij de nationale overheid.

De observatie bij de gebrekkige communicatie door de NAM is dat droge data of cijfers uit het verleden verduidelijkt moeten worden met de informatie over hun betekenis en wat die data voor de toekomst betekenen. De bevolking wil weten wat hun te wachten staat. Met hele hoge aardbevingsprognoses voor de toekomst zijn lichte aardbevingen uit het verleden weinig geruststellend.

I. Het Burgerboek *Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen*[206] tracht een eerste aanzet te geven voor completere kennis over het type lichte geïnduceerde aardbevingen van Groningen en het effect op de woningbouw, waarbij het verschil of overeenkomst met tektonische aardbevingen duidelijk uitgelegd wordt.

De belangrijke observatie is dat met de ervaring en kennis over de aardbevingen in Groningen er **betere rekenmethodes moeten komen voor geïnduceerde aardbevingen** en internationaal ook alleen nog de PGA-acc dient te worden berekend. Gebouwen moeten ruim bestand zijn tegen de PGA-acc met hooguit DS1-schade. Er moet voorkomen worden dat geïnduceerde aardbevingen boven de PGA-acc vastgestelde waarde uitkomen.

J. Voor het veranderen van complexe sociale en vastgelopen situaties bij de bevolking, is eerst een **nieuwe ronde nodig aan duidelijke informatie**. Die informatie moet van een onafhankelijke bron komen. De informatie moet redelijk goed te begrijpen zijn door de bevolking en haar vertegenwoordigers, maar ook door de media.

---

[206] Het hele Burgerboek en ook in 13 aparte hoofdstukken staat op website met URL https://www.nienhuys.info/Aardbevingen-in-Groningen/

De algemeen gedeelde observatie is dat sociale media zoals Facebook, Whatsapp, Instagram, Twitter of TikTok veelal geen bron van juiste informatie zijn. De reguliere media zouden de informatie op een meer evenwichtige wijze bekend kunnen of moeten maken, zodat de bevolking er de juiste kennis van neemt. Ook zouden de reguliere media niet alleen direct moeten weergeven (echoën) wat anderen zeggen, maar er de nodige correcties of onjuistheden bij aangeven (*fact checking*). In de onderhavige situatie was dat erg moeilijk. De lokale media hadden niet de capaciteit om diepgravend wetenschappelijk onderzoek te doen. Door de opstelling en handelwijze van de NAM werd er een stresssituatie gecreëerd, waar de media wel goed verslag van deden.



Een gestut huis met aardbevingsschade. FOTO: ANP

24-2-2025

Bijna 60 procent huizen bevingsgebied veilig

REMCO VAN VELUWEN

GRONINGEN Bijna 60 procent van de huizen in het aardbevingsgebied is veilig. Dat meldt de Nationaal Coördinator Groningen (NCG) in zijn jaarverslag over de versterkingsopgave.

Vorig jaar beoordeelde de NCG 5139 huizen. 889 woningen kregen een herbeoordeling en voor nog eens 92 woningen geldt dat ze opnieuw onder de loep worden genomen. Voor 4800 huizen stelde de NCG vast dat ze veilig zijn, omdat ze werden hersteld of nieuwgebouwd of omdat ze niet versterkt hoeven te worden.

Daarmee komt de teller op 16.596 veilige huizen in het bevingsgebied van de in totaal 27.713 adressen. In 2024 kwamen er 258 adressen bij in de versterkingsopgave. Voor nog eens 673 huizen moet nog worden bekeken of ze mogelijk ook versterkt moeten worden. De NCG heeft ingenieursbureaus daartoe de opdracht gegeven.

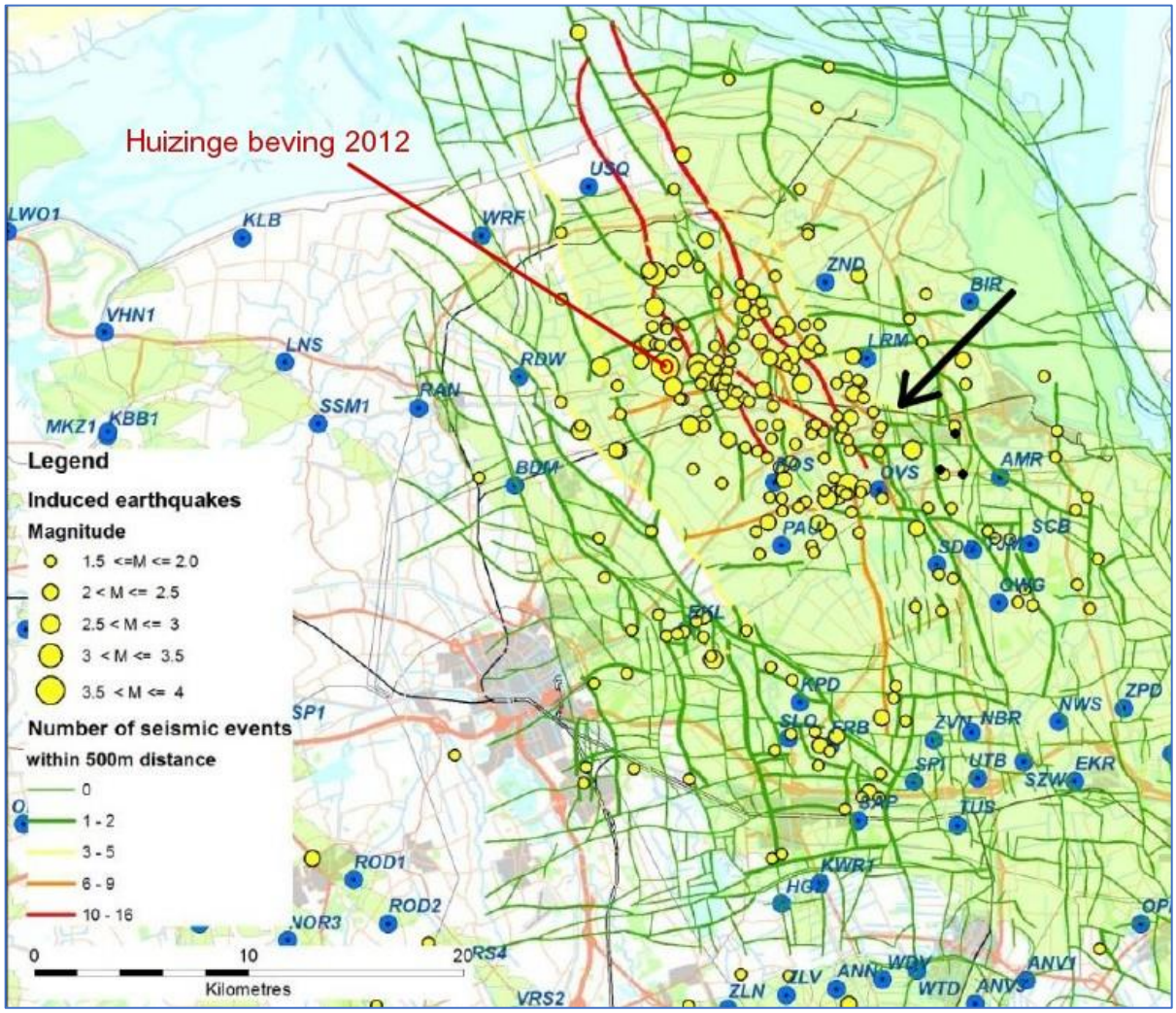
Bij ongeveer 300 van de nog te beoordelen adressen is het uitvoeren van beoordeling volgens de NCG 'lastig'. Het lukt de uitvoeringsorganisatie niet om contact te krijgen met de eigenaar, of de bewoner wil niet meewerken aan versterking of dit uitstellen. Bij een ander deel van de resterende adressen gaat het om uitzonderingsgevallen die maatwerk vragen.

Voor 3555 adressen bleek in 2024 uit de beoordeling dat ze voldoen aan de veiligheidsnorm en niet versterkt hoeven te worden. Dat is een stuk hoger dan de NCG had verwacht: de uitvoeringsinstantie rekende erop dat zo'n 1600 adressen 'op norm' zouden zijn in 2024.

Daar staat tegenover dat de NCG 1400 adressen wilde versterken in 2024, terwijl de teller stokte bij 1223 huizen. Dat kwam onder andere door onzekerheid over het combineren van de versterking met isolatiemaatregelen. De bouwwerkzaamheden moesten daarom worden uitgesteld.

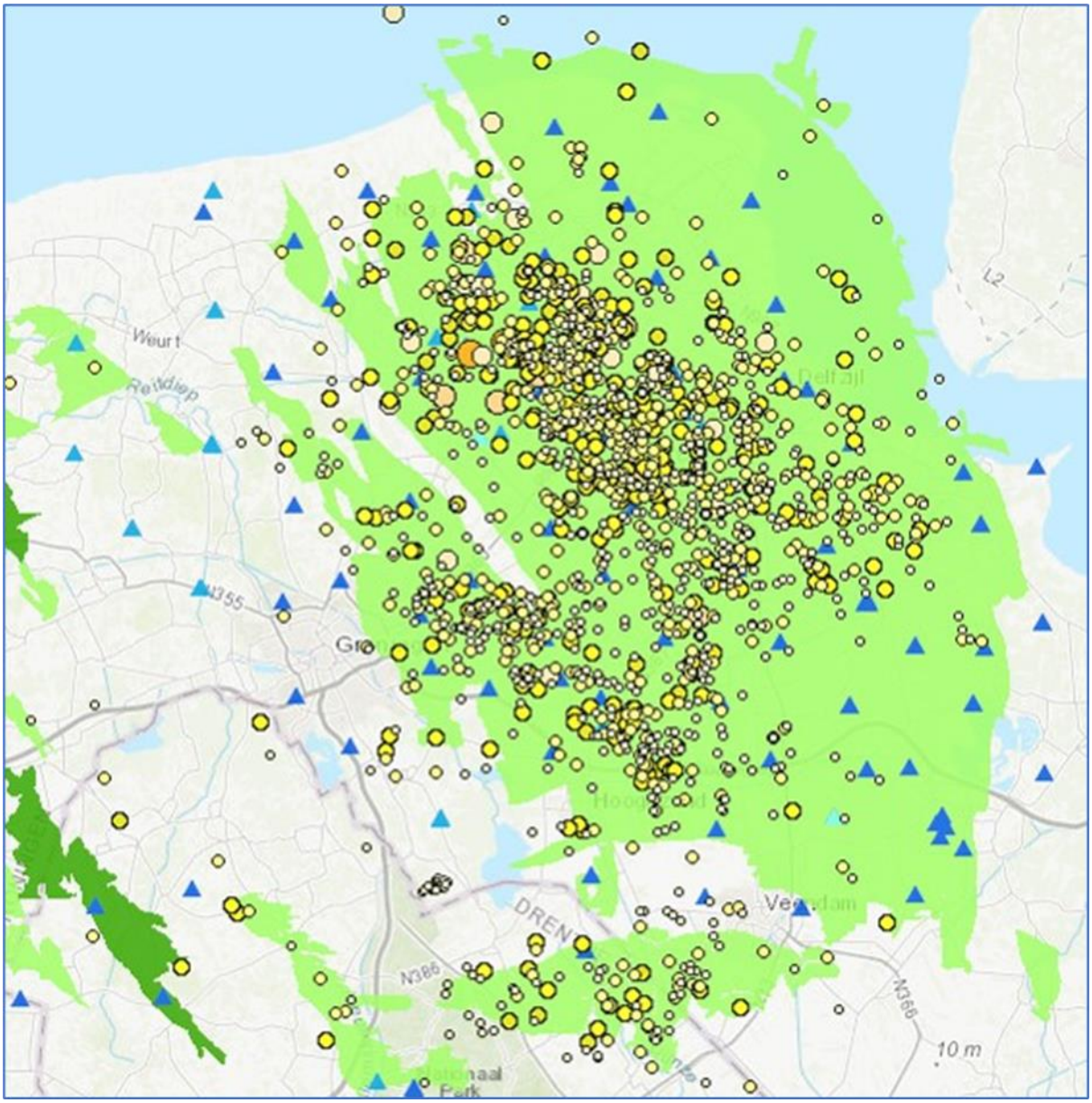
De NCG kwam de afgelopen tijd geregeld negatief in het nieuws kwam door fouten in versterkingsrapporten. Zo deden bewoners uit Ten Boer tegenover *DVHN* hun beklag over 'dunne flutrapportjes' waar bijna geen informatie in zou zijn en over fouten in hun rapporten. Journalistiek platform *Pointer* besteedde in een tv-uitzending aandacht aan die fouten, waardoor mogelijk sommige huizen onterecht veilig zijn verklaard. De NCG kondigde vanwege de tv-aflevering een onderzoek aan.

Figuur 39. Dagblad van het Noorden, 24 februari 2025.
Eind 2024 zijn er volgens dit bericht van de NCG nog 27.713 – 16.596 = 11.117 huizen die beoordeeld moeten worden op veiligheid. Die beoordeling geschiedt op basis van de NEN-webtool a_gS belasting. Die belasting is ruim 100% hoger dan de werkelijk optredende horizontale belasting. Seismisch gesproken zijn alle woningen veilig, maar dat is niet het type veiligheid waar de bewoner mee wil leven.



Figuur 40. Overzicht bevingen tot 2013, Bron NAM, Winningsplan 2013. Faults en bevingen.

De zwarte pijl is het zuidelijke einde van de dieperliggende breuklijnen (rood) in het Carboon.
De deskundigen stelden dat de trillingen van de lichte *drop-fault* compacties in het Rotliegend door het Zechstein naar beneden gereflecteerd konden worden waardoor er grotere verschuivingen (*slip-fault*) in die langere breuklijnen zouden kunnen ontstaan. De gebleken stabiliteit van het Groningse gasveld spreekt een dergelijke theorie tegen. De periodieke verlagingen van de eerder berekende PGA-waarden geven aan dat de deskundigen van dat idee zijn afgestapt en dat de zware bevingen (groter dan Mw 4,5) in de GMPE- en PSHA-berekeningen minder zwaar zijn meegeteld.



Figuur 41. Overzicht van aardbevingen tot 2022. Bron NAM.

De Huizingebeving is aangegeven in oranje. Vergelijk deze kaart met de vorige. De bevingen komen overal voor, niet alleen op of langs de breuklijnen, maar ook veel midden in de veldsegmenten tussen de breuklijnen. Dit is in afwijking van wat steeds door de diverse deskundigen beweerd werd, namelijk dat de compactie-schokken slechts voortkomen uit *slip-fault* of *drop-fault* bewegingen langs de breuklijnen.

****

Hoofdstuk 4. De bestaande kennis van seismisch resistent bouwen

In 2014 werd de Eurocode 8 vertaald in het Nederlands,[207] met de tijdrovende consultatie-rondes zoals gebruikelijk is voor het opstellen van een Nederlandse norm. Vervolgens werd die norm door de NAM en CVW tot de noodzakelijke rekentool verheven. De ingenieursbureaus die de versterkingen van de woningen of nieuwbouw moesten berekenen, moesten met die veel te hoge theoretische PGA-waarden gaan rekenen en (seismisch) versterken. Hoewel de NPR (evenals de Eurocode 8) een advies/richtlijn is, is het GEEN NORM, maar werd wel zo beschouwd en toegepast.

Zo begon de Hanze Hogeschool in 2014 met cursussen op basis van Eurocode 8 en daarna op basis van de NPR 9998:2015, waarbij studenten geleerd werd hoe gebouwen met horizontale PGA-belastingen uit te rekenen op basis van de (verkeerde en vergrootte verticale) PGA 0,42g. Elk volgend jaar met een iets lagere PGA. Ook door de NAM aangetrokken consultants maakten versterkings-adviezen op basis van die hoge PGA-waarden en internationaal werden deskundigen aangetrokken voor *base-isolation,* omdat dit met die hoge PGA-waarden de enige optie was om de bevingsschade aan zwakke gebouwen te voorkomen. [208] Verschillende adviesbureaus zoals Zonneveld [209] specialiseerden zich op *base-isolation.*

De Groninger Bodembeweging (GBB) had op 11 september 2015 een strafrechtelijk onderzoek tegen de NAM ingesteld over dit onderwerp, maar dat proces duurde jaren totdat eind 2022 het risico verminderd was. In Nederland heeft een mijnbouwbedrijf niet het recht om anderen schade te berokkenen. Of die schade vergoed wordt doet dan niet ter zake. [210]

Met de steeds verder toenemende golven van schademeldingen sinds 2012, in 2014 en in 2015, en toenemend achterstallig werk in de uitvoering van de herstelwerkzaamheden, werd er NAM-personeel aangesteld dat uit de olieactiviteiten in Irak was vrijgekomen. Zonder enige bouwkundige of seismische kennis van zaken kregen die het voor het zeggen bij het schadedossier. De onderliggende strategie die bleek uit de actie van de schade-inspecteurs en de vele rapporten was kennelijk: zo weinig mogelijk funderingsschade onderzoeken of erkennen.[211] Dit veranderde niet met het oprichten van het commerciële CVW met Arcadis als hoofdaandeelhouder. Arcadis was een van de grote consultants van de NAM en volgde het NAM-beleid.

---

[207] Overigens een totaal overbodige aangelegenheid want de 2004 Eurocode 8 was duidelijk en alle ingenieurs die daarmee moesten rekenen kenden voldoende Engels om dat zonder vertaling te doen. Voor de lage woningbouw en lage civiele bouw in de provincie zijn de eenvoudige statische rekenmethoden in de Eurocode 8 adequaat om de nodige sterkteberekeningen te maken. Het enige wat sinds de Huizingebeving in de Eurocode 8 niet meer actueel was, was het landelijke bijlagekaartje met de geschatte bevingsversnelling (de PGA). Echter, de Minister van Economische Zaken (EZ) werd wijsgemaakt dat de Eurocode 8 niet deugde en vertaald moest worden in het Nederlands. Een dergelijke opdracht was een welkome financiering voor het NEN en de tientallen ingenieurs die daar werk aan hadden en de daaropvolgende consultatierondes te begeleiden.

Echt nodig waren er maar twee dingen. Ten eerste een korte en vereenvoudigde versie van de Eurocode 8, alleen voor retrofitting van de in baksteen gemetselde laagbouw (dat retrofitting onderdeel zat er niet eens in), en ten tweede een reëel of geactualiseerd PGA-kaartje. Het door de KNMI aangeleverde kaartje met de veel te zware PGA werd door de NEN gebruikt in de NPR, waardoor het de basis werd voor de berekeningen.

[208] Op basis van die hoge PGA werd de methodiek van *base-isolation* in het Burgerboek gedetailleerd uitgelegd en oplossingen aangedragen voor een eenvoudig in Nederland te produceren systeem voor baksteenbouw.

[209] Zie : https://www.zonneveld.com/nl/projecten/Appartementencomplex-Oosterhamrikkade-5-9-

[210] Dat proces leverde tussentijds veel informatie op, maar het duurde jaren totdat eind 2022 het berekende risico minder werd. Ref: https://groninger-bodem-beweging.nl/wp-content/uploads/2018/07/GBB-Nieuwsbrief-27-oktober-2015.pdf

[211] Eigen observatie gedurende 2015. De honderden schaderapporten van woningen gaven nergens aan dat onderzoek was gedaan naar de funderingen, terwijl dat relevant is bij aardbevingsschade, vooral het effect in de gevels.

4.1. Gebrek aan kennis van typologieën in combinatie met aardbevingen

De invoering van de NPR met te hoge PGA-waarden had grote gevolgen voor de gebouw-beoordelingen. Per gebouwtypologie (Arup-tabel in het Burgerboek Hoofdstuk 1, Begrippenlijst, Gebouwvorm en Typologieën) zijn er ook aanzienlijke verschillen in het schadepatroon van elk gebouwtype. Per tijdsperiode sinds 1900 is er een gebouwtype vastgesteld (eerst door Plecht-Vos en daarna door Arup 2013)[xxxvi] , één voor elke 20-jaar periode.[212] Dat kon, omdat er om te beginnen met de woningwet van 1901 ongeveer elke twintig jaar een andere bouwverordening kwam. In Nederland werd de goedkope woningbouw geconstrueerd op basis van minimale eisen voor de sterkte van de constructie. De windbelasting was de zwaarste externe belastingfactor.

Elke verbetering in de bouwwetgeving hield een versterking van de constructie in en daardoor tegelijkertijd (vaak toevallig) minder gevoeligheid voor aardbevingen. Een uitzondering zijn de doorzonwoningen met hun grote ramen in de gevels en zware betonnen etagevloeren die niet aan de muren zijn verankerd (stapelbouw) en met hun 'zachte (glazen) etage' zonder dwarsmuren een groot risico vormen bij aardbevingen die een grote horizontale uitslag hebben.



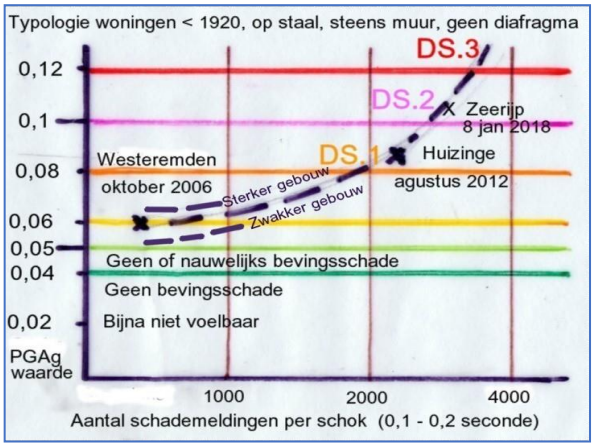
Figuren 42. Oudere woningen van vóór 1920.
Links: Een testwoning met een dak dat doorloopt voorbij de zoldervloer, waardoor er geen vloerdiafragma gemaakt kan worden. Een diafragma is een sterke horizontale verbinding van alle bouwdelen die de vloer aan de muren verbindt en daardoor seismische sterkte aan het gebouw geeft. Rechts: Oud kopgebouw van een boerderij met topzware schoortenen, slappe kapconstructie, zwakke muren met leem-kalk metselwerk en hoge ramen. Vanwege de hoge versterkingskosten werd dit gebouw opgekocht door de NAM. (E.f.)

Veel woningen in de provincie vallen onder de pre-1900 categorie met steensmuren, zonder verbindende rondgaande lateiconstructie, zonder verbindend etage-vloerdiafragma, en met hoge raamopeningen met smalle penanten (gemetselde dragende kolommen) tussen de raamopeningen.

Op basis van de schademeldingen van elk woningtype en elke beving kan een grafiek gemaakt worden die de toename van het aantal schademeldingen in relatie tot de PGA weergeeft. Hieronder zijn drie aardbevingen met hun aantal schademeldingen weergegeven, waarvan de meeste lichte schade hebben (DS1), maar ook een aantal zwaardere schade (DS2). De kromme lijn geeft de mate van schade aan bij de pre-1920 bebouwing. Dat is een groot gedeelte van alle woningen.

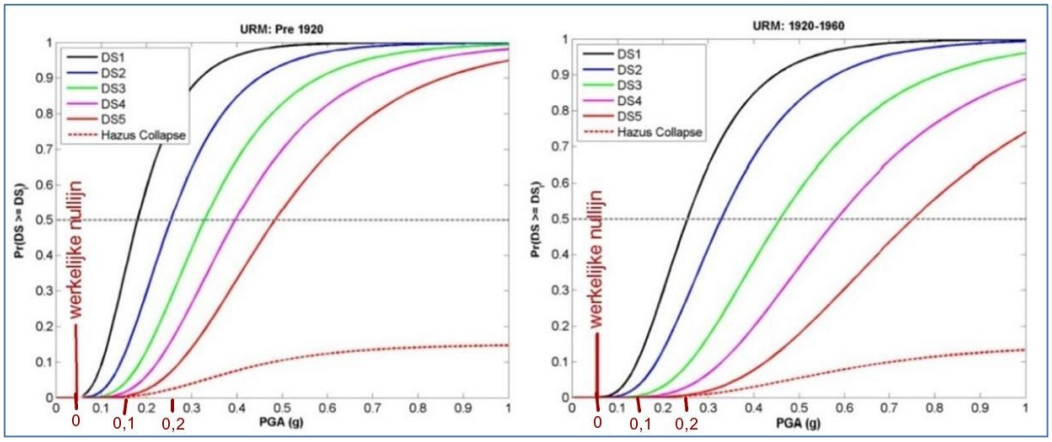
[212] In de bouwwereld is dit een bekend fenomeen, maar werd door de schadegevallen in de provincie Groningen wel erg duidelijk. De verschillende typologieën die door Arup werden beschreven zijn later door verschillende partijen en de NCG overgenomen nadat deze publicaties na 2016 publieke informatie werden.

Voor Damage States, DS1, DS2 en DS3 zie figuren 18 en 19 op pagina's 61 en 62



Figuur 43. Schademeldingen van drie schokken en schademeldingen.
Door slechts een paar aardbevingen in een grafiek te verbinden met een exponentiële lijn,[213] kan ingeschat worden dat bij een PGA 0,11g ongeveer 3.000 woningen schade zullen vertonen, waarvan er een aantal het ergere DS2-schadeniveau kunnen hebben. De inschatting is hier dat bij een PGA groter dan 0,12g of bij meerdere schokken van dezelfde categorie, de schade proportioneel zal toenemen naar DS3.

De bovenstaande grafiek is gebaseerd op slechts drie korte bevingen, Westeremden, Huizinge en Zeerijp. Voor elk type woning zal dat een andere grafiek zijn. Het volgende voorbeeld is van twee verschillende woningtypen en daarbij worden de verschillende schadeniveaus geschat. De eerste *Seismic Risc Study* die door Arup werd geproduceerd (november 2013 [xxxvii]) vergelijkt de schade van de tektonische aardbeving in 1992 in Roermond met een deel van de schades van de geïnduceerde beving te Huizinge in 2012, waardoor een incompleet beeld ontstaat; dit is aangegeven in hun rapport. Pas in 2018 wordt de gereviseerde versie 7 beschikbaar gesteld aan de Tweede Kamer.[iii]



Figuur 44. Grafieken uit de eerste Seismic Risk Study van Arup 2013.
Schades per woningtypologie (pre-1920 en 1920-1960) met veel te optimistische kwetsbaarheidskrommen. De verticale nullijn (rood) van de PGA begint feitelijk bij het begin van de zwarte gebogen lijn. De PGA-waarden moeten dus ongeveer 0,05g opschuiven om de werkelijkheid in Groningen aan te geven. De horizontale PGA van de Huizingebeving was niet 0,085g maar 0,05g.

Deze Arup-grafieken zijn gebaseerd op het Amerikaanse HAZUS-programma van de FEMA. Ongewapende bakstenen woningen in die Californische regio's zijn ook pre-1920 gebouwd om lichte aardbevingen te weerstaan, en zullen bij zwaardere bevingen wel schade oplopen.

[213] Het is mogelijk een exponentiële lijn omdat bij zwaardere aardbevingen en bij dezelfde dichtheid van de bebouwing het aantal schades exponentieel toeneemt. Echter, in de Groningse situatie is dat niet het geval omdat het vaak om kleine dorpen tussen de weilanden gaat. Bij een grotere afstand dan 5 km daalt de PGA al aanzienlijk, waardoor de schade minder wordt.

Op basis van statistische gegevens kunnen de bovenstaande grafieken gemaakt worden, maar deze kloppen niet in de situatie van Groningen. Daarom is in de basis van de grafieken een extra verticale (rode) lijn is toegevoegd voor de situatie in Groningen. Hoe die kromme lijnen in Groningen in de werkelijkheid verder zullen verlopen is **puur giswerk** omdat er zich hier nog geen middelmatige of grote aardbevingen hebben voorgedaan. De grafiek geeft het principe weer, niet de realiteit.

4.2. Beschouwingen en Conclusies hoofdstuk 4

De hoofdletternummering zet die van paragraaf 3.5. door.

K. Er was anno 2012 weinig seismische kennis aanwezig in de Nederlandse bouwwereld. De aanwezige kennis was is Engelstalig, hoofdzakelijk van de FEMA en NEHRP. De documenten uit 2013 van Arup waren ook in het Engels gesteld, confidentieel en voor de gemiddelde aannemer niet toegankelijk en als ze dat waren moeilijk te begrijpen.

   Observatie: het overnemen van grafieken uit tektonische aardbevingsgebieden kan slechts met zorg gebeuren waarbij ze moeten worden aangepast op de situatie van korte geïnduceerde bevingen. Bovendien moeten die zodanig worden vereenvoudigd dat ze voor de pers en de burgers ook begrijpelijk zijn.

L. Het aanleren en kennen van ontwerpregels voor gebouwen die noodzakelijkzijn in seismische gebieden, is geen onderdeel van de basiskennis voor aannemers of bouwvakkers in Nederland, omdat men er hier van uitgaat dat er zich geen noemenswaardige aardbevingen met een PGA groter dan 0,2g kunnen voordoen.[214] De zwaarte van de Roermond-aardbeving was van magnitude 5,8 met 200 naschokken van magnitude tot 3,8 en kwam voort uit de Peelbreuk op een diepte van ongeveer 10 km.[215] Er wordt geen PGA vermeld, maar die zal omstreeks de 0,1g gelegen hebben.[216]

   Observatie: Ofschoon het niet noodzakelijk tot het standaard lespakket hoeft te behoren, is het - gezien de ontstane situatie- in Groningen wel wenselijk dat er een integraal informatiepakket in eenvoudige Nederlandse taal beschikbaar is zodat de bouwwereld daarvan kennis kan nemen. Dat is inclusief een verkorte NPR die slechts gericht is op de Nederlandse bakstenen woningbouw en retrofitting, waarbij de eenvoudige berekeningen op MBO-niveau uitgevoerd kunnen worden.

M. In het zuiden van Nederland doen zich sporadisch lichte tektonische bevingen voor, maar die bevingen liggen nog ruim onder de PGA 0,2g. In het mijngebied van Limburg[xxxviii] vonden er in 2001 en 2018 en op 8 april 2021 een aantal kleine bevingen plaats die waarschijnlijk wel geïnduceerd waren vanwege de vroegere steenkoolwinning.

   Observatie: dezelfde als bij het vorige punt L

---

[214] Zie YouTube-Journaal 13 april 1992. https://youtu.be/3wnYzuWmFWk Kracht 5,5 Richter. Diepte 25 km. Zakking van 10 cm in de Peelrandbreuk (slenk) wat normaal slechts 1-2 mm/jaar is, eens in de 250 jaar. Bij een dergelijke lage frequentie van aardbevingen wordt een aparte opleiding in Nederland niet relevant geacht.

[215] Zie: https://nl.wikipedia.org/wiki/Aardbeving_Roermond_1992

[216] Het PGA-kaartje van de eurocode 8 geeft slechts zone C aan met PGA kleiner dan 0,05g.



Figuren 45. De aardbeving in Roermond 13-04-1992. Afbeeldingen NOS-journaal van 1992.
Bij bakstenen woningen zijn het vooral de schoorstenen en topgevels aan flexibele houten kapconstructies die het als eerste begeven. Deze hoogrisico-elementen moeten als eerste aangepakt (versterkt of vervangen) worden. Dat gebeurde ook in Groningen, maar dat werd niet als versterking erkend, vanwege het onbegrip van wat seismische versterking betekent.

N. De woningeigenaren stelden zich op het standpunt dat de NAM de problemen ook moest oplossen. Dat resulteerde in weinig belangstelling voor bouwkundige informatie door de bevolking. De NAM wilde geen bouwkundige informatie op hun website posten. Dat was niet hun expertise. De inspectiemethode die de schade-inspecteurs toepasten klopte niet met de seismische realiteit dat de schade bij de fundering begint.

   Opmerking: De optie voor de woningeigenaar om zelf een versterkings- en verbeteringsplan te maken bestond niet. Een dergelijke optie zou voor sommige mensen die wel tijd hadden maar geen fondsen een interessant model zijn geweest. Het laten uitvoeren door aannemers is meestal duurder dan de doe-het-zelfoptie. Voor de DHZ-optie is dan wel goede bouwkundige kennis en begeleiding nodig. Kennis noch begeleiding waren aanwezig dus DHZ was geen optie.

O. Een hersteloperatie opzetten zonder duidelijke en acceptabele financiële oplossingen voor randgevallen of situaties waar de veroorzaker van de schade geen schuld aan zou hebben, zullen de woningeigenaren, die de additionele herstelkosten niet kunnen financieren, in de kou laten staan. De beschadigde woningen kunnen zonder tussentijds herstel wel progressieve bevingsschade oplopen bij meer bevingen.

   Observatie: Het gebrek aan een langetermijnfonds ter herstel van ‘eigen gebrek’ situaties samen met de herkeuringen en discussies (twisten, arbitrage), resulteerde in veel extra kosten voor de NAM. Het leidde niet tot gebouwherstel van dat al dan niet vermeende ‘eigen gebrek’. Door niet binnen een paar jaar de herstelmaatregelen te treffen kunnen zich zelfs instortingen voordoen, waardoor de herstelkosten alleen maar verder zullen oplopen. Het is dan in het belang van de NAM om zo vroeg mogelijk een goede regeling te treffen.

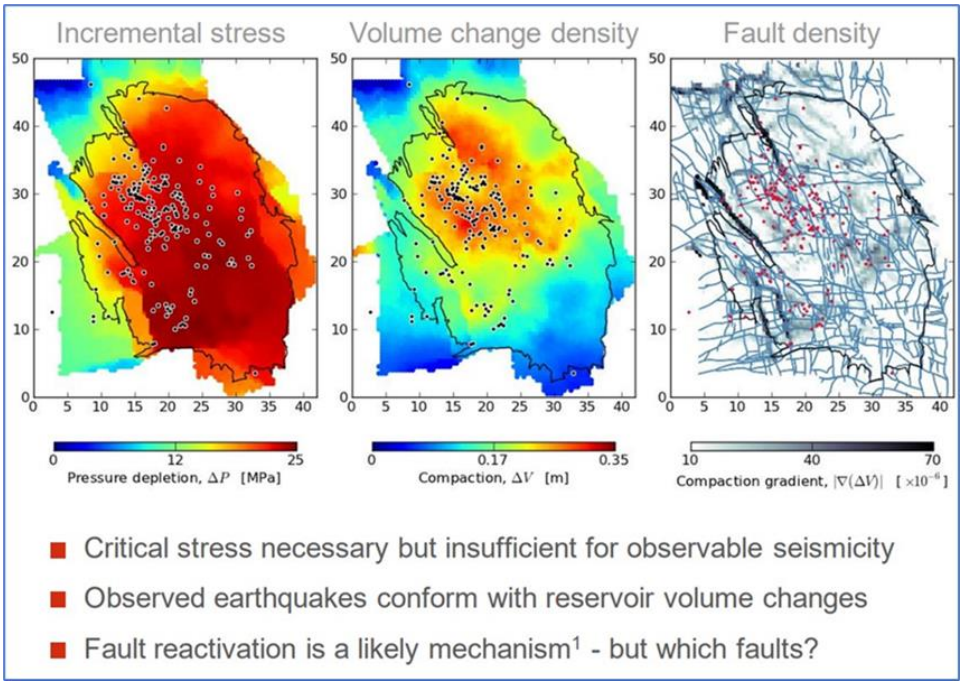
P. In een urgente situatie, waarbij vakmensen dringend nodig zijn, is een formele of meerjarige (LTO en MBO) scholing minder flexibel dan korte cursussen (bedrijfsopleidingen). Voor zowel formeel als informeel onderwijs is aangepast informatiemateriaal noodzakelijk dat voor beide dezelfde inhoud moet hebben. De Eurocode 8 kan hiervoor als basis dienen, maar voor baksteen laagbouw is er een vereenvoudigde versie van deze code nodig met berekeningen die slechts uitgaan van een horizontale statische belasting die overeenkomt met de PGA-acc of de a_gS die in de NEN-webtool wordt aangegeven (https://seismischekrachten.nen.nl/map.php). Bij slappe grond zoals veen of natte klei is dit extra relevant.

Observatie: het ontwikkelen van Nederlandstalig informatiemateriaal voor de seismische versterking (retrofitting) van bakstenen laagbouw is noodzakelijk. Dit moet beschikbaar voor aannemers, maar ook voor zelfbouwers en BoWoTo (Bouw en Woning Toezicht).

Q. Formele onderwijsinstituten kunnen in de ontwikkeling van informatiemateriaal een grote rol spelen en een niet-commercieel gebonden pakket samenstellen. Bedrijven daarentegen zullen in eerste instantie trainen op de producten die dat bedrijf zelf levert. Een voorbeeld is de leverancier van spiraalwapening (Helifix) die in Nederland gebruikt wordt om zettingsscheuren te stoppen. Echter, de door deze bedrijven (aan de kleine aannemers) aangeleverde versterkingstechniek kwam niet altijd overeen met het noodzakelijk seismisch versterken van zwakke gebouwen. De bedrijven hebben wel geïllustreerde handleidingen en tekeningen, maar die gaan niet in op de aardbevingsproblematiek. Ook hebben ze vaak geen bedrijfstrainingen.

Opmerking: Het resultaat van het voorgaande is dat heel veel van de toepassingen in de beschadigde gebouwen seismisch gesproken onjuist waren wanneer ze beoordeeld zouden worden op de toen geldende NPR-PGA kaart. Dit werd al in 2014 gesignaleerd, maar daar werd niets mee gedaan. Ook de vorige conclusie dat er geen goede Nederlandstalige informatie beschikbaar was geldt hier.

Einde deel 1.



Figuur 46. Relatie tussen kritische stress, aardbevingen en het breukennetwerk.
Bron: NAM, Technical addendum to the Winningsplan 2013, Confidential.

In 2013 was de relatie tussen de drukvermindering in het gasveld (waardoor snelle compactie zou ontstaan) de optredende aardbevingen en de locatie van de breuklijnen nog niet helemaal duidelijk. De veronderstelling was dat schokken van de instortingen (snelle niet-elastische) compactie konden leiden tot het loskomen van spanningen tussen de velden langs de breuklijnen. Ook was de veronderstelling dat die extra schokken ook een paar diepere breuklijnen die naar beneden in het Carboon doorliepen zouden kunnen activeren, waardoor er veel grotere tektonische aardbevingen zouden kunnen optreden.

Deel 2

Hoofdstukken 5 tot en met 9

Hoofdstuk 5. Informatievoorziening van de NAM over de Groningse aardbevingen

Hoofdstuk 6. Vragen en antwoorden

Hoofdstuk 7. De PGA-acceptabel bepalen

Hoofdstuk 8. De voorgestelde vernieuwende elementen in deze dissertatie

Hoofdstuk 9. Eindconclusies



Figuur 47. Historische boerderij Garrelsweer werd op base-isolation *gezet (E.f)*

De besluitvorming om deze monumentale boerderij op (dure) base-isolation te zetten was complex en daardoor ook langdurig. Er waren vele lichte beschadigingen in het gebouw, maar vanwege de monumentale status konden er geen grote constructieve ingrepen gedaan worden, zoals het versterken en verbinden van de vloerdiafragma's of de inwendige versterking van de muurpenanten. Nadat het gevaar van gelijksoortige aardbevingen van de sterkte van Huizinge (PGA horizontaal 0,05g) was geweken, werd uiteindelijk besloten het hele kopgebouw met de kleine verbreding erachter (zonder de grote schuur) op *base-isolation* te zetten. Het hoofdgebouw werd ontkoppeld van de grote schuur erachter. De beoordeling werd gedaan op basis van de al achterhaalde NPR 9998:2017 met PGA 0,24g. Daarmee werd meteen de hele fundering ingrijpend versterkt. Met de uitvoering werd pas begonnen in 2020, acht jaar na de beving.

Hoofdstuk 5 Informatievoorziening van de NAM over de Groningse aardbevingen

Hoeveel wist de NAM over het steeds sterker worden van de aardbevingen?

Informatie naar de bevolking (MBO, aannemers, woningeigenaren, schade-inspecteurs, ambtenaren en de media) komt uit verschillende bronnen, waarbij sinds het jaar 2000 het internet en sinds 2010 de sociale media een steeds belangrijker rol gaan spelen in de informatievoorziening. Bovendien wordt informatie via beelddragers zoals video (YouTube) steeds belangrijker. De pers (krant[217] en nationale nieuwsbladen) nam regelmatig artikelen over van actiegroepen zoals de GBB.

Een gedeelte van de informatie kwam sinds 2013 van de websites van de NAM (boringen, gaswinning www.NAMplatform.nl) en van de KNMI (bevingen www.KNMI.nl). Deze informatie was in grote lijnen juist, maar wel selectief, omdat alleen verteld werd wat men kwijt wilde. Het KNMI gaf hoofdzakelijk data weer, of basale uitleg, maar geen politieke opinies. De lezer moest dan zelf conclusies trekken uit die informatie, wat voor die lezer nauwelijks mogelijk was.

Een belangrijk doel van het Burgerboek was om deze nogal ondoorzichtige informatie op een redelijk eenvoudige en begrijpelijke manier en in het Nederlands voor de burgers te vertolken.[218] De informatie van het Burgerboek is gebaseerd op de bestudering van de geleden gebouwschade in de provincie Groningen en het bestuderen van honderden schadedossiers, die veel gelijksoortige schadepatronen vertoonden.[219]

De KNMI-grafieken geven hoofdzakelijk slechts de voor mensen voelbare schokken aan, terwijl er een tienvoudig aantal lichtere trillingen zijn geweest die in veel situaties wel een effect kunnen hebben op zwakke gemetselde funderingen met een smalle aanleg die daardoor kunnen verzakken. Vooral gebouwen met gedeeltelijke onderkeldering kunnen naast die kelder grotere zettings-verschillen ondergaan dan onder de kelder, waardoor het gebouw scheurt. Door verandering van de grondwaterstand (door compactie) kunnen weer andere funderingsschaden ontstaan.

Doordat de beving van 16 augustus 2012 te Huizinge (Mw 3,6) groter was dan die van 8 augustus 2006 te Westeremden (Mw 3,5), ontstond er sterke en wijdverbreide onrust. De NAM was enerzijds geschrokken van het aantal schademeldingen (direct 2.200) en vooral van de reacties uit de bevolking. Er moest iets gedaan worden om de aankomende problemen het hoofd te bieden, zoals het versterken van de woningen en het wegnemen van acute risico's; haar imago stond op het spel. Na de bevingen in Hoeksmeer in 2003, Westeremden/Middelstum in 2006 en Zeerijp in 2009 werd de gasproductie verminderd, en meteen waren er het volgend jaar veel minder bevingen.

---

[217] Het *Dagblad van het Noorden* is in Groningen een wijdverspreid nieuwsblad dat uitvoerig rapporteerde over de ontwikkelingen rond de aardbevingsschade. Het beeldmateriaal dat hierin gepresenteerd werd, inclusief de cartoons, hebben waarschijnlijk veel impact gehad in de bewustwording van de Groningse bevolking.

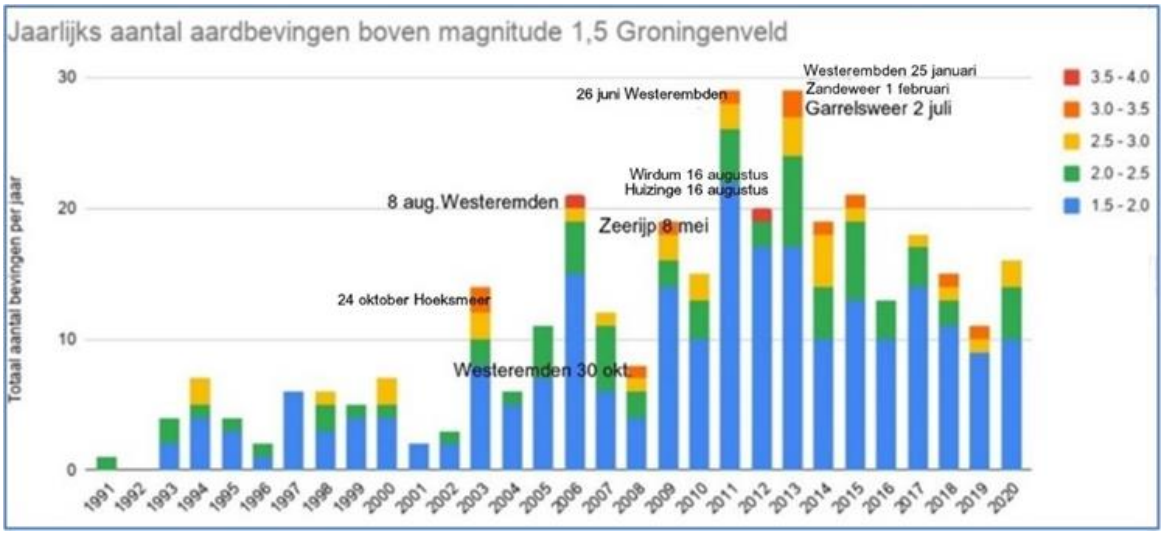
[218] Het Burgerboek en de 13 hoofdstukken staan op website https://www.nienhuys.info/Aardbevingen-in-Groningen/

Een van de personen die wel inzicht had in alle cijfers was Albert Heidema van 'Ons Laand, ons Lu', www.onslaandonslu.nl die ook verschillende acties ondernam tegen de NAM en het CVW. Deze informatie ging echter niet over het bouwkundig of seismisch versterken, maar meer over de waarde van de NAM-informatie en de interpretatie.

[219] Deze schadedossiers zijn allen gebouwgebonden en vertrouwelijk, onder andere omdat hier veel detailfoto's in staan, ook van de interieurs van de woningen. In de verwerking van die informatie voor het Burgerboek zijn deze foto's gekropt en abstract gemaakt om het principe aan te geven, waardoor ze gegeneraliseerd zijn en alleen (misschien) herkenbaar voor de woningeigenaar.

Na de bevingen van Westeremden in 2006 en 2011 werd de productie eerst verminderd, maar gedurende de periode van de 2012 Huizingebeving werd de toenmalige hoge gasproductie zonder vermindering voortgezet, met als gevolg veel meer bevingen. Dit is te constateren door bevingen en gasproductie te vergelijken. De boven elkaar gezette grafieken geven aan dat met minder gasproductie er ook het jaar daarna er minder (en minder grote) bevingen zijn.

Figuur 48. Aantal en sterkte in magnitude van de schokken per jaar.
De namen van de grootste bevingen[220] staan niet in de originele grafiek. [xxxix] *De tijdsperioden tussen de grotere schokken is tot 2012 twee tot drie jaar en wordt steeds korter. Bron KNMI, Aardbevingen door gaswinning, (2020). https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/aardbevingen-door-gaswinning.*





Figuur 49. Productie uit het Groningen gasveld daalt na elke grote aardbeving.
Tijdschalen zijn boven elkaar gezet. Na de Huizingebeving wordt de productie verhoogd, omdat de NAM hun periode-quotum nog niet had bereikt. Bron NAM met toegevoegde tekst met de beving data. De tekst van de aardbevingen staat niet in de originele grafiek. De Middelstum is ook de Westeremden (is buurtschap) locatie.

[220] De eerste grotere aardschok was op 8 augustus 2006 te Westeremden/Middelstum (Mw 3,5) had werd gevolgd door 414 schademeldingen. Omdat dit een enkele schok was, was de schade minder dan bij de dubbele Huizingebeving (2012). Omdat er vervolgens tot 2008 een vermindering van trillingen plaats vond, waren de gemoederen wat bedaard. Dit veranderde echter in 2009 toen het aantal bevingen weer snel toenam in aantal en sterkte. Daarna werden er actiegroepen opgericht zoals de Groninger Bodem Beweging (GBB).

Dat impliceert dat deze bevingen helemaal niet volgens een Poisson-proces of Gutenberg-Richter constante verlopen. Na de eerste rapporten van de internationale consultant Arup[xl] kwamen er berekeningen naar voren dat wellicht een derde van 250.000 woongebouwen in de provincie seismische versterking (tegen net-niet-instorten) nodig hadden volgens de 2014 prognose PGA 0,42g. Dit hield een logistiek complexe en massale operatie in, waarvoor geen personeel aanwezig was.[221]

De informatie over de betekenis van (of de kans op) die maximale toekomstige beving, Mmax, of hoe dat getal werd uitgerekend werd niet uitgelegd, maar wel door de media als een vaststaand gegeven aangenomen. Door de gedecideerdheid van de beweringen van de NAM en het KNMI en de complexiteit van de informatie kon die media ook niet anders.

Het kernprobleem was niet het principe van de schadevergoeding, want daar onttrok de NAM zich in theorie niet aan; het was de uitvoering. Die projecties, die met PGA 0,42g vijfmaal sterker waren dan de feitelijk opgetreden verticale PGA 0,085g bij Huizinge, vormden een groot probleem. Die beloofden een letterlijk grote puinhoop. Daarnaast klopten de criteria van de schadebeoordeling niet. De schade-inspecteurs negeerden (onder druk van de NAM en het CVW) onderzoek naar de funderingen, waardoor er veel arbitrage ontstond, het herstelproces vertraagde en de kosten opliepen.

5.1. Onjuiste/incomplete informatie over toekomstige aardbevingen

1. **Geen evenwichtige informatie**. In Groningen/Nederland was men niet of nauwelijks bekend met aardbevingen. Door gebrek aan uitleg, de onbekendheid en de geleden schade, ontstaat er een spookbeeld over **zware toekomstige aardbevingen** en een situatie die bij de bevolking hoofdzakelijk **angst creëert.**
2. **Ontkenning**. Eerst de jarenlange publieke ontkenning door de NAM van de relatie tussen aardgaswinning en de aardschokken, terwijl die relatie al **sinds 1990 bij de NAM goed bekend** was en ze ook al sinds 2003 schadevergoedingen uitkeerde.
3. **Verminderen van de productie** na de eerste grotere schokken in 2000, 2003, 2006, 2009 en 2011, maar níét na de grootse beving in Huizinge in 2012. Deze eerdere verlagingen van de productie na de grotere bevingen (groter dan Mw 3,0) werden vooral gerealiseerd om de productie-relatie met deze grotere bevingen te analyseren (niet vanwege de schade).
4. **Verhogen van de productie.** Ná de beving van 16 augustus 2012 te Huizinge werd de gasproductie opgevoerd naar 54 miljard m^3 in 2012/2013.[222] Dit werd gerealiseerd omdat de NAM haar afgesproken vijfjarige **productiequotum nog niet had gehaald.**
5. **Volledige uitputting.** De opdracht van de NAM aan het KNMI was om een Mmax uit te rekenen en op die basis een contourenkaartje te maken. De verschillende scenario's werden aangeleverd, maar het extreme kaartje werd gemaakt op basis van een continue hoge aardgasonttrekking (40 miljard m^3/jaar) **tot de snelle uitputting van het gasveld**.
6. **Zware aardbevingsprojectie van het KNMI**. Met de toen bestaande onzekerheden en zonder vermindering van de gasproductie kwam het KNMI met een prognose van een magnitude van meer dan 5,6 uit. Bij die voorspelde aardbeving zou 1000 maal zo veel energie vrijkomen als bij de Huizingebeving 2012 die een Mw 3,6 had. Dat vertelde de KNMI er niet bij.

---

[221] Deze conceptrapporten van Arup waren allemaal in het Engels gesteld, grotendeels gebaseerd op de NEHRP-methodologie, en waren vanwege hun DRAFT-status niet toegankelijk voor de bevolking.

[222] De logica van deze maatregel was dat de veel zwaardere aardbevingen op dezelfde locatie (zoals geprojecteerd en met lage waarschijnlijkheid) zich pas enkele jaren later zouden kunnen voordoen. Dit was gebleken uit de eerdere metingen. Bovendien had men in 2010/2011 al gasdruknivellering toegepast waardoor er vertraging in de bevingen zou optreden. De hoofdreden van het opvoeren van de productie was dat het maximale productiequotum voor die jaren nog niet was gehaald.

7. **Het gebruik van de axiomatische KNMI-Mmax** door de NAM en de NEN als de te reëel verwachten Mmax voor het gebied, in plaats van uit te gaan van een PGA-acc waarbij maximaal een DS1-schade aan de bebouwde omgeving kan ontstaan.
8. **Geen uitleg.** Deze extreem hoge PGA-projectie van het KNMI werd door de NAM zonder uitleg gepresenteerd als een wetenschappelijke zekerheid.[223]
9. **Overname door de NAM en de media.** De NAM en de media namen deze hoge bevingswaarden van het KNMI over zonder vragen te stellen bij de realiteitszin van dergelijke extreme voorspellingen. Hier **ontbrak het dus volledig aan de maatschappelijke antenne** van de NAM-managers, ingenieurs en wetenschappers en werden de KNMI-waarden als correcte prognoses door iedereen overgenomen.[224]
10. **Een misplaatst concept van het te accepteren risico**.[225] De algemene veiligheidsnorm 10^{-5} doden per capita per jaar werd ook toegepast op de geïnduceerde aardbevingen. Echter, als het gaat over het instorten van woningen (met dodelijke gevolgen), zou dat betekenen dat er in Nederland (ruim 17 miljoen inwoners) niet meer dan 170 doden per jaar zouden mogen vallen vanwege instortende gebouwen of 5 doden per jaar voor de provincie Groningen.[226] Er overlijdt echter niemand in Nederland door instortende woningen; wel door de stress gerelateerde gezondheidsproblemen. Zelfs een infrastructuurnorm van 10^{-6} doden per capita per jaar is dan nog veel te hoog voor opzettelijk door de NAM aangebrachte woningschade en instortrisico. Dat is geen natuurramp.
11. **Niet gekwantificeerd in tijd of frequentie**. De NAM kwam in 2014 ook nog met de mededeling dat de bevingen binnenkort (5 jaar) veel erger zouden worden en nog vele jaren zouden doorgaan; een niet-gekwantificeerde bewering over hoe snel, hoe vaak, hoe erg.
12. **Geen bouwkundige kennis.** Aardbevingsdeskundigen werden vanuit de hele wereld gehaald, maar die hadden geen inzicht in de zwakte van de typische oude Nederlandse bakstenen woningbouw. De focus was daarom op de vermeende Mmax en niet op de PGA.
13. **Ontkennen of afwijzen van funderingsschade.** Foutief, maar primair ingegeven om kosten te besparen en secundair omdat dit veel meer onderzoek vergde naar het effect van de vele kleine aardbevingen en de compactie of bodemdaling. Dit heeft veel vertraging en veel extra kosten en stress voor de bevolking opgeleverd.
14. **Ondeskundig.** Bij het beoordelen van de gebouwschades (door de niet-deskundige schade-inspecteurs en vanwege beperkende instructies van de NAM-CVW; (geen funderingen) werden veel schades beoordeeld als C-schade, zijnde niet aardbeving gerelateerd, wat niet altijd juist was en waartegen veel bezwaar ontstond (arbitrage).

---

[223] Wetenschappelijk wiskundig correct volgens de waarschijnlijkheidstheorie (maar met foute tabellen), en geen rekening gehouden met het feit dat je in Nederland op sociaal-juridisch-politiek vlak niet door kon gaan met steeds zwaardere aardbevingen met woningschade en fatale slachtoffers als gevolg.

[224] Het KNMI had weliswaar haar best gedaan om met de toenmalige kennis de allersterkste beving te kunnen berekenen en die met de gebruikelijke onzekerheidsfactoren te verhogen, maar eind 2013 was het al duidelijk dat de gasproductie zou verminderen. Bovendien hadden het KNMI en de NAM voldoende kennis om te weten dat bij een PGA 0,42g ongeveer de helft van de 200.000 woningen zwaar zou beschadigen of instorten.

[225] In de kennis over en beoordeling van ongevallen zoals verkeersongevallen, woningbranden, van de trap of steiger vallen en dergelijke, wordt een maximaal risico aanvaard van 10^{-5} doden per capita per jaar. Dat wil zeggen dat één dodelijk ongeval per jaar op de 100.000 inwoners een norm is waarbinnen gebleven moet worden. Dit wordt ook in de wet aangegeven, maar in werkelijkheid zijn er vaak veel minder ongevallen. De overheid probeert om veiligheidseisen te stellen zodat deze waarde 10^{-5} doden per capita per jaar in de woningbouw niet overschreden wordt. Die maat is niet relevant voor nationale rampen met honderden of duizenden doden vanwege een PGA 0,36g.

[226] Uit de berekeningen volgde ook dat de toegenomen bouwactiviteit en verkeersbewegingen ten behoeve van de versterkingen, de bouw en verkeersdrukte in de provincie ook nog een paar extra doden per jaar zouden vallen.

15. **Zware versterkingen.** Gebaseerd op die hoge PGA 0,42g (vanaf 2014) en 0,36g (medio 2015) werden er zeer zware versterkingen aan een paar woningen ontworpen en uitgevoerd. Deze waren zó duur dat het veel goedkoper zou zijn om het merendeel van de woningen te slopen en nieuw te bouwen. Men had zich in 2013/2014 kunnen realiseren dat dit geen reële optie voor de hele provincie was.
16. **Stutten.** Er werden vele gebouwen (ook door de eigenaren zelf) in de stutten gezet om te voorkomen dat ze met de geprojecteerde zwaardere aardbevingen uit elkaar zouden vallen, en om aandacht van de pers te krijgen. Dat was heel effectief, maar dit versterkte ook verder de negatieve gevoelens tegenover de NAM.
17. **De pers** publiceerde veel over de vermeende onveiligheid van de gebouwen en de geconstateerde angstgevoelens van de burgers, waardoor die gevoelens versterkend konden worden. Ook publiceerde de pers internationale rampenfoto's van zware tektonische aardbevingen (Mw 6 en Mw 7) die weinig met de Groningse geïnduceerde bevingen te maken hadden, maar wel het bestaande angstgevoel van de Groningers konden aanwakkeren over instortende huizen en vele doden.
18. **Giga-winsten.** Er was over de voorgaande periode (tot 2010) een winst gemaakt van meer dan 300.000 miljoen euro, waarvan de Groningers minder dan een procent (1%) hadden meegekregen.[227] Dit versterkte het gevoel van onrecht; "*woningeigenaren hebben de schade, maar ze moeten met de NAM strijden over de reparaties*".
19. **De communicatie-afdeling van de NAM** heeft onvoldoende of verkeerde invloed gehad op een goede informatiestroom naar de bevolking en bleef naast schadeformulieren slechts algemene weetjes op de website plaatsen en weinig uitleg.
20. **Gebrek aan urgentie.** De geprojecteerde hoge PGA zou eerst over enkele jaren (5-10)[228] optreden (Zie Tabel 6). De provinciale planning hield in dat men vanuit het epicentrum[229] eerst de openbare gebouwen (scholen) ging versterken en daarna gefaseerd de woningen die het zwakste waren. Daarvóór moesten dan eerst alle gebouwen geïnventariseerd worden en bouwcapaciteit ontwikkeld. Volgens deze methode zouden veel woningen in het epicentrum gebied pas over meerdere jaren aan de beurt komen.
21. **Afwachten.** De NAM had een afwachtende houding vanwege de optie dat met 'voortschrijdend inzicht', zoals betere data uit de diepe ondergrond, er voor de langere termijn een lagere maximum magnitude aardbeving berekend zou kunnen worden bij het voortzetten van de aardgasexploitatie. In de tussentijd werd er vooral veel getest, maar onvoldoende actie ondernomen voor seismisch versterken.

---

[227] Er is in de jaren 1970 wel een initiatief ontwikkeld voor het aantrekken van industrie rond de Eemshaven, maar dat is niet goed van de grond gekomen. Totaal omgerekende winst eind 2019 https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/22/aardgasbaten-uit-gaswinning-bijna-417-miljard-euro en 'Rapport besteding aardgasbaten, feiten cijfers en scenario's', door de Algemene rekenkamer 2014.

[228] Als binnen 5 jaar 100.000 woningen zwaar beschadigd raken en de helft instort met een aardbeving Richter 6, zou men binnen vijf jaar 50.000 woningen seismisch moeten versterken (retrofitten, niet schade voorkomen). Daar werd niet voor gepland, want dat zou dan (@ 50.000 euro per retrofit woning) 2,5 miljard euro kosten. Het was onduidelijk met welke waarschijnlijkheid de geprojecteerde hoge Mw 6 of geassocieerde PGA zou optreden. Een herhalingsperiode van 475 jaar wordt genoemd. Dat duidt erop dat iemand een kans van 10% in 50 jaar heeft zitten omrekenen naar een belachelijk precieze kans van 1/475 per jaar, maar andere informatie leek te verwijzen naar een periode van 5 of 10 jaar of een kans van 5% in een onduidelijke periode (5, 10, 475 jaar?).

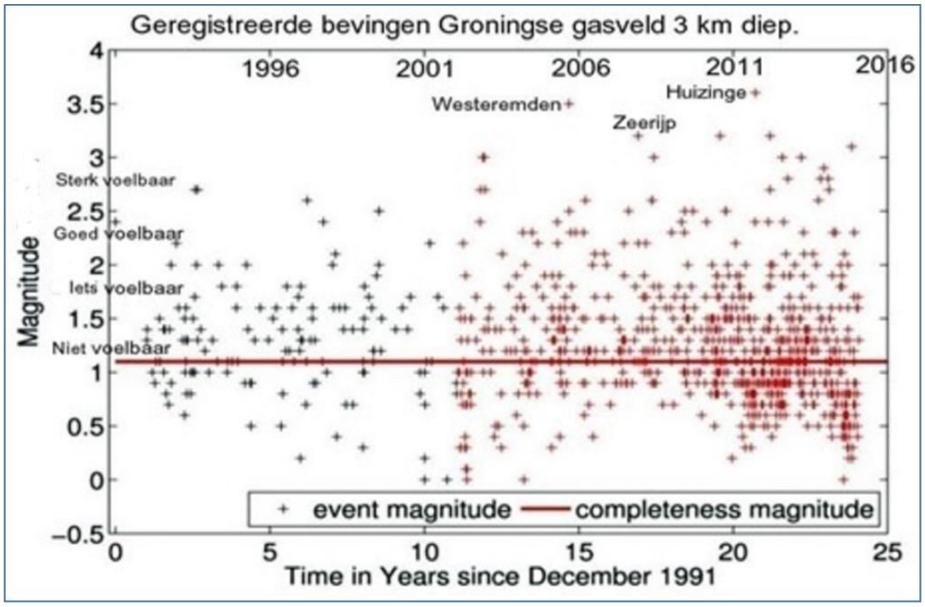
Opgemerkt moet worden dat een gebeurtenis met een kans van slechts 5% in 10 jaar of 1/475 per jaar uiterst onwaarschijnlijk lijkt. Als het gaat om een door een bedrijf geïnduceerde gebeurtenis waarbij honderden doden vallen bij een bevolking van een half miljoen impliceert dat een risico van groter dan 10^{-5} doden per capita per jaar. **Dat is naar elke maatstaf onacceptabel.**

[229] In de grote gemeente Loppersum werden de meeste grote bevingen geregistreerd. Op de NPR-kaartjes wordt dit als het epicentrumgebied aangewezen. Hier vandaan zou dan ook de versterkingsactie beginnen en zich van daaruit spreiden.

22. **Mmax/PGA-verlagingen.** In de jaren na 2015 kwamen er verschillende verlagingen van de NPR 9998 dreigingskaartjes (vier keer tot 2018). De bevolking interpreteerde dat als 'het zich onttrekken aan de schadevergoedingen of woningwaarde regeling', hoofdzakelijk omdat ze niet geïnformeerd werden hoe die dreigingskaartjes tot stand kwamen en wat de betekenis was. Het duurde ook telkens ten minste een half jaar voordat de (KNMI) Mmax-verlagingen doorgevoerd werden bij de ingenieursbureaus (en de NCG) die de berekeningen voor de seismische versterking maakten. Hierdoor werden identieke gebouwen met identieke schade op dezelfde locatie opeens anders beoordeeld. Zo anders zelfs, dat de eerder beoordeelde gebouwen werden aangewezen voor sloop en nieuwbouw (volgens de voorlaatste NPR) en de gebouwen ernaast alleen wat reparaties kregen volgens een latere NPR. Het uiteindelijke waardeverschil tussen de twee groepen was meervoudig. De gerepareerde woningen hebben dan nog steeds nauwelijks een goede verkoopwaarde. De betreffende woningeigenaren van de 'reparatiewoningen' voelden zich blijvend economisch en sociaal zwaar benadeeld. **De Mmax methode en het gebrek aan een PGA-acceptabel is hier debet aan.**

5.2. Ondoorzichtige publieke informatie

De Gutenberg-Richter-constante gaat ervan uit dat schokken van een bepaalde magnitude n+1, 10 keer (of een ander getal) zo minder frequent zijn als de schokken van magnitude n. Deze n+1 beving is dan één punt Richter of Mw groter of één stap hoger op de logaritmische schaal. Het gasveld leek gedurende de eerste exploitatiejaren tot aan 2012 aan deze GR-constante te voldoen. Dat zou betekenen dat de frequentie van veel zwaardere bevingen ook geschat konden worden, en dat is precies de basis voor de berekeningen van de Mmax. Na een paar honderd jaar worden dat dan erg zware aardbevingen, want na 10 maal n+1 komt er dan een n+2, enzovoort. Het verder doorrekenen van de geïnduceerde aardbevingen dan 50 jaar strookt niet met het feit dat de meeste exploitaties al binnen die tijd zijn afgerond en dan de compactie en bewegingen in de ondergrond stoppen.



Figuur 50. Aantal en magnitude van de bevingen sinds 1991.
De nauwkeurige registratie van de bevingen geeft een lichte vermindering van de bevingen te zien na de 2006 aardbeving te Westeremden en ook de sterke verhoging van het aantal kleine bevingen na 2011 met een piek aan grotere bevingen per 2012. Na 2015 neem het aantal kleine bevingen wel toe, maar niet het aantal grotere bevingen. Bron: NAM, Toelichting Resultaten Mmax expert Workshop, Schiphol 8-10 maart 2016.

De GR-constante is hier kennelijk niet geheel van toepassing. Gutenberg en Richter hadden dit gedrag waargenomen aan tektonische aardbevingen, veroorzaakt door het gestaag over elkaar schuiven van aardplaten. De aardbevingen in Groningen worden veroorzaakt door het onttrekken van gas en het daarna inzakken van de zandsteenlaag waar dat gas in zat. De gaswinning wordt gereguleerd. De aantallen bevingen, en de sterkte en de frequentie van die bevingen, worden daarom sterk beïnvloed door de snelheid van de gaswinning en vanuit welke locaties dit gebeurt.

De grafiek laat zien dat sinds 2010 het aantal bevingen toenam. Na 2013 namen zowel de gasproductie en de bevingen eerst af, maar tegen 2014 liep het aantal kleine bevingen sterk op tot eind 2025, hoewel de aardgasproductie wel verder terugliep. Wanneer de gasproductie gelijk zou blijven, zal door de steeds lager wordende druk in het gasveld de frequentie en dus het aantal bevingen ook verder toenemen. Daarmee zou er dan ook een grotere beving kunnen ontstaan.

Het reduceren van de gasproductie na elke grotere beving en later weer opvoeren van de productie is een gepland onderdeel van het seismisch onderzoek (testen van de relatie tussen gasproductie en bevingen) naar het gedrag van het reservoirgesteente.[230]

Hoewel men als geoloog nooit alles precies te weten kan komen over het gedrag van gesteente in de diepe ondergrond, vallen er met het variëren van de productie (en daarmee de gasdruk) wel conclusies uit te trekken. Met het meten van de vele kleine en grotere schokken en in combinatie met de productiesnelheid van het aardgas kan een nauwkeurig beheer van de toekomstige exploitatie ontwikkeld worden. Hiervoor wist men bij de NAM genoeg, maar door steeds te stellen dat men '*nog niet genoeg wist'* hield men een slag om de arm om besluiten uit te stellen.

Omdat de al opgetreden aardbevingen van Westeremden, Middelstum, Zeerijp en Huizinge allemaal nog onder de PGA 0,09g waren, werden deze geologisch niet als ernstige bevingen beschouwd. Er stortten voorlopig nog geen woningen in. Enig experimenteren met drukverschillen zou dus geen extra grote schade opleveren, maar wel veel informatie over het gedrag van het reservoirgesteente.

De eerste conclusie: de NAM was al vóór 2000 die relaties tussen gasproductie, druk en aardbevingen nauwkeurig aan het bestuderen en kon met de verlagingen en verhogingen van de productie het effect op de bevingen observeren.

De tweede conclusie: de NAM kon wel degelijk het aantal en de frequentie van de aardbevingen beïnvloeden door de gasproductie aan te passen (nivelleren en plaatselijk verminderen) in de verschillende locaties en eventueel met plaatselijk drukverhogende stikstofinjecties toe te passen. Er werd € 360 miljoen besteed aan de stikstoffabriek.[231]

---

[230] De reden van de NAM om de productie op te voeren na de Huizingebeving was viervoudig. (1) In het winningsplan 2007 was er de afspraak gemaakt dat er over de 2007-2013 periode 200 miljard m^3 gas gewonnen kon worden. Medio 2012 zou met het voortzetten van het toenmalige productieniveau het maximale niet gehaald worden. (2) De verdiensten van de NAM waren gekoppeld aan de gasproductie, het was dus belangrijk voor de inkomsten om het maximale productieniveau te halen. (3) De 2.200 schademeldingen na de Huizingebeving waren financieel lager in kosten dan de verdiensten van de extra gasproductie. Eind 2012 had men de indruk dat met cosmetisch herstel de meeste schade wel weggewerkt zou zijn. (4) Met de vorige grotere bevingen 2006 in Westeremden, 2008 in Loppersum, 2009 in Zeerijp en 2011 in Westeremden bleek dat er minimaal twee jaar zat tussen de grotere bevingen. Een volgende grotere beving zou dus pas met de al ingezette nivellering zich veel verder ná 2016 kunnen voordoen, niet direct het gevolg van de hogere productie in seizoen 2012-2013.

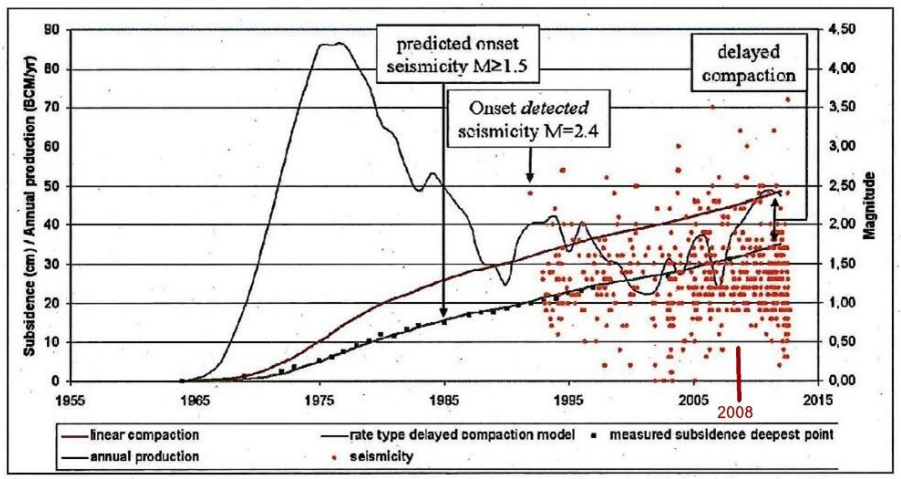
[231] https://www.rtvnoord.nl/economie/1134714/bouw-stikstoffabriek-in-zuidbroek-kostte-gasunie-60-miljoen-euro-extra De stikstoffabriek was gepland voor twee redenen. In de eerste plaats voor het bijmengen van stikstof bij een hoger calorisch gas dat uit Rusland en Noorwegen geïmporteerd zou gaan worden. De Nederlandse Cv-installaties waren ontworpen en gebouwd op het laagcalorische gas uit Groningen (met 14% stikstof = hoog). Met het geleidelijk opvoeren van het calorische gehalte over een periode van minstens 15 jaar zou men dan bij importgas ook geleidelijk die Cv-installaties bij het einde van hun levensduur kunnen vervangen.

Door de gegevens vermeld in tabel 8 te relateren aan de 2013 piek in de gasproductie en het daaropvolgend grote aantal bevingen, met Zandeweer en Garrelsweer als uitschieters, en waardoor het aantal schademeldingen dat jaar verdubbelde, kon men nog duidelijker zien hoe de relatie tussen de gasproductie en de bevingen ongeveer werkte: Meer en snellere gasextractie betekent nog meer kleine en ook meer sterkere bevingen.

Tabel 8. Aantal schademeldingen en uitgekeerd schadebedrag tot 2012.

jaar	aantal meldingen	uitgekeerd bedrag (€)
t/m 2002	0	0
2003	124	59.302
2004	1	0
2005	10	21.360
2006	416	243.338
2007	11	10.762
2008	208	246.047
2009	165	329.780
2010	3	4.442
2011	187	560.359
2012	2.485	Nog onbekend
2013	9.705	Nog onbekend
2014	13.384	Nog onbekend

Het schadebedrag was gemiddeld minder dan 1500 euro aan cosmetisch wegwerken. Het aantal schademeldingen per jaar tot en met 2013 is inclusief directe en nagekomen meldingen vanwege de Huizingebeving is iets meer dan 13.000. Dit verdubbelde in 2014. Eind 2015 meer dan 25.000 meldingen. Bron NAM. [xli]



Figuur 51. De aangeleverde informatie en bevingen sinds 1990.
De gemeten compactie en de meeste bevingen ontstaan een tijdje (ongeveer twee jaar) na de drukverlaging. Dit is de invloed van het dikke Zechstein. De informatie geeft ook aan dat er al sinds 1975 bevingen verwacht waren en per 1994 een betere registratie van de bevingen was. Tot 1990 was er slechts elastische compactie. Na 2008 is met de verhoging van de gasproductie ook de vergroting van het aantal bevingen goed te zien met op het einde de beving van Huizinge Mw 3,6.

Een tweede optie voor het gebruik van het stikstofgas was om de druk in het aardgasveld op niveau te houden zodat er minder compactie en dus bevingen zouden komen. Bij het verder leeg-produceren van het gasveld zouden de bevingen anders verder toenemen, in frequentie en sterkte.

Voor het stabiliseren van de druk in het gasveld zou men ook CO_2 kunnen injecteren, waarmee dan een milieumaatregel werd genomen ter vermindering van de CO_2-uitstoot die het bedrijf of de verbranding van dat aardgas tot gevolg zal hebben. Ook bestaat er de mogelijkheid om met zeewater de druk te stabiliseren. Dat laatste zou een smering kunnen veroorzaken en eerder (de kleine) bevingen genereren en is veel minder kostbaar dan stikstof of CO_2-injectie. Het gas moet na het ophalen ook weer gezuiverd worden van stikstof, CO_2 of water.

Langs de magnitude schaal rechts, op het lijntje 'Magnitude 3,5' zitten de twee bevingen van 8-08-2006 Middelstum en 16-08-2012 Huizinge.[232] *De grafiek laat zien dat men al in 1985 verwachtte dat er bevingen van groter dan Mw 1,5 zouden plaats vinden [*predicted onset*], terwijl de bevingen in 1990 voelbaar werden wanneer ze groter dan Mw 2,4 waren.*[233]

Na 2000 werd besloten weer méér uit het Groningen gasveld te onttrekken en uitgebreider te bestuderen hoe de ondergrondse trillingen zich gingen ontwikkelen. De bovenstaande grafiek laat de relatie tussen gasextractie, de compactie en de bevingen zien.[xlii] Die grafiek geeft die relatie aan tussen de gasproductie (linker bovenste lijn met piek rond 1975) en de compactie heel goed weer.

De schaal links op de bovenstaande grafiek geeft de gronddaling aan in cm. De lijn met de stippels is de gemeten compactie. De magnitude schaal recht is logaritmisch. Eén heel punt in magnitude is 32x de totale hoeveelheid vrijgekomen energie bij de aardbeving. Bron grafiek SodM: Rapport aan de Tweede Kamer, *Reassessment of the probability of higher magnitude earthquakes in the Groningen gas field, 16 January 2013.*

De groenblauwe NAM-grafiek hieronder, van de productie uit het Groningse gasveld is identiek aan de productielijn van de bovenstaande grafiek. In de bovenstaande grafiek is het verschil tussen de twee onderste naar rechts oplopende lijnen de vertraging aan van de compactie ten opzichte van de drukverlaging.



Figuur 52. Gasproductie Winningsplan 2007 met planning na 2012. Bron NAM.
Deze grafiek werd een aantal jaren geleden van de website van de NAM verwijderd.

In 2007 werd al gepland dat de gasproductie zou stabiliseren en per 2022 zou gaan verminderen. Dat verminderen is noodzakelijk omdat de druk in het gasveld dan zo laag zou zijn dat het gas eR dan niet meer onder hoge druk uitspuit.

De NAM wist in 1975 al dat er compactie zou optreden[234] en dat dat gepaard zou gaan met steeds grotere trillingen. In 1986 traden de eerste voor mensen voelbare trillingen op.[235]

---

[232] Onderzoekraad voor veiligheid. Onderzoek naar de rol van veiligheid van burgers in de besluitvorming over de gaswinning (1959-2014) Den Haag 2015. Gebaseerd op eerdere rapporten en informaties. www.onderzoeksraad.nl/33ef77ab629erapport_gaswinning_groningen_nl_interactief

[233] Er werden voor 1994 een groot aantal nieuwe meetstations bijgeplaatst.

[234] Sam Gerrits geeft in zijn boek aan dat de Esso, met wie Shell nauw samenwerkte, al vele jaren eerder in Californië (USA) ervaringen had met grote gronddalingen door oliewinning.

5.3. De Gutenberg-Richter-constante

De Gutenberg-Richter-constante (GR-constante) zou voor Groningen aangeven dat de frequentie van bevingen met magnitude 2,5 of hoger, 8 tot 10 maal zo laag was als bevingen met magnitude 1,5 of meer. Anders gezegd: de gemiddelde tijd tussen twee bevingen met Mw van 2,5 is 8 tot 10 maal zo langs als de tijd tussen bevingen met Mw 1,5. Bijvoorbeeld: als er in Groningen elke 2 maanden een beving Mw 1,5 komt, dan zou er elke 16 tot 20 maanden een beving Mw 2,5 komen.

Met de gegevens van Groningen zijn de aantallen bevingen met een sterkte van Mw 3,6 veel te klein om er zeker van te zijn dat het GR-model daar nog klopt. Dat model stelt dat er drie of meer bevingen van boven de Mw 3,6 hadden moeten zijn, maar die waren er niet.[236] Die bevingen zijn er ook niet op dezelfde locatie vanwege de dunheid van de zandsteenlaag.

Bevingen met een magnitude van minstens Mw 3,5 zouden optreden met een tussenpoos van gemiddeld 16 tot 40 maanden, zeg twee tot drie jaar. Die periode wordt kennelijk steeds korter. Als dezelfde constante ook voor zwaardere bevingen zou gelden, zou de gemiddelde tussenpoos tussen bevingen met magnitude 4,5 weer iets acht- tot van tienmaal zo lang zijn. Aangenomen dat er verder niets verandert, natuurlijk. Echter, bij een gelijkmatige gasonttrekking en drukverlaging blijft de GR-constante ook niet gelijk, maar wordt steeds iets kleiner, ongetwijfeld in verhouding tot de inwendige gasdrukverlaging. Er is dus geen sprake van een GR-constante. Bovendien, met de grotere gaswinning zal de GR-constante nog sneller kleiner worden.

Wanneer de gasproductie wordt verhoogd (en daarmee de druk in het Rotliegend-zandsteen verlaagd), zoals het geval was in het seizoen 2012-2013, dan wordt de constante een nog lager getal en zou de zwaardere beving nog eerder komen. Direct na 2013 verlaagde de NAM de gasproductie weer. Samengevat kan gesteld worden dat met veranderende gaswinning en daardoor geïnduceerde aardbevingen er geen sprake kan zijn van een GR-constante. Het is ook twijfelachtig of deze ‘constante’ gebruikt kan worden om de kansen te berekenen op aardbevingen van een sterkte die zich nog niet eens heeft voorgedaan. Ook mag men de GR-constante niet voor vele jaren na de beëindiging van de gaswinning doorrekenen om de Mmax door de jaren heen te bepalen.

5.4. De verhouding tussen tektonische aardbevingen en de Groningse

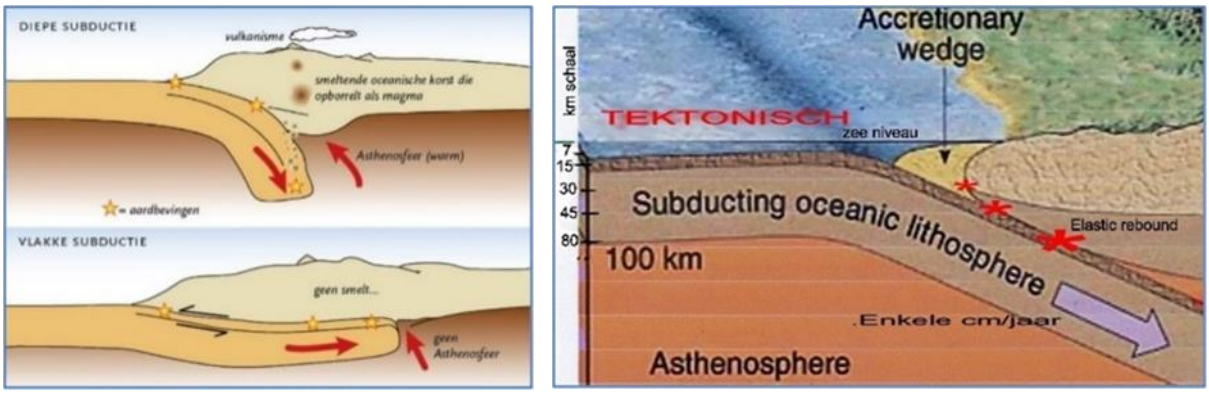
Zoals al in de tabel 4, met de 30 verschillen tussen zware tektonische aardbevingen en lichte geïnduceerde aardbevingen in Groningen, is bij het uitrekenen van de zwaarte van de aardbevingen niet logisch om dezelfde formules te gebruiken voor geïnduceerde aardbevingen als voor tektonische aardbevingen.

Bij de meeste tektonische aardbevingen is er sprake van het voortdurend verschuiven en opdrukken van grote tektonische platen, waarbij de ene plaat onder de andere verdwijnt. Hierdoor ontstaat er een frictiezone waar de gesteentes nog een hard-vaste vorm hebben. Als de spanning in de aardlaag te groot wordt scheurt deze los van de aangrenzende laag en veroorzaakt de aardbeving.

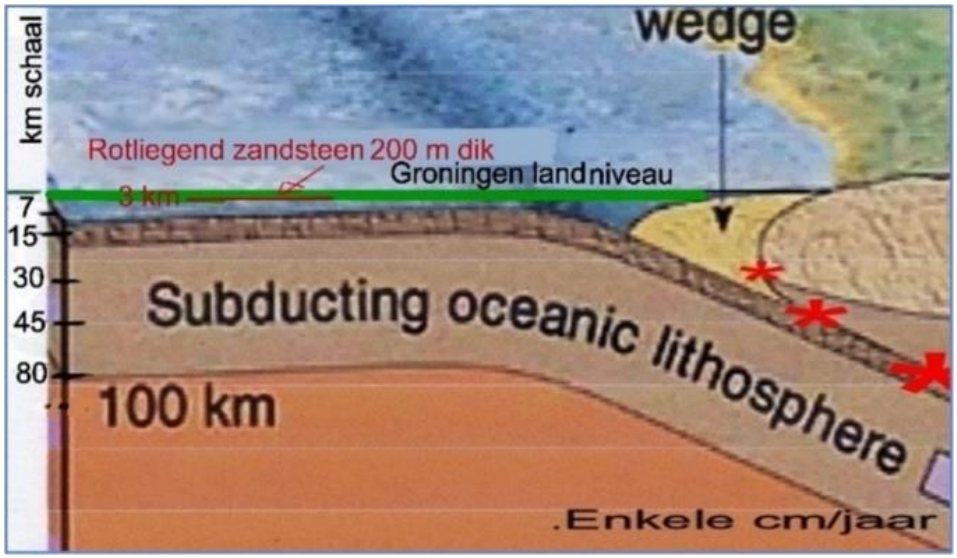
---

[235] De verslaggeving van *de Volkskrant* van 8 februari 2013 geeft ook aan dat er op december 1986 in Assen een beving was die gerelateerd werd aan de gaswinning in Slochteren. https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/al-26-jaar-aardschokken-in-noorden-van-nederland~b36e5194/

[236] De Mmax is dus kennelijk iets hoger dan Mw 3,6 oftewel Mw 3,7. Immers Mmax is een sterkte die volgens het GR-model had moeten optreden, maar de feitelijk niet optrad.



Figuren 53. Voorbeelden van subductie bij aardplaten met diepte in kilometers.
Links:. Voorbeeld van subductie bij tektonische bewegingen. Dit komt in Groningen niet voor Bron: www.geografie.nl . [237] Rechts. Afbeelding met plaattektoniek op de diepteschaal. Bron. Google 2020.



Figuur 54. Hier is het gasveld van Groningen (Rotliegend) op dezelfde schaal ingetekend.
In deze afbeelding is bij de bovenstaande figuur het Groningse reservoirgesteente (Rotliegend) met een dikte van 0,2 km op dezelfde schaal ingetekend. Bij de verticale compactie in Groningen treedt géén horizontaal elastisch reboundeffect op. Daardoor zal in het hypocentrum de horizontale component beperkt blijven.

Het Groningse zandsteen is met 0,2 km relatief dun vergeleken met de ca. 100 km dikke tektonische platen. De onderliggende Carboon/Devoon-lagen onder het Groningse zandsteen en de Zechsteinlaag boven het zandsteen bewegen niet. In het zandsteen ontstaat door de gasextractie slechts een verticale compactie. Er is binnen het zandsteen slechts een klein bewegend effect naar beneden terwijl er geen horizontale of verticale bewegingen in het Carboon/Devoon optreden. Er ontstaan ook geen horizontale bewegingen in het zandsteen of de Zechsteinlaag.

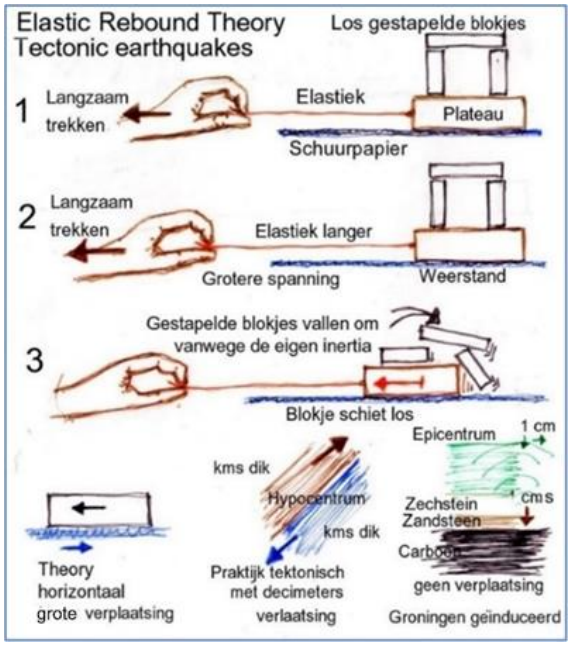
Gesteentes gedragen zich ook elastisch, maar de elastische beweging van zandsteen is beperkt totdat het bezwijkt. Bij tektonische aardbevingen verplaatsen vele kilometers dikke gesteentelagen zich schuin (horizontaal en verticaal) en is de totale verplaatsing ook groot met meerdere cm's per jaar. Bij de Groningse geïnduceerde bevingen wordt de verticale verplaatsing (inzakking) van het zandsteen gemeten in centimeters. De schatting is ongeveer 1 cm/jaar.

[237] Afbeelding uit https://geografie.nl/artikel/hoge-bergen-in-een-atypische-subductiezone

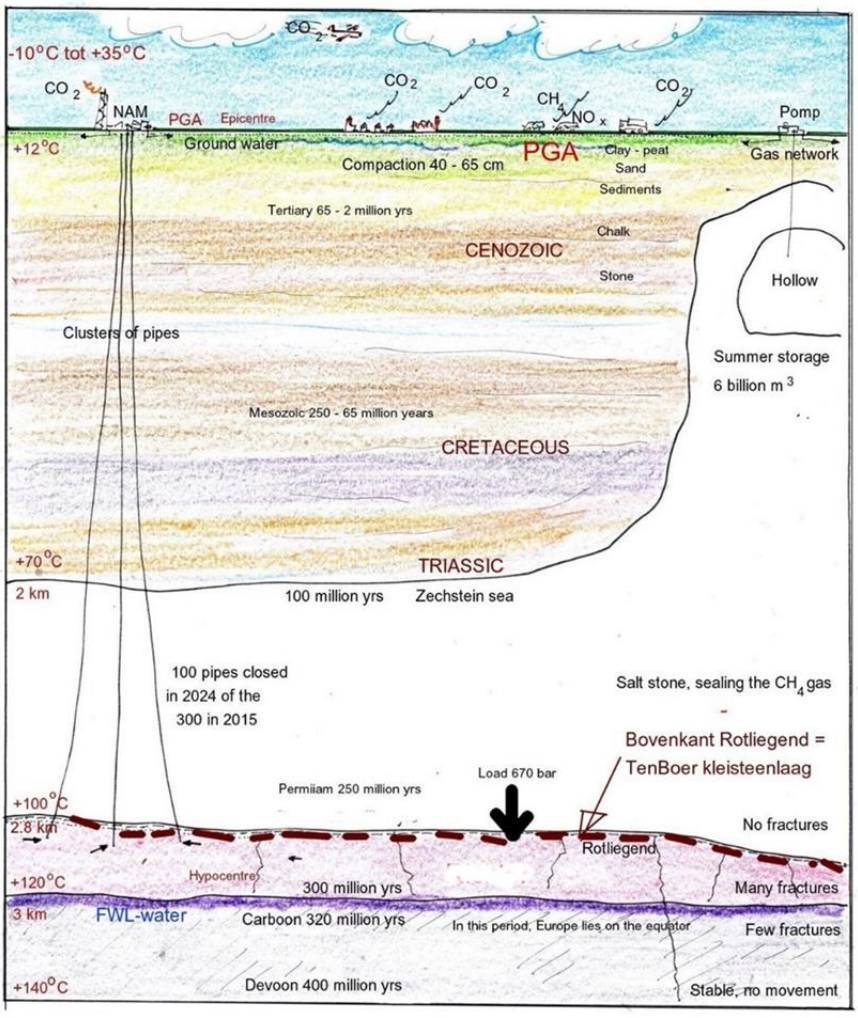
Elastische rebound.

Door de continue verplaatsing van de aardplaten ontstaan grote elastische spanningen tussen gesteentelagen die op een bepaald moment de sterkte in de verbinding tussen die gesteentelagen overschrijden en dan het losschieten tussen die verbinding veroorzaken.

Het verschuiven van meters van de gesteentelagen langs elkaar veroorzaakt massale trillingen die minutenlang kunnen aanhouden en dagelijks of wekelijks kunnen terugkomen vanwege belendende zones die zich ook gaan verplaatsen. In deze situaties is de horizontale component van de aardbevingen vaak heel veel groter dan de verticale en kan aan het aardoppervlak decimeters bedragen.



Figuur 55. Het elastische rebound principe.
Het elastische rebound model komt uit de analyse van tektonische aardbevingen en hun horizontale (en schuine) verplaatsing van grote aardplaten.

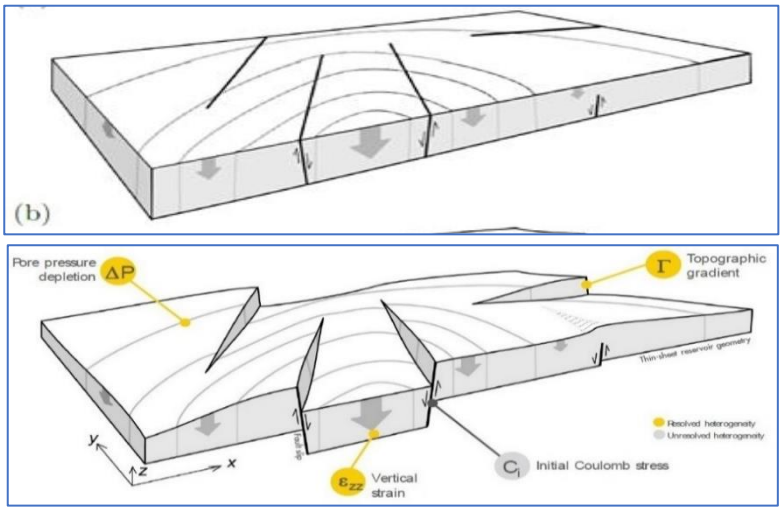


Figuur 56. Doorsnede schets van de verschillende aardlagen onder Groningen.

De druk van de bovenliggende aardlagen op het zandsteen is ongeveer 670 bar. De oorspronkelijke gasdruk in 1960 was 350 bar. [238] Deze daalde naarmate de gaswinning voortging. In de eerste fase ontstond er een elastische compactie, maar toen de gasdruk in het zandsteen onder de 150 bar kwam begon de compactie door instortingen. Het dikke Zechstein geeft niet mee en dempt de schokken. In het hele Zechstein zitten meerdere zoutruggen of kolommen die plaatselijk de snelheid van de doorgave van de trilling naar het oppervlak kunnen beïnvloeden.

De geologische dunheid van het Rotliegend reservoirgesteente, waarin zich het aardgas bevindt, stelt een grens aan de groei van de magnitude van de aardbeving. Na elke grotere instorting of snelle compactie begint het proces opnieuw, waarbij het (afhankelijk van de gasproductiesnelheid) niet boven een bepaald niveau kan uitkomen. De inzakkingen in het hypocentrum vinden slechts drie kilometer onder het maaiveld plaats. Dat is weinig vergeleken met de tientallen kilometers diepte van tektonische bevingen. Daarom kan de schok van een ondiepe aardbeving in het epicentrum hard aankomen, met andere woorden, die grondversnellingen zijn veel groter dan bij tektonische bevingen van dezelfde magnitude. Een (geïnduceerde) beving op 3 km diepte van Mw 5 zal een zware aardbeving in het epicentrum opleveren, maar een Mw 5 beving op 30 km diepte zal nauwelijks voelbaar zijn in het epicentrum.

De hoge Mw 5 en Mw 6 magnitudes die oorspronkelijk in 2012/2013 werden berekend als mogelijk gevolg van de aardgasexploitatie, waren gebaseerd op het idee dat trillingen en verzakkingen in het Rotliegend (langs bestaande breuklijnen) naar beneden zouden doorzetten (trigger effect) in het dikkere Carboon en Devoon. De resulterende *drop-fault* bevingen zouden dan aanzienlijk groter zijn dan de kleine schokken vanwege het inzakken/instorten van het zandsteen. De onderstaande figuren geven dat idee weer ter plaatse van de Lauwerszee-breuk, een dieperliggende geologische zone vanuit het noordwesten onder het Groningse gasveld. De afbeeldingen hebben een uitgetrokken hoogteschaal.



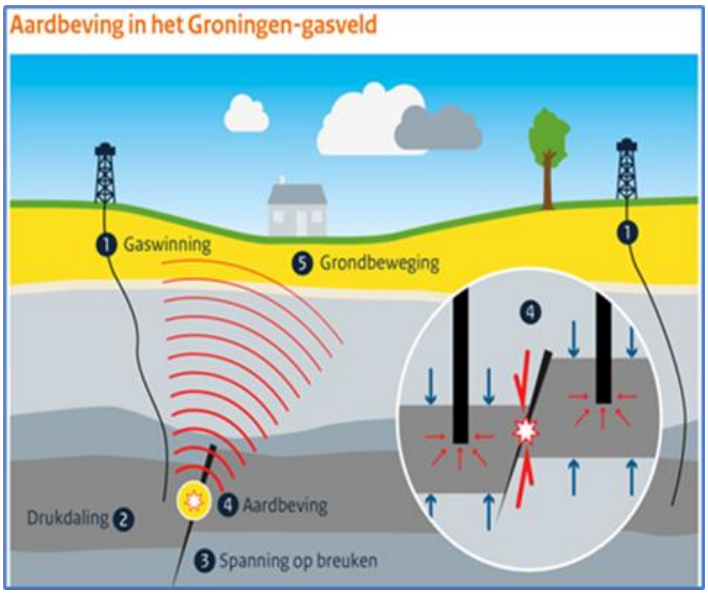
Figuren 57. Schematische weergaven van het Rotliegend en de grootste breukzones.
De contourlijnen zijn gerelateerd aan de algemene compactie. Bron: pagina 79-80. Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen. [xliii] *In deze tekening is de dikte van het 200 m dikke reservoirgesteente sterk vergroot weergegeven ten opzichte van de breedte. Onder het Rotliegend ligt het kilometer dikke Carboon- en Devoongesteente en boven het Rotliegend het 600 tot 800 m dikke taaie Zechstein. De veronderstelling was dat secties van het zandsteen verzakken ten opzichte van elkaar door verschillende mate van gasonttrekking in die secties. Hierdoor ontstaat de 'Coulomb-stress' en de diepere bevingen. Echter, het Carboon/Devoon gaat niet verticaal plaatselijk verzakken/vervormen vanwege kleine instortingen/compacties in het zandsteen.*

[238] De druk van het gas in het gesteente is overigens niet de druk die bovenaan bij het maaiveld gemeten wordt. Voor methaan neemt de druk met ongeveer 7% af per kilometer. Dus een druk van 200 bar in het zandsteen is iets van 165 bar op het maaiveld (zolang de kraan dicht zit).

Het bovenstaande ‘trigger effect’ principe is wellicht naar boven mogelijk wanneer het bovenliggende dikke/taaie Zechstein ook zou vervormen en eventueel scheuren in het verlengde van de breuklijnen in het zandsteen, maar die scheuren zijn er niet. Het tegendeel is het geval, want vanwege de dikheid en de structuur van het Zechstein voorkomt dat juist het plaatselijk inzakken.

Deze veronderstellingen zouden gebaseerd kunnen zijn op een (tektonische) aardbeving op 20 oktober 2004 in het nabijgelegen Duitsland (tussen Rotenburg/Wümme en Neuenkirchen)[xliv] waar op 10 km diepte een verschuiving van 1-2 cm in een 0,5 km^2 breukvlak een aardbeving heeft veroorzaakt van Mw 4,5. Deze beving is nauwelijks relevant voor de bevingen door de aardgaswinning, maar geeft wel aan dat er in de diepere aardlagen wel enige beweging kan ontstaan.

Door de onttrekking van het aardgas (het spuit er onder hoge druk uit) zal de gezamenlijke weerstand van poreus (15%-20%) zandsteen en de gasdruk verlagen. Tot ongeveer 1990 vond er hoofdzakelijk elastische compactie plaats met niet-voelbare bevingen. Daarna ontstond er verticale instorting van het zandsteen ter plaatse van de laagste inwendige gasdruk. Na verloop van tijd zullen de gebiedjes naast het geplette gedeelte ook inzakken als de gasdruk onvoldoende nivelleert, maar dat inzakken wordt afgerend door de bovenliggende dikke, taaie Zechsteinlaag. Het onderliggende Carboon/Devoon heeft minder breuklijnen dan het zandsteen en beweegt niet, niet naar boven en ook niet horizontaal of schuin.



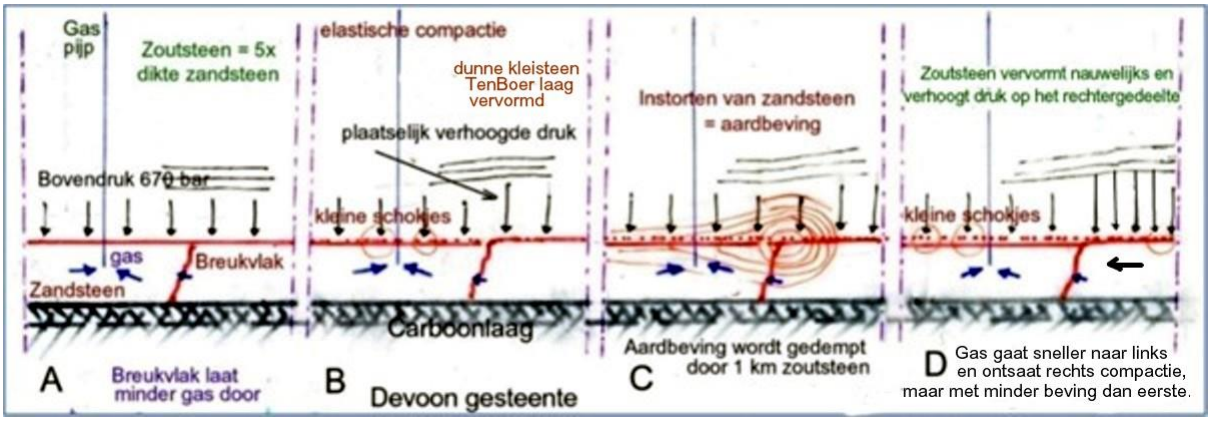
Figuur 58. Vereenvoudigde (verkeerde) afbeelding van het SodM.
Deze infografiek is waarschijnlijk gebaseerd op de veronderstelling dat de diepe Lauwerszee-breuk ook verticaal (en mogelijk iets horizontaal) iets gaat verschuiven bij het instorten van het bovenliggende Rotliegend.

De NAM, het KNMI én het SodM maken verschillende tekeningen om uitleg te geven over de aardbevingen. Echter, zoals het bovenstaande voorbeeld aangeeft zijn de schematische tekeningen niet altijd een juiste weergave. Hierdoor kan/zal er een verkeerde begripsvorming bij het publiek ontstaan. In veel schema’s wordt het schuine of horizontale elastische reboundeffect aangegeven als bron van de aardbevingen, dat is onjuist. Omdat de weergave op werkelijke schaal geen inzicht geeft op de processen zijn deze schematische voorstellingen gemaakt, maar kunnen (zoals hierboven) verkeerde informatie bieden.

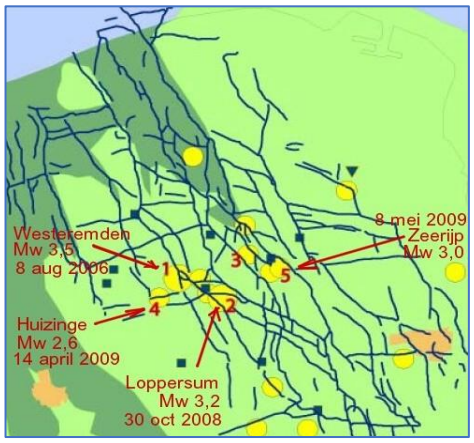
De onderste lagen geven passieve weerstand. Bij onttrekking van het aardgas aan een kant van de breuk in het zandsteen ontstaat er een gasdrukverschil met de andere kant (punt 2).

Bij gasonttrekking aan beide zijden niet (punt 4. Dat klopt hier dus niet want de dikke zwarte lijnen zijn de boorputten). De onderste Carboonlaag drukt de zandsteenlaag niet omhoog. Wanneer men aan beide zijden van een breukvlak (punt 4 in de SodM figuur) evenveel gas onttrekt, ontstaat er geen of weinig drukverschil, dus geen spanning en geen verschil van inzakking tussen de zandsteenpakketten aan beide zijden van het breukvlak. In deze info-grafiek is de Zechsteinlaag die differentiële verzakking tegengaat of dempt (en de TenBoer-laag) weggelaten. De grondbeweging (punt 5 in de SodM figuur) is in werkelijkheid minimaal en niet eenvoudig waarneembaar.

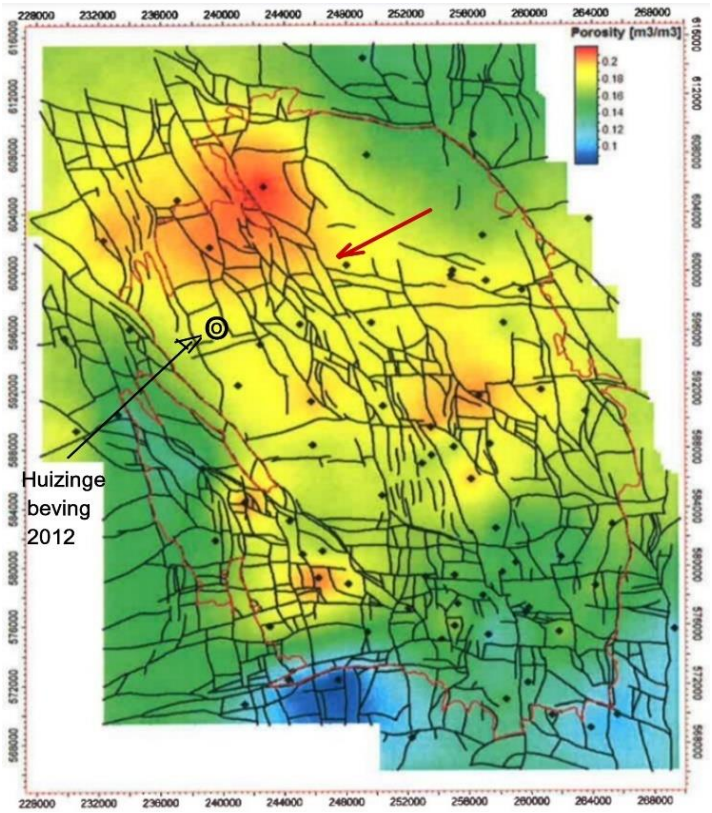
De aardbevingen ontstaan volgens de NAM hoofdzakelijk door verticale instortingen langs en naast de breukvlakken in het zandsteen. Vanwege de verschillen tussen de gasonttrekking in de secties ontstaat meer drukverlaging aan een zijde van het breukvlak dan aan de andere zijde.[xlv]



Figuur 59. De verschillende fasen van ontwikkeling van aardbevingen.
Het Zechstein breekt niet; de TenBoer-laag wel. Het vervormen van het Zechstein kan over vele jaren gebeuren. Hoe dunner het Zechstein, hoe sneller dat zal gaan. Met het instorten (C) ontstaat er eerst een verhoging van de druk op de breukrand van het Rotliegend, maar door de gasnivellering gaat die weer verdwijnen.



Ongeveer op dezelfde schaal.



Figuren 60. Twee kaarten van de breuklijnen. Links de 5 grootste schokken tot 2012.

<u>Links</u> Dit KNMI-NAM kaartje uit 2014 toont de grootste breukvlakken toen bekend. De rode nummers zijn de locaties van de grootste schokken tot 2012. Deze liggen net ten zuiden van het gebied met de hoogste porositeit. (rode gebied op rechter kaartje en de gemeente Loppersum). <u>Rechts.</u> Breuken en porositeit van de Slochteren (gas) gesteentelaag. In totaal ongeveer 1700. Bron: TNO en Dost 2014, figuur 2.19.

5.5. De geologische kenmerken van de zandsteenlaag

<u>De locatie van de breuken.</u> Het ongeveer 200 m dikke zandsteen vertoont veel breuklijnen (verticaal of iets schuin), maar deze komen in het bovenliggende dikke taaie Zechstein niet voor.[xlvi] In het steenkoolachtige Carboon onder het zandsteen komen slechts enkele breuken voor. Onder het Carboon ligt het nog dikkere Devoongesteente met nog minder breuken erin. Bij gasextractie zal het gas eerst uit het gebied tussen de breukvlakken geperst worden, terwijl de doorstroming bij de meeste breukvlakken misschien iets minder snel zal zijn.[239]

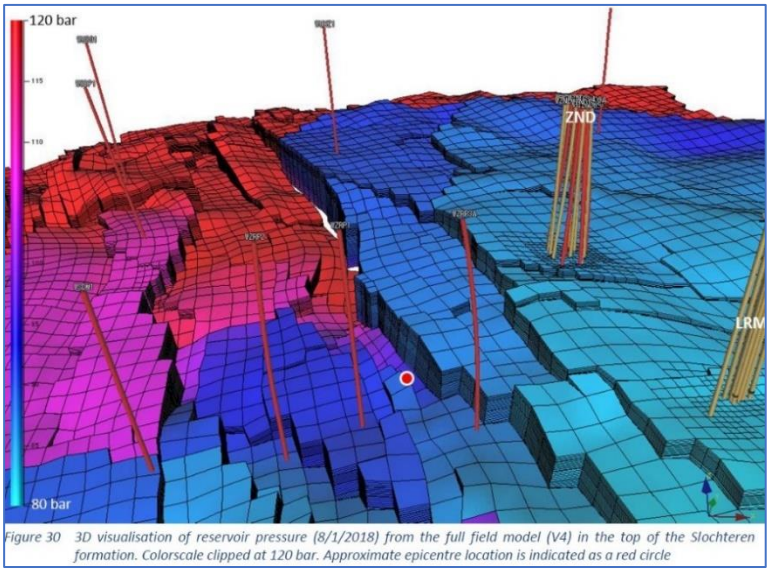


Figure 30 3D visualisation of reservoir pressure (8/1/2018) from the full field model (V4) in the top of the Slochteren formation. Colorscale clipped at 120 bar. Approximate epicentre location is indicated as a red circle

Figuur 61. Clusters boorleidingen in het gasveld met weergave van de grootste breuklijnen.
De rode punt is aardbeving van 8-1-2018 te Zeerijp. Dit is een 3D weergave van de drukverschillen in het reservoir en langs de breuklijnen. Van NAM-website. Blauw is lage druk, rood is hoge druk.

Sonaropnames van de gronddoorsnede laten zien dat het er weinig volledige scheidingen in de zandsteenlaag aanwezig zijn. Daarom zal de gasdruk zich constant blijven nivelleren en is het maken van putten of boringen overal in het gasveld minder relevant. Het aantal bestaande putten (meer dan 300) garandeert dat uit het hele gasveld snel gas kan worden gewonnen.

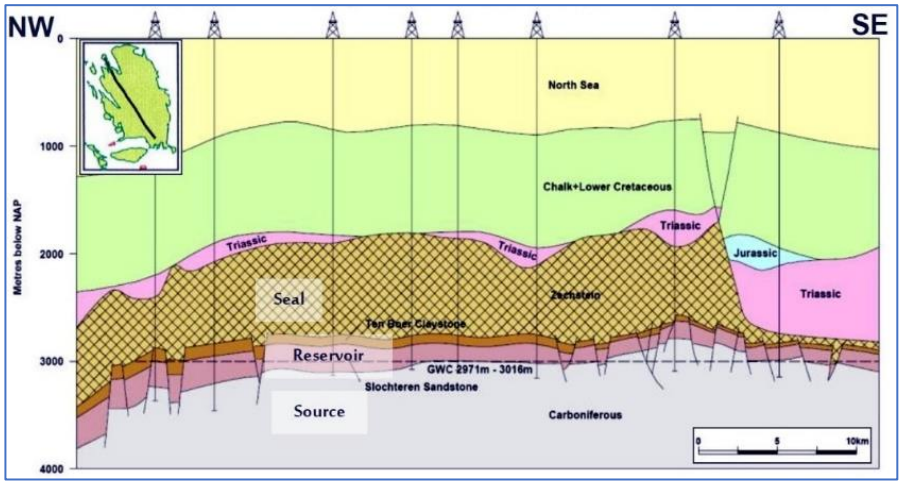
1. Wanneer er boorleidingen in een zandsteensectie tussen twee breuklijnen aanwezig zijn, zal de gasdruk in het gedeelte met boorleidingen sneller dalen dan in andere gedeeltes zonder de boorleidingen (aangenomen dat de breukvlakken de doorstroming verminderen). Het taaie zoutsteen geeft nauwelijks mee. Hierdoor ontstaat er een verhoogde druk aan de kant naast de breuklijn waar geen gas wordt onttrokken. Het gas stroomt wel door de breukvlakken heen, maar langzamer dan waar er geen breukvlakken zijn.

[239] Uit de verschillende NAM-documenten kan niet worden opgemaakt dat de doorstroming van het gas door de breukvlakken minder is als verderop in het zandsteen. Als die doorstroming nauwelijks verhinderd wordt, dan zal er ook minder drukverschil tussen de naastliggende secties optreden en dus geen verticale verschuivingen langs de breukvlakken, maar alleen compacties in de gebieden tussen de breukvlakken.

2. Wanneer de interne gasdruk in de sectie met de boorleiding verder daalt, en daarmee de compactie daar vergroot, wordt de druk op het andere gedeelte zonder boorleiding verhoogd, en zal dat langs de breuklijn verticaal een stukje indrukken (instorten).[240]
3. Bij het voortzetten van de gaswinning in het gedeelte met de boorleiding herhaalt zich het proces. De snellere compactie van het gedeelte met de boorleiding gaat verder met kleine schokjes. Er ontstaan dus dan ook veel meer kleine schokjes over een breder gebied.
4. Hoe meer boorleidingen er in alle zandsteensecties tussen de breuklijnen zitten, hoe minder drukverschillen er zullen optreden, en dus minder aardbevingen. Wanneer het gas minder snel wordt onttrokken[241] zal de gasdruk zich beter kunnen nivelleren en zal er meer tijd tussen de schokken zijn. Het Devoongesteente, met de dunnere Carboonlaag (steenkool) komt in deze situaties niet omhoog.

5.5.1. Gelijktijdig instorten van het hele veld

In de relatief dunne zandsteenlaag (0,2 km) onder het dikkere Zechstein (1 km) hebben grotere bevingen die in het centrum plaatsvinden weinig te maken met bevingen die 10 km verderop plaatsvinden.[242] Het gasveld meet ongeveer 50 km van noordwest (NW) naar zuidoost (SE). Bij een breedte van het gasveld van 50 km, en een dikte van ongeveer 0,2 km van het Rotliegend, is de breedte-dikte verhouding dus 50 : 0,2 = 250 : 1.



Figuur 62. Doorsnede van NW naar ZO van het gasveld met verhouding lengte: hoogte = 1: 6.

De bovenstaande figuur van de doorsnede van de Groningse bodem heeft een lengte : hoogte verhouding van 1: 6. Dit is een vertekening van de echte verhoudingen. Bron Figuur B1, Aanvraag Gewijzigd Winningsplan november 2013. Het gelijktijdig instorten van een laag kan alleen wanneer de breedte/dikte verhouding van die laag ongeveer 2 : 1 bedraagt. De Groninger zandsteenlaag is 0,2 km dik. De maximale breedte van een stuk (partitie) dat in één keer geheel kan instorten is dus 0,4 km.

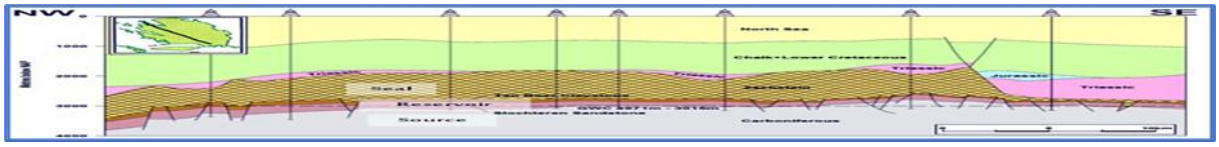
---

[240] Belemmering van de doorstroming kan ontstaan wanneer er een grote verticale verschuiving/sprong in de zandsteenlaag is, waardoor plaatselijk de hoogte van het doorstroomgebied kleiner is. Dit wordt duidelijk weergegeven in de blauw-rode figuur 60, maar is niet zo duidelijk in andere doorsnedes.

[241] Dit is een belangrijke maatregel om zowel de sterkte van de schokken te verminderen als om de periode tussen de schokken te verlengen. Deze maatregel werd sinds 2015 toegepast.

[242] Trillingen van de bevingen worden wel in de zandsteenlaag doorgegeven en zullen stimuleren dat in de hele zandsteenlaag andere kleine zettingen of verzakkingen gaan voorkomen. De verschillende bevingen zijn niet allemaal in eenzelfde locatie, maar in allemaal aparte secties. Het reservoirgesteente werkt niet als een geheel.

De totale oppervlakte van het Groningenveld dat ineens kan instorten is dus 0,4 km x 0,4 km. [xlvii] Voor het Groninger gasveld met een oppervlakte van 160 km^2 komt het oppervlak dat in een keer kan instorten op slechts 0,4 x 0,4 km^2 = 0,16 km^2. Dat is dan 0,1% van de 160 km^2 of 1/1000.



Figuur 63. Dezelfde tekening als boven, maar nu met lengte : hoogte verhouding 1:1.
Door de 1:1 schaal komen de breuklijnen uit de voorgaande tekening iets schuiner te staan. In het linker gedeelte is veel grondwater aanwezig. Dat kan voor smering zorgen.

Het is dan ook niet verbazingwekkend dat het TNO stelt dat de partitioning-coëfficiënt voor het Groningsegasveld niet 100 = 100%, maar 10^{-3} wat neerkomt op 0,1%. De vrijkomende energie is volgens het TNO dan ook 1/1000 van de energie die zou vrijkomen als het hele gasveld ineens zou inzakken. Een aardbeving met 1/1000ste energie betekent dat de magnitude van die aardbeving Mw 2 minder is. Dat wil zeggen geen maximale Mw 5,6 maar Mw 3,6 (= Huizingebeving).

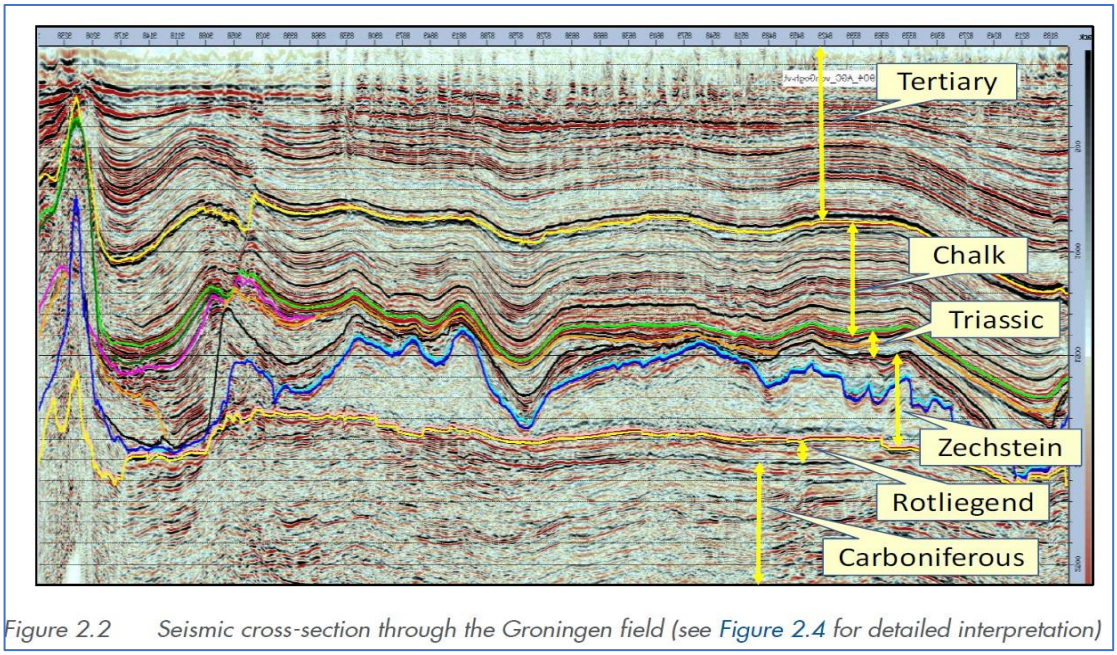


Figure 2.2 Seismic cross-section through the Groningen field (see Figure 2.4 for detailed interpretation)

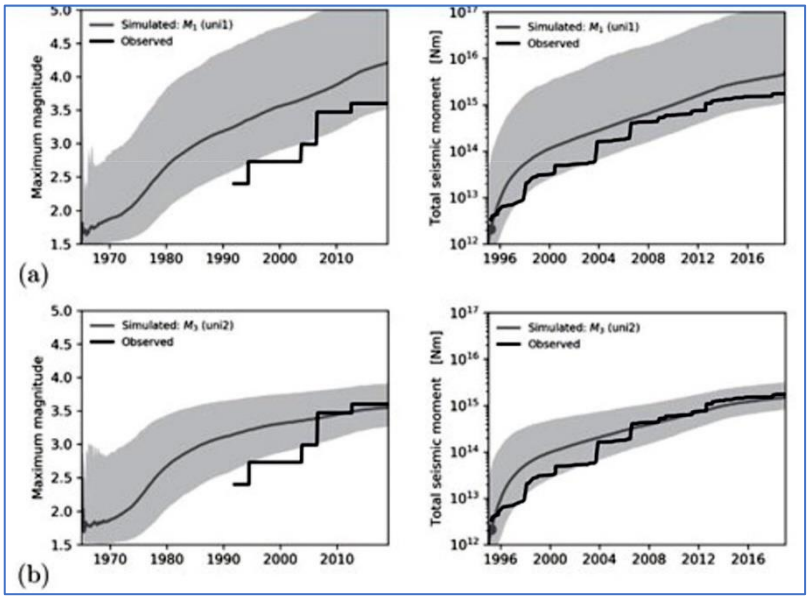
Figuur 64. Sonar analyse afbeelding van de doorsnede.
De doorsnede tekening op de vorige pagina (figuur 61) is gemaakt als interpretatie van deze (figuur 63) sonaranalyse. [243] *en* [xlviii] *Op deze sonarinterpretatie zijn geen scheuren in het Rotliegend te zien.*

De NAM wilde anno 2013 geen zeewater gebruiken als druknivellering vanwege het smeereffect, waarvan men veronderstelt dat het de bevingen zou doen toenemen zoals het geval bleek in de USA (zie het boek van Sam Gerrits '*De aarde en het gas*'). Echter, met de eventuele smering zullen er eerder/vaker bevingen komen, waardoor ze ook minder groot zouden worden. Water kan de verticale slip tussen de secties faciliteren als een soort smeermiddel. Hierdoor zullen de verschuivingen (bevingen) eerder plaatsvinden en daardoor niet extreem groot worden.

[243] Afbeeldingen uit: document geology_of_the_groningen_field_an_overview.pdf van Jan de Jager met abeeldingen uit NAM-research bronnen. https://www.researchgate.net/publication/322565129_Geology_of_the_Groningen_field_-_An_overview/figures?lo=1 .

In het aangepaste Winningsplan 2013 wordt aangegeven is dat men met de berekeningen op basis van een 2D model ervan uitgaat dat er een slip (horizontale verschuiving door elastische rebound) kan ontstaan van wel 0,5 m die in een Mmax van 6,5 zou kunnen resulteren.[244] Zoals hiervoor is aangegeven is dat onmogelijk. Het Groningerveld heeft een partitie-coëfficiënt van 0,1%, waardoor hooguit 0,1% van het veld in één keer kan instorten. Dat in één keer compacteren wordt echter wel zo aangenomen In het Technical Addendum Winningsplan 2013 wordt niet met de partitiecoëfficiënt gerekend. Het TNO 2013 R11953 eindrapport [vi] geeft deze fout aan (pagina 7 onderaan). De berekeningsmethode van de NAM (KNMI) waarin gesteld wordt dat het hele reservoir in een keer kan instorten **klopte dus niet**.[245]

In het document van S. J. Bourne en S. J. Oates[xlix] (pagina 24) wordt een grafiek getoond van de vroegere en huidige (2020) schattingen en werkelijke waarden van de aardbevingen.



Figuur 65. Grafiek met schattingen van aardbevingen.
De grafieken laten zien dat de simulaties van de pre-2010 te verwachten Mmax aanzienlijk hoger waren (zwarte getrapte lijnen) dan de werkelijke waarden. De onderste grafiek rechts is de meest nauwkeurige, maar geeft ook aan dat de Mmax tegen 2020 waarschijnlijk al niet meer boven de 3,8 uitkomt. Zoals in het voorafgaande uitvoerig aan de orde is geweest, kan de Mmax nooit voorkomen. Zie bijvoorbeeld paragraaf 1.1. ad 1.

Bovendien zij er gedurende 2013 al veel verschillende berekeningen gemaakt op basis van bekende tektonische principes voor de schatting van de sterkte van de aardbevingen. Omdat men alles niet precies[246] wist werden er ruime onzekerheidsmarges toegepast die de theoretische mogelijke, maar in de praktijk dus de onmogelijke Mmax aanzienlijk verhoogden.

---

[244] In het Technical Addendum Winningsplan 2013 (pagina 19), bij Eindnoot [V]. Hierbij gaat men er kennelijk van uit dat er door opgebouwde drukverschillen plotseling een verschuiving zal plaatsvinden met een forse horizontale component waarbij het hele gasveld (zandsteensectie) een halve meter opschuift in horizontale richting, resulterend in een schatting van een maximale sterkte van Mw 6,5. Kennelijk is het model van tektonische aardbevingen aangehouden.
https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-537293.pdf

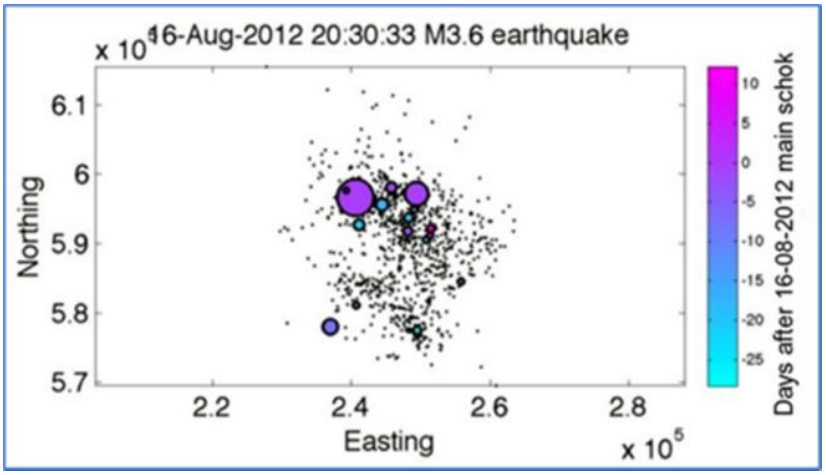
[245] Prof. Ian Main gaf nota bene al in het Technical Addendum Winningsplan 2013 (pagina 18) aan dat een hoog aspect ratio van het zandsteen van 200:1 (40km : 0,2km) niet kan leiden tot een gelijktijdige breuk over het hele reservoir. https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-537293.pdf

[246] Dit '*niet precies weten'* is een rekbaar begrip. Door dit zo te stellen werd een slag om de arm gehouden en extra onzekerheidsmarges ingebouwd. In 2020 stellden S. J. Bourne en S. J. Oates dit ook.

5.5.2. De na-schokken

Door de gasdrukverlaging ontstaan verhoogde drukspanningen in het zandsteen waarbij schokken en de trillingen veel verderop andere schokken kunnen genereren. Dit wordt geïllustreerd door de zeer nauwkeurige metingen van de NAM en de KNMI die de kleine schokken aangeven voorafgaande en volgend op de dubbele beving van 16 augustus 2012 te Huizinge. Deze dubbele schok wordt aangegeven door de grote paarse cirkels en een paar kleine als bij-trillingen. De figuur betreft bijna het hele gasveld over een doorsnede van 30 km.

Bijna een maand voorafgaand aan de Huizingebeving bleken er al een vijftal kleinere bevingen te zijn geweest, aangegeven door de veel kleinere groene cirkels in de volgende grafiek. Dat zijn schokken die niet goed voelbaar zijn voor de mensen, zeker niet als ze in beweging zijn, maar mogelijk wel invloed hebben op de gebouwde omgeving. Na de grotere inzakking in de locatie van Huizinge vonden er nog veel meer kleine inzakkingen plaats, sommige op meer dan 10 km afstand van Huizinge. Dit is het effect van de dikke stijve en taaie Zechstein plaat erboven.[247] en l



Figuur 66. Detailmetingen voor en na de Huizinge 2012 aardbeving in de hele provincie.
De Huizingebeving is paars en op dag 0 (gekleurde tijdschaal 2x). De voorafgaande bevingen zijn groenblauw en hebben negatieve getallen (eerdere dagen) en nakomende bevingen rood (de meeste). De cijfers Northing *en* Easting *zijn noord en oost kaartcoördinaten. De afstand tussen de coördinaten 2.3 tot 2.6 Oosterlengte ≈ 30 km. Zie ook de figuren 40 voor de overzichtskaart. Bron KNMI.*

Deze gedetailleerde schokkenregistratie laat zien dat er veel schokken (kleine compacties) zijn, die voorafgaan aan de grotere beving en ook het indirecte resultaat zijn van de grotere beving te Huizinge. Na de beving zijn er veel meer kleine naschokken. Dit geeft aan dat na het instorten van één locatie, er na een poosje een verder naastliggende locatie ook inzakt, over een kleinere hoogte dus een veel lichtere beving.

---

[247] Het NAM-rapport: Seismic Hazard and Risk Assessment Groningen Field update for Production Profile GTS-schatting van 2020 March 2020. *Par 4.2 "…..stress arching is nearly absent above the Groningen field and therefore it is assumed in this study to neglect salt creep."* Het hele Zechstein reageert niet als een stijve enkele vlakke plaat. Na elke inzakking (bij een breuklijn) ontstaan er nieuwe spanningen in het Zechstein boven de randen van dat onderliggende gebiedje. Het is mogelijk dat in het Zechstein dan kruip ontstaat (langzaam), waarbij door de druk van het Zechstein op de hogere randen in het Rotliegend (ontstaan door inzakking ernaast) op de lange duur verlaagd wordt. Dit is echter een proces dat jaren vergt.

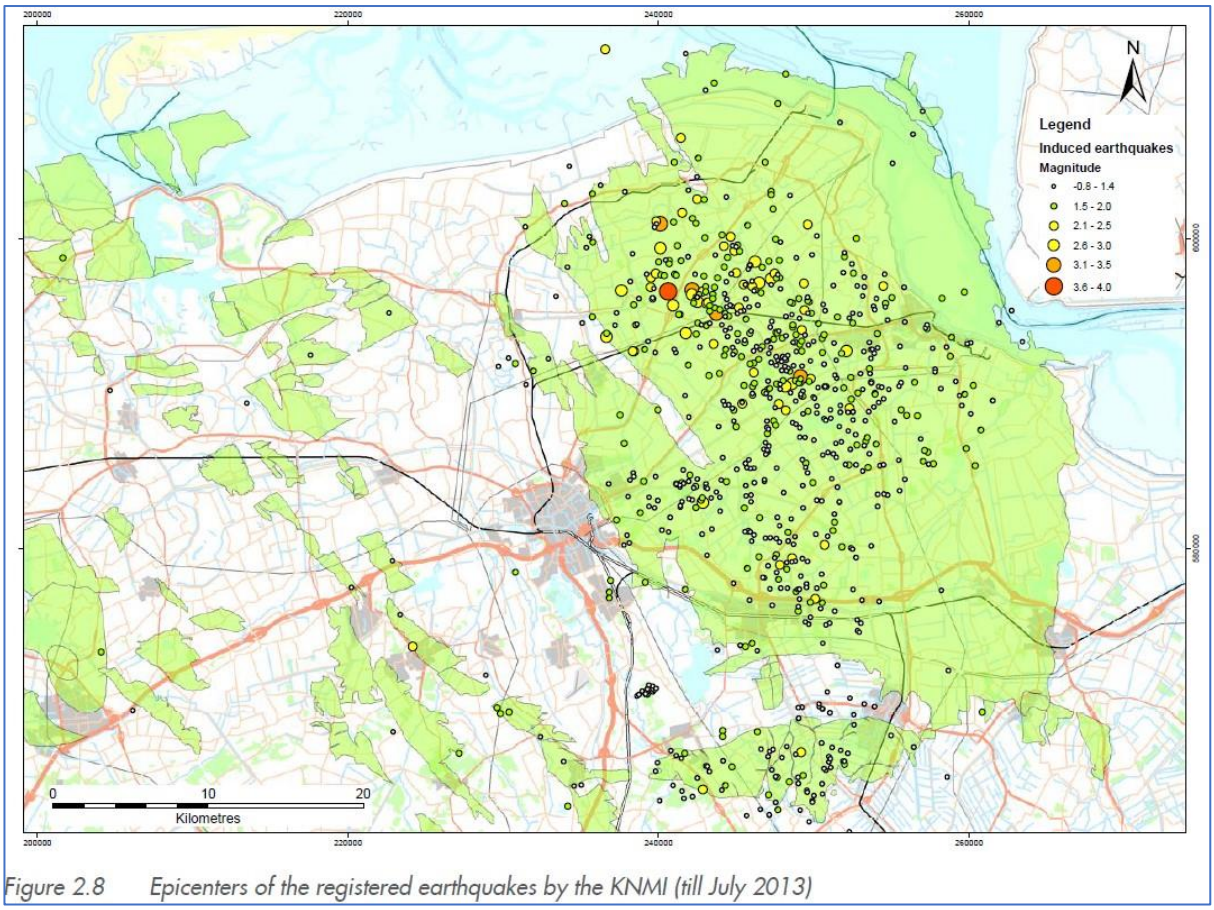


Figure 2.8 Epicenters of the registered earthquakes by the KNMI (till July 2013)

Figuur 67. Overzicht van de epicentra tot juli 2013. Bron KNMI.
Op deze kaart uit 2013 is te zien dat de epicentra niet noodzakelijk óp de breuklijnen liggen, maar ook ernaast en midden in de secties tussen de breuklijnen. Er is wel een concentratie langs de Lauwerszee Through *die vanuit het noorden (Schiermonnikoog, midden-boven in de kaart) schuin naar het zuidoosten loopt.* https://www.nam.nl/feiten-en-cijfers/interactieve-kaart.html .

Wanneer men (1) het druk-nivellerende aspect van de Zechstein laag niet meeneemt, of (2) het partitioning-effect fout heeft, en (3) de Gutenberg-Richter-constante verkeerd interpreteert, en (4) de berekeningen doortrekt tot ná het einde van de gaswinning, en (5) extra onzekerheidsmarges (risico's) toevoegt, dan krijgt men de hele hoge prognose van Mw 6 of zelfs Mw 6,5. Dit is dan de feitelijk ook de onmogelijke Mmax. Wanneer daar via hazardberekeningen een PGA aan gekoppeld wordt is die ook veel te hoog, zoals in de eerste NPR 9998:2014 met PGA 0,42g. Ook zoals in de tweede NPR 9998:2015 met PGA 0,36g. In de expert Workshop van Schiphol 2016 wordt dan ook geponeerd dat de Mmax waarschijnlijk niet groter wordt dan Mw 5. Anderen stellen later dat de Mmax niet groter wordt dan Mw 4,5. Echter, andere experts van de Workshop geven aan dat die Mmax wel Richter 7 kan worden, maar die waarden zijn niet (of nauwelijks) meegenomen in de PGA-berekeningen

5.6. Het instorten/verkruimelprincipe van het zandsteen

Het compactiemodel is te vergelijken met het indrukken van een laag beschuiten (200 m dik reservoirgesteente) onder een stijve, dikke, taaie, zeer traag vervormbare plaat (1 km dik Zechstein). Dus vijfmaal zo dik als het reservoirgesteente. De sterkte van het zandsteen plus de gasdruk dragen samen de ongeveer 670 bar druk van de grondlagen. Wanneer de druk van het gas afneemt komt er een groter gedeelte van de druk op het zandsteen. Wanneer de elastische weerstand van zandsteen overschreden wordt stort het in. Dat kan vanwege de poriën.

Het dikke en taaie Zechstein zal plaatselijk nog een periode onder spanning staan totdat de door andere naastgelegen inzakkingen de hoogteverschillen in het zandsteen genivelleerd zijn.[248]

Analogie tussen de zandsteenlaag en een laag beschuit.

Wanneer men slechts op één plek op de taaie dikke plaat drukt (omdat er op een plek minder gas tegendruk ontstaat door de boorput die de gasdruk verlaagt), zal onder dat drukpunt de plaat langzaam vervormen en de beschuiten onder die plaats van de grootste drukkracht (laagste gasdruk) eerst een beetje verkruimelen en dan vrij plotseling instorten. Door die instorting wordt de gasdruk in dat gebied mogelijk plotseling tijdelijk iets verhoogd waardoor de instorting iets afremt (schokbreker). Deze afremming heeft mogelijk een iets verlagend effect op de PGA in vergelijking met een vrije val en een harde stop. De sterkte van de PGA kan dus iets gelimiteerd worden door de gasdrukverhoging tijdens die instorting. In de rapporten is daar niets over te vinden.

Wanneer men zwaarder door blijft drukken (meer gas onttrekken, dus een groter gedeelte van de bovendruk komt op het zandsteen), dan zal de laag beschuit over een breder gebied rondom het eerste gebiedje gaan verkruimelen en de taaie plaat zal daar dan ook iets lager komen te liggen (bodemdaling). Echter, omdat door de eerste instorting in het boorgatgebied de gasdruk iets werd verhoogd, zal in het gebied rondom dat boorgat het verschil in gasdruk iets kleiner zijn en daardoor de compactie en de schok iets minder groot.

Vanwege de ondiepe ligging van het hypocentrum in de zandsteenlaag (3 km) is elke keer het epicentrum met de hoogste PGA ook op een nieuwe locatie. Gebouwen die eerder een schok hebben gehad in het epicentrum, krijgen daarom meestal pas over een paar jaar een extra schok, maar met een lagere PGA dan een verderop gelegen epicentrum.



Figuur 68. Het reservoirgesteente voorstellen als een laag beschuit.

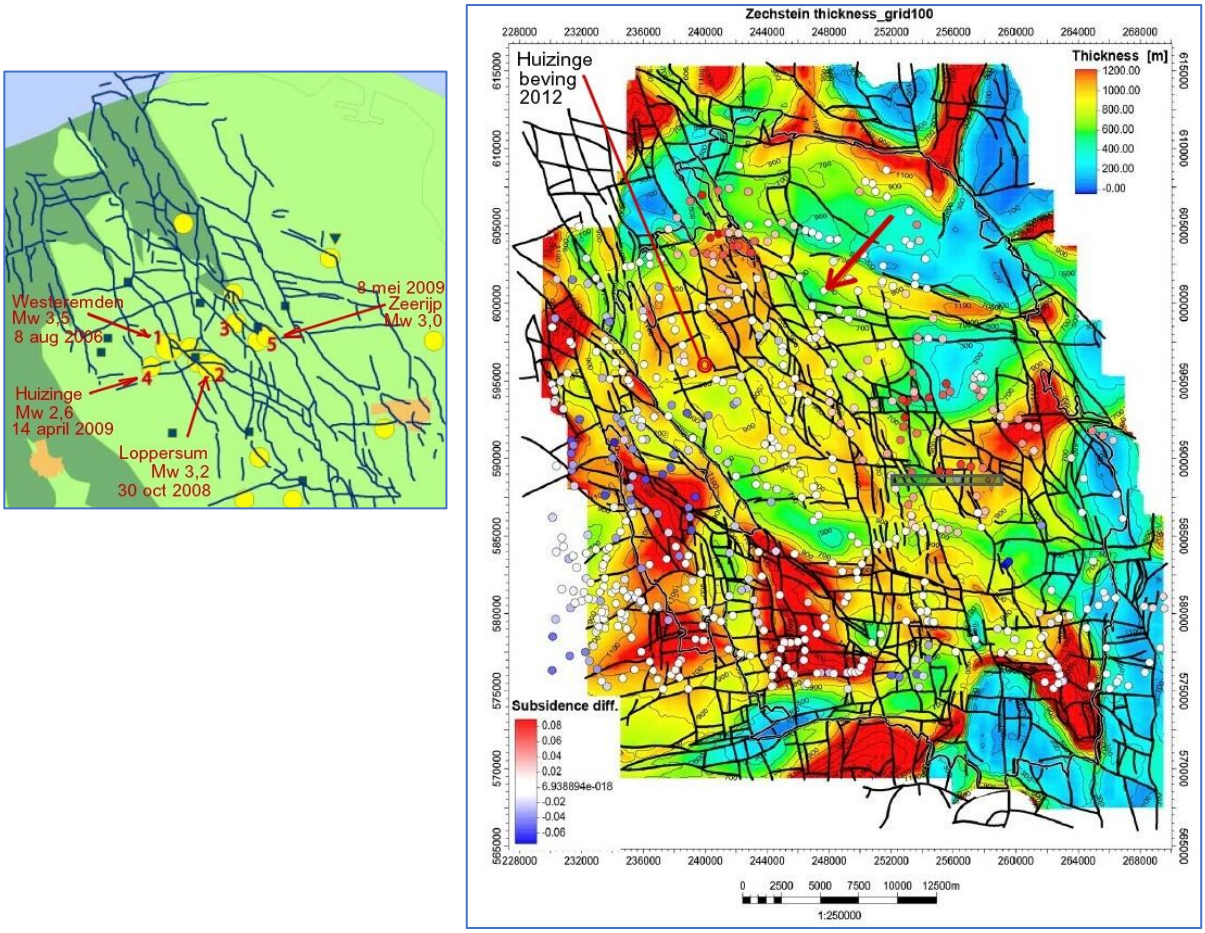
[248] Afhankelijk van de productiesnelheid en de gasdrukverlaging kan die kruip (langzame vervorming) 3 jaar voortduren. (TNO-rapport 2013 pag. 81)



Figuren 69. Zandsteen formaties en microdetails van het Rotliegend.
Boven. Foto van een 250 m boven het landoppervlak uitstekende dikke zandsteenformatie (Australië), waarin grote en kleine locaties zitten die vele gaten hebben. Het is waarschijnlijk dat zoiets ook zo is in het Groningse reservoirgesteente, behalve algemene verschillen in porositeit (gemeten 15% - 20%). Plaatselijke verschillen kunnen aanleiding geven tot een plaatselijk sneller inzakken dan hun omgeving. (E.f.)
Links. Microscopie-afbeelding van de zandsteen uit het Groninger gasveld. Het gas zit opgeslagen in de poriën – de donkere delen. Het zandsteen bestaat voor 15% tot 20% uit poriën, waarin zich methaangas bevindt (CH4). Elke zandkorrel is bedekt met een kleirand. Foto: Bart Verberne.[li]
https://www.newscientist.nl/nieuws/minder-energie-voor-groningse-aardbevingen-door-samengedrukt-zandsteen/
Rechts. Gedeelte met iets grotere porositeit. Microfoto: 250 µm (mu) = een-vierde mm. Bron. NAM. Toelichting Resultaten Mmax workshop Assen juli 2016.

5.7. De variabelen in de dikte van het Zechstein

Er zijn meerdere factoren die meespelen bij het ontstaan van de zwaarste aardbevingen. Ten eerste blijkt uit de vele metingen van de diepe ondergrond in Groningen blijkt dat niet alleen het Rotliegend naar de zijkanten dunner wordt, maar dat ook de dikte van het Zechstein sterk verschilt met langs de randen hoge pieken en in het centrumgebied dunnere plekken van ongeveer 200 m dik.



Figuren 70. Dikteverschillen in het Zechstein in meters.
Links. De grootse bevingen tot 2009. Rechts. De dikteverschillen van het Zechstein zijn aangegeven volgens de kleurschaal rechtsboven. Hieruit is te zien dat langs de randen van het Groningse veld het Zechstein het dikste is (ca. 1200 m, rood) en in het epicentrumgebied van de provincie Loppersum 600m tot 1000m (geel - oranje). Bij de rode pijl is het Rotliegend ongeveer 600 m dik.

De grootste porositeit ligt ten noorden van Huizinge en ten westen van Loppersum (*zie kaart figuur 59, porositeit Groninger veld*). Daardoor heeft het de eerste grootse bevingen (no's 1,2 en 4). Het dikteverschil tussen berekende en gemeten bodemdaling (in meters) wordt aangegeven door de kleine cirkels (kleur schaal links onder). (uit: TNO, 2013). Bron: PIAHS [lii]

Daar waar het Zechstein het dikste is (donkerrood) komen relatief weinig (zware) bevingen voor. Dit geeft aan dat het dikke Zechstein bevingen voorkomt. Met de rechterkaart van de figuren 59 kan ook gesteld worden dat de bevingen niet direct in het meest poreuze gedeelte voorkomen (zuidwest). Er liggen verschillende boorputten in de buurt van de punt van de rode pijl. De boorputten, waar de druk in het Rotliegend het laagste is liggen dus meerdere kilometers buiten de Huizinge-locatie.

5.8. Variabelen in het compactiemodel

Het geschetste compactiemodel heeft verschillende variabelen vanwege:

1. Verschillende diktes en porositeit (15%-20%) van het zandsteen reservoirgesteente (Kaarten figuren 59 en 69). Ten noorden van de gemeente Loppersum is de zandsteenlaag het dikste. De porositeit in de bovenste zandsteenlagen is daar gemiddeld het grootste vergeleken bij andere regio's.[249]
2. De porositeit is het grootste in het noordoosten van het veld langs de kust en het laagste bij Bedum (midden-west). Bij de hoogste porositeit zal daar de compactie het grootste zijn.[250] Uit de breukenkaart blijkt echter niet dat daar de grootste aardbevingen voorkomen, dus daar komt vooral elastische compactie voor.
3. Het Zechstein heeft grote dikteverschillen, met zelfs een paar pieken die tot dicht aan het aardoppervlak uitkomen, zoals de plaatsen waar zoutwinning plaatsvindt. De hoogst liggende lege zoutkoepels (Drenthe) worden gebruikt als gasopslag in de zomer.
4. De grootste bevingen vinden niet plaats direct rondom de boorputten.
5. De gasextractie was niet overal even snel waardoor er drukverschillen optreden. De NAM probeerde na 2012 wel om deze drukverschillen zo klein mogelijk te houden door nivellering.[251] Na 2015 werd hoofdzakelijk uit de zuidelijke helft van de provincie gas gewonnen, waarbij er plaatselijk juist een verhoogde gasproductie was. Hier komen sindsdien dan ook meer aardbevingen voor. [252]

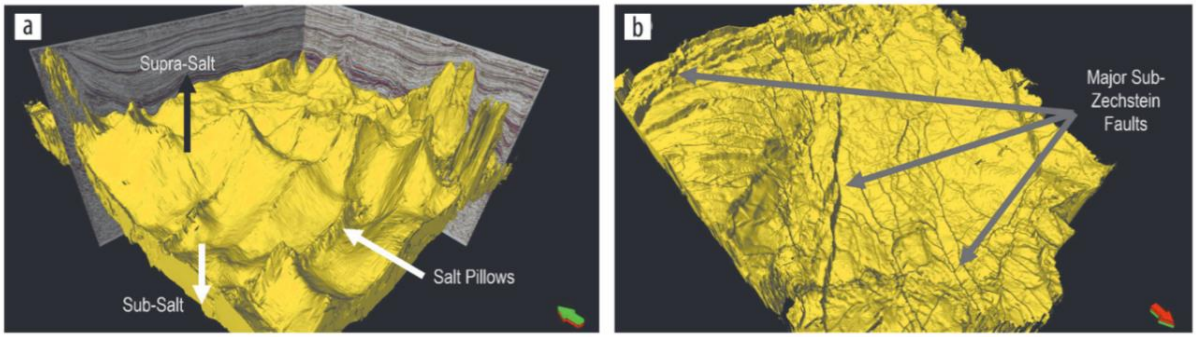


Figure 6. (a) Top and (b) bottom view of the predicted 3D salt body, which clearly shows the distribution of multiple salt pillows and the distortion by the complex fault network below the Zechstein salt.

Figuur 71. 3D weergave van de onregelmatigheid van het Zechstein.
De hoogteschaal vertekent het beeld, [liii] *Er zijn wel grote verschillen. Bron: GeoScienceWorld= SEG library.*

6. Aan twee zijden van de breuklijnen in het zandsteen ontstaan drukverschillen vanwege de verminderde permeabiliteit van die breukzones. Hoe groter de compactie van het zandsteen wordt, hoe kleiner de permeabiliteit van het zandsteen omdat de poriën worden dichtgedrukt.

---

[249] De porositeit is het gevolg van de ontstaansgeschiedenis van het opsluiten van het zandsteen door de TenBoer-laag en de zoutlaag. Zoals (methaan) luchtbellen direct onder het ijs in de bovenkant blijven hangen, zal ook het methaangehalte (dat uit de Carboonlaag naar boven komt) door de TenBoer- en Zechstein-afsluiting in de bovenste steenlagen het grootste zijn. Dit fenomeen zal de consequentie hebben dat na de elastische fase van de compactie, de eerste fase van de plotselinge (verkruimeling/inzakking) compactie groter is dan de latere fasen.

[250] TNO-AGE kaart figuur 2.15. Pagina 39.

[251] Dit betekent overal gelijke druk creëren. Vlakke productie betekent constant dezelfde hoeveelheid per maand aan een locatie onttrekken. Dit laatste kan wel weer grote drukverschillen opleveren.

[252] De aardbeving in Zeerijp (5,5 jaar na de Huizingebeving) is hier het gevolg van. Het commentaar van de NAM was: "*Dat was te verwachten".* Het is inderdaad nogal logisch dat op een locatie waar extra gas wordt gewonnen, nieuwe bevingen met een paar jaar vertraging optreden.

7. Door onder zeer hogedruk stikstofgas te injecteren langs de rand van het gasveld kunnen drukverschillen enigszins gecompenseerd worden,[253] omdat de netto druk dan minder daalt (evenveel stikstof erin als aardgas eruit).[254]
8. Elke schok kan andere schokken verderop in de provincie veroorzaken, omdat de schokgolven de kritische weerstand van het zandsteen (plus gasdruk) plaatselijk kunnen overschrijden. De aardbeving van Huizinge was in feite een dubbele schok, waarbij door de eerste direct een tweede schok veroorzaakt werd en deze samen als een beving aan het oppervlak werden gevoeld. Daarna bleef de grond en het gebouw natrillen.
9. Het Zechstein zal, afhankelijk van de dikte de compactie dempen, maar door de kruip (als die bestaat en waardoor het zeer langzaam vervormt) kunnen er voortdurend kleine compacties en bevingen blijven komen tot jaren na de grotere schokken.[255] De vertraging tot nieuwe bevingen naast het gebied van de eerdere Huizingebeving bleek uit de grotere aardbeving bij Zeerijp 5,5 jaar later (van augustus 2012 tot januari 2018).
10. Door het compactieproces zal de drukweerstand van het zandsteen plus die nieuwe maar lagere gasdruk de samengestelde druk ietsje verhogen. Daardoor zal de compactie in het naastliggende gebiedje ietsje minder zijn (en ook de schok bij instorting).
11. Naarmate de compactie voortduurt zal de druk op het zandsteen (met een beetje gas) steeds ongeveer 670 bar blijven, ook wanneer bijna al het gas eruit verdwenen is.
12. Vanwege plaatselijke verschillen tussen de compacties zal het Zechstein na het einde van de gasextractie nog voor een aantal jaren kruip vertonen. Dat kan vele kleine schokjes veroorzaken, die echter niet door de bevolking gevoeld kunnen worden en nauwelijks nog invloed zullen hebben op de gebouwde omgeving.

Quote uit conferentierapport van de Schiphol-Workshop [liv] van internationale experts in 2016 over de Groningen aardbevingen.

> *"Over de omvang en ernst van de seismische activiteit blijft flinke onzekerheid bestaan (vgl. de ruime bandbreedten in Fig. 8a,b,c), speciaal ten aanzien van de maximaal mogelijke aardbevingskracht Mmax, hierboven ingeschat op Mw = 4,0 à 4,5. Bij alle onzekerheid houdt de NAM in zijn Winningsplan (2016a) vast aan de al in 2015 gepubliceerde taxatie dat* ***Mmax*** *met gelijke kansen kan vallen tussen Mw* ***5,0 en 6,5****.*
>
> *Een onafhankelijk internationaal panel van acht experts concludeerde eind april 2016, met ruime marge, dat de grootste aardbevingskracht voor het Groningenveld zeer waarschijnlijk hoger dan* ***Mmax = 4,0 en niet meer dan Mw 7,0*** *zou zijn (NAM, 2016b). Volgens de experts kon Mmax niet slechts worden afgeleid uit feitelijke aardbevingsregistraties (zoals hier via Figuren 7b, 10 en 11). Meegewogen werd dat aanwezige breukvlakken in het gasreservoir zich zouden kunnen voortzetten in naast- of onderliggende gesteentelagen. Ook werd gelet op enkele aardbevingen met Mw = 7,0 in het vergelijkbare Gazliveld in Oezbekistan (ca. 700 miljard m^3 aardgas)."*

---

[253] Er zijn voorstellen geweest om zeewater te gebruiken in plaats van stikstof, maar volgens de geologen (in 2013) zou dat de afschuiving tussen de zones versnellen. Dat is een vreemde redenering, want hoe eerder de afschuiving/schok plaats vindt langs de breuklijnen, hoe kleiner die afschuivingen zijn en dus ook de bevingen. Water zou echter de gasdoorstroming kunnen blokkeren, waardoor er minder (snel) gas gewonnen kan worden.

[254] Dit is over een periode gedaan. Het stikstofgas moet met een hele hoge druk in het gasveld geperst worden (aan de buitenrand), hetgeen veel energie vraagt. De NAM heeft meer dan 360 miljoen euro geïnvesteerd in een grote stikstoffabriek om van het hoogcalorisch gas uit Noorwegen en Rusland laagcalorisch gas te maken. De stikstofinjectie kan voor druk-compensatie dienen, waardoor er minder bevingen komen. Hoe meer gas er jaarlijks wordt gewonnen, hoe meer stikstof men dan jaarlijks zou moeten inpersen om compactie en bevingen tegen te gaan (25 injectieputten). Er zijn ook beweringen dat het effect van stikstofinjectie zich slechts beperkt tot over een horizontale afstand van slechts een paar km. Ook blijkt het dat met stikstofinjectie de gasopbrengst daalt. De stikstof moet ook weer uit het gas gehaald worden.

[255] Dit is de reden dat de directie van de NAM beweerde dat er in de toekomst nog steeds aardbevingen zullen blijven komen. Maar ze vertelden er niet bij dat deze minimaal zouden zijn en steeds kleiner.

Door in één alinea zowel van Mw 4,0 tot 4,5 én van Mw 5,0 tot 6,5 én van Mw 4,0 tot 7,0 te vermelden, wordt aangegeven dat men het niet echt weet en dat men wel een heel erg ruime marge aanhoudt, met een magnitude die 3 punten hoger is, dus 32.000 maal zo grote totale bevingsenergie. Voor de Richterschaal is dat ook drie punten en is dan een verschil van 1000x van de zwaarte tussen de Richter 4 of Richter 7, ook onbegrijpelijk.[256]

Bovenstaande quotes laten zien dat er verschillende wetenschappers waren die vasthielden aan de hele hoge theoretische schattingen, zonder dat men zich rekenschap gaf van de catastrofale schade die dat zou opleveren aan de woningbouw en dat zoiets sociaal of juridisch gesproken helemaal niet kan (in Nederland). Dat aspect werd totaal over het hoofd gezien. De sociaal-juridische-politieke wenselijkheid om grotere aardbevingen te produceren blijft hierbij onbesproken.

De beving van 8-01-2018 te Zeerijp met Mw 3,4 en PGA 0,11g^{lv} met meer dan 5.500 schademeldingen,[257] maakte aan deze discussie een einde en de Groningse gaskraan werd eerst bijna dichtgedraaid en in 2024 helemaal.

Op basis van tientallen of honderden jaren historische gegevens en observatie, kan men bij tektonische aardbevingen schattingen maken van de grootste magnitude die op een locatie kan optreden (de plaatselijke Mmax). Deze historische gegevens worden geordend, waaruit dan een wetenschappelijke conclusie gemaakt wordt. De wetenschap is in dit geval gebaseerd op de observatie van de Natuur in combinatie met logisch redeneren.

Dat is niet het geval met geïnduceerde aardbevingen; deze zijn nu en in de vorige eeuw door menselijk handelen ontstaan. Hoe sneller gas wordt onttrokken, hoe groter de bevingen. Het maken van een schatting van de maximale beving van geïnduceerde aardbevingen is dan te vergelijken met het (verkeerd) maken van een schatting van de ***maximum rijsnelheid*** *in het verkeer.*

De maximale rijsnelheid van het verkeer wordt bepaald door menselijk handelen en techniek, de infrastructuur, de wetgeving en de opvolging van die wetgeving. Terwijl er snelle auto's zijn die onder bepaalde omstandigheden wel 400 km/uur kunnen rijden, is dat geen maat voor de maximale verkeerssnelheid. Om te stellen dat er 400 km/uur gereden wordt en daar de wegen op aan te passen is irrelevant (zie tabel in de inleiding).

Om van geïnduceerde aardbevingen te stellen dat er een PGAg 0,4 of hoger kan komen, terwijl het duidelijk was dat de grens van PGA 0,1g niet mag worden overschreden, omdat er anders grootschalige gebouwschade in de provincie en stad Groningen zou optreden, is vergelijkbaar met het stellen dat de maximale verkeerssnelheid in een woonwijk wel 400 km/uur kan worden.



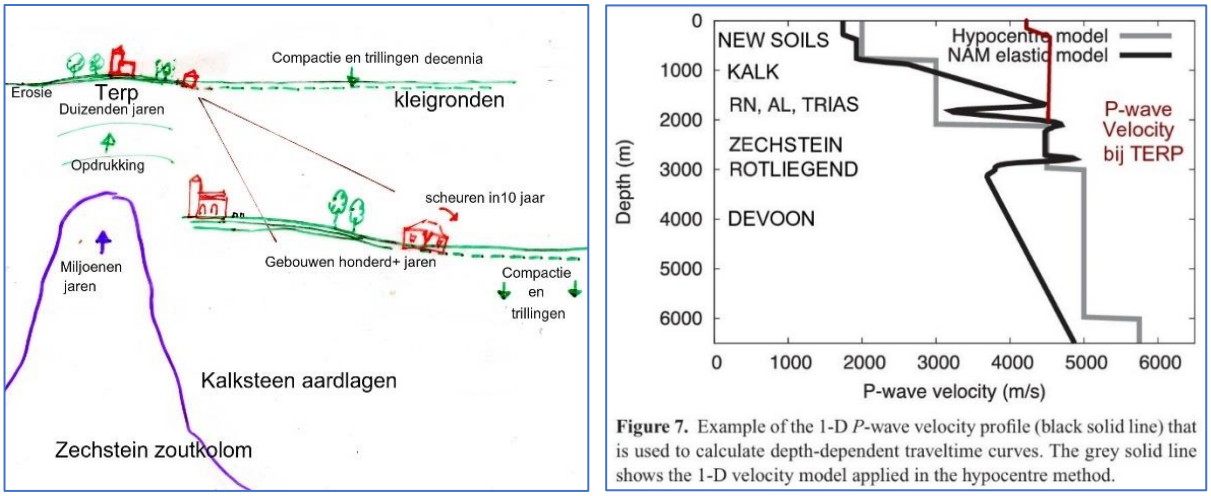
[256] Dat is zoiets als zeggen: "*We denken dat u wel extra kosten zal krijgen; die kosten ramen we tussen de 30 euro en één miljoen euro".*

[257] https://www.rtvnoord.nl/nieuws/189824/Aardbevingsnieuws-januari-2018-Beving-3-4-in-Zeerijp-en-nieuw-schadeprotocol

5.8.1. De Krewerd terp op een zoutkolom

De invloed van de hoge zoutruggen of -kolommen op het doorgeven van de bevingen is niet goed gedocumenteerd. Het Zechstein (zoutlaag) heeft een lager soortelijk gewicht dan het kalkgesteente of de gronden erboven. Op een paar locaties is het zoutgesteente daardoor langzaam omhooggekomen (plastisch vervormd/gedreven) in de vorm van kolommen en ruggen.[258]

Dat is een proces van miljoenen jaren, en drukte de kalksteen opzij en de bovenste klei- en zandgronden omhoog. Die opgedrukte grondlagen zullen dan aan de bovenkant eroderen en afvlakken. Echter, op de terp of verhoging ontstaat een andere begroeiing dan in de lagere, nattere gebieden die erosie tegengaat. Daardoor blijft een permanente verhoging in stand: een terp waar vaak al eeuwenlang mensen hebben geleefd. Afval verhoogde de terp verder. Overigens zijn de meeste terpen (wierden) door de mensen gemaakt als (vlucht-woon) heuvels tegen hoog water. [259]



Figuren 72. De terp en de verzakking langs de randen en rode lijn van P-golf snelheid.
Rechts. Uit metingen is gebleken dat de P-golf of V-snelheid in het Zechstein hoog blijft (rode lijn), waardoor de V-snelheid en de PGA aan het oppervlak ongeveer tweemaal zo hoog is als in de omliggende gebieden. Hierdoor zal de schade aan de bebouwing op en rondom de terp groter zijn dan ver daarbuiten.

Het kleine terpdorp Krewerd is een voorbeeld van een terp op een zoutkolom. De terp is duizenden jaren oud, terwijl de compactie door de gaswinning pas van de laatste decennia is. De compactie kan op en naast de terp ook invloed hebben op de scheefstand van woningen waardoor er twee speciale soorten gebouwscheuren kunnen ontstaan. Eén enkele cm ongelijke verzakking van de fundering zorgt zonder strokenfundering al een muurscheur op van 1 cm breed. [260]

---

[258] Wierden, die op terpen lijken ontstaan op een andere manier. Dit wordt in detail uitgelegd in het document Gas(t) in het landschap door Ing. M, (Michaël) van der Meulen, RUG, augustus 2021. Https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/

[259] Krewerd is een klein terpdorp dat sinds 2019 met een gezamenlijke aanpak van de woningschade is begonnen. https://www.building.nl/kennisplatform/kennisbank/veiligheid-en-versterken/integraal-plan-van-aanpak-experiment-krewerd
In het projectvoorstel wordt aangegeven dat er vier rekenmethoden zijn die variëren van 11.000 tot 100.000 euro per woning, op basis van de NPR 9998 (waarschijnlijk 2017). Belangrijk in dit initiatief is de gemeenschappelijke aanpak die mogelijk is bij een kleine maar hechte dorpsgemeenschap. Bij deze situatie is het niet elke keer een enkele woningeigenaar die een ongelijke strijd moet aanbinden met de schadevergoedingsinstellingen.
https://www.experimentkrewerd.nl/wp-content/uploads/2020/07/projectvoorstel-experiment-krewerd-01.pdf .

[260] Dat is een kritische schade die de structurele integriteit van het gebouw in gevaar breng. Fundering versterken of ondersteunen en het aanbrengen van verbindende vloerdiafragma's is dan een noodzakelijke optie.

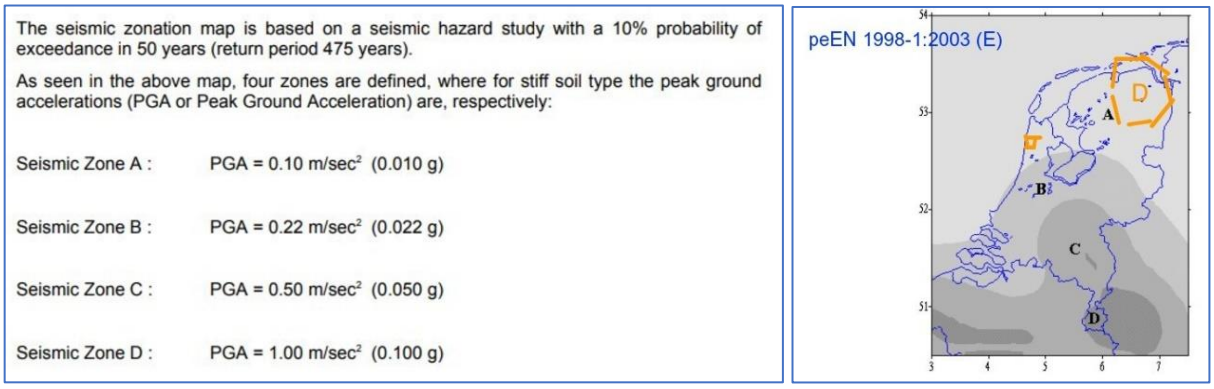
De eerste soort scheuren ontstaat in gebouwen óp de terp nabij de rand, wanneer de grond van de terp langs de rand inzakt. Hierdoor kunnen die gebouwen van boven af opensplijten (woningen zonder verbindend vloerdiafragma).
De tweede soort scheuren ontstaat in gebouwen die tegen/naast de terp staan. Wanneer de grond naast de terp relatief opgedrukt wordt kunnen woningen van onderen openscheuren. De meeste oude woningen hebben geen doorlopende gewapend betonnen strokenfundering.

In de diverse rapporten is niet aangegeven waarom er relatief veel aardbevingsschade op de terpen in het aardbevingsgebied was. Het kan bijvoorbeeld te maken hebben met dezelfde bouwstijl (ouderdom), dezelfde (slechte) aannemer die bouwde, of zelfs hetzelfde schade-inspectiebureau dat beter/anders beoordeelt, maar het is ook mogelijk dat het te maken heeft met het effect van de Zechstein-kolom onder het gebied.[261]

De effecten die zich langs de randen of boven op de terp kunnen voordoen, kunnen zich ook voorkomen langs de randen van het hele Rotliegend. Daar zal ook de scheefstand van gebouwen iets meer zijn dan in de centraal liggende gebieden van de provincie. Het uitsluiten van aardbevingsschade direct langs of voorbij de randgebieden van het Rotliegend is daarom niet correct (zoals de NAM in 2015 probeerde). De scheefstand vanwege komvorming (bodemdaling) is wel zo klein dat die scheefstand nauwelijks invloed heeft op de gebouwbelasting.

5.9. De NPR-kaartjes en de NEN-webtool

Het PGA-kaartje uit de Eurocode 8 van vóór 2012 sloot in sterkte aan bij de aardbevingszones van Duitsland en België die in de omgeving van de steenkoolmijnen in Zuid-Limburg PGA 0,1g aangaf, dus nog onder het niveau van de noodzaak voor seismisch versterken van metselwerk (PGA 0,2g).

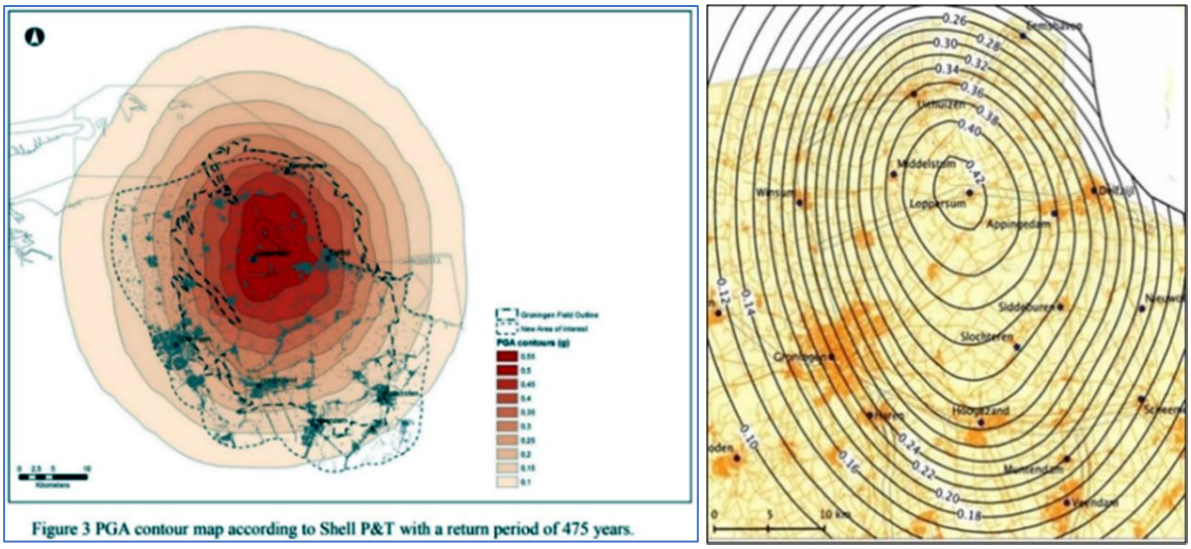


Figuur 73. Het peEN 1998-1:2003 (eurocode 8) kaartje van Nederland.
In oranje (D) de nieuwe bevingsgebiedendoor aardgaswinning ingetekend. Bron JRC-report.[lvi]

De Huizingebeving had een (verticale) PGA 0,085g met Mw 3,6. De Westeremdenbeving in 2006 had een PGA 0,06g en Richter 3,5.[262] Van Zeerijp in januari 2018 had een Mw 3,4 met PGA 0,116g. Hiermee viel Groningen en een stukje Noord-Holland (gasopslag bij Alkmaar) in de zone D. De zwaarste zone D volgens het kaartje van de eurocode 8 was in Zuid-Limburg met PGA 0,1g.

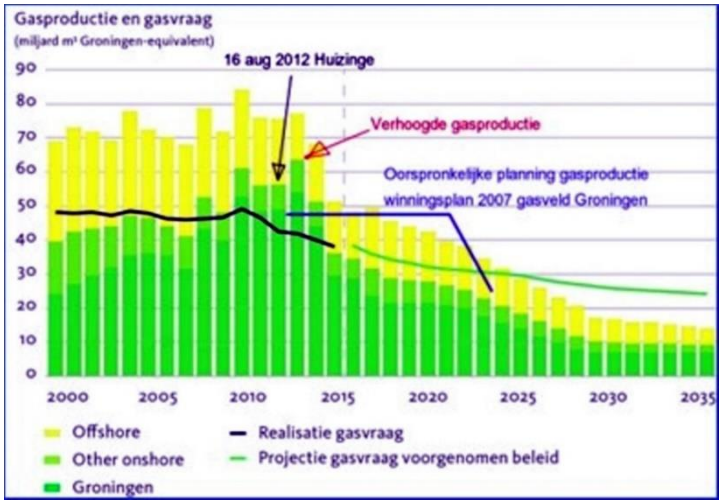
[261] In 2014 werd al aangetoond dat deze kolom daar zat en werd over de mogelijke effecten nagedacht.

[262] Waarschijnlijk is dit ook een verticale PGA omdat de KNMI de hoogste waarde aannam. De verticale compactie produceert daarom verticaal de hoogste PGA,



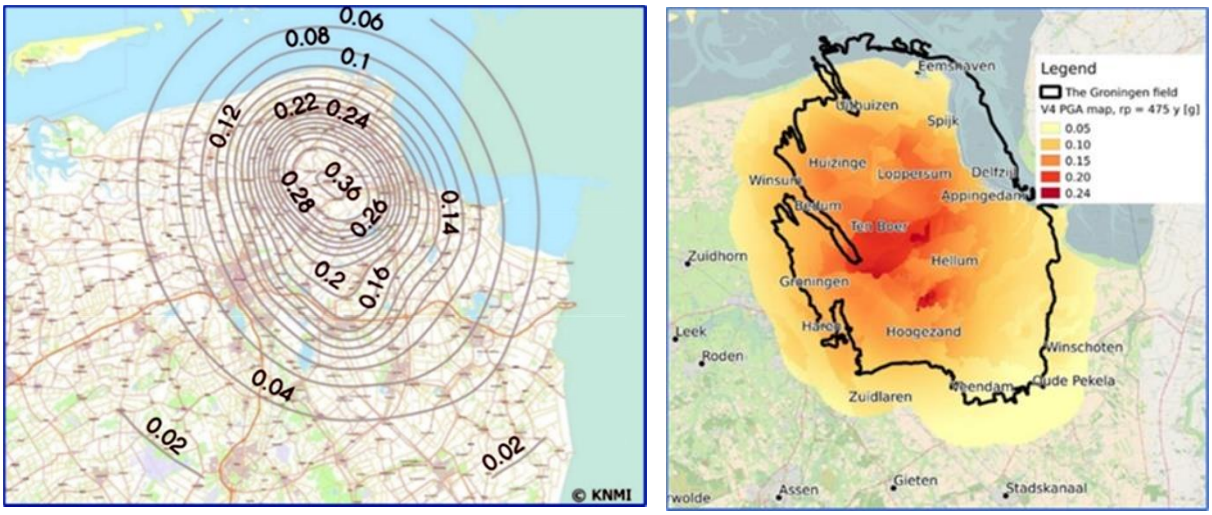
Figuren 74. Prognose PGA-max (horizontaal) van medio 2013 en eind 2014.
Links. In 2013 komt de afdeling Shell P&T opeens met de zeer zware prognose voor 5% kans van een PGA 0,55g voor de gemeente Loppersum met herhalingstijd van 475 jaar (jargon voor een 10% kans in 50 jaar).
Rechts. Dit kaartje werd door de KNMI geponeerd op basis van de (wenselijke) productiegegevens die door de NAM werden aangeleverd, met de continue en snelle exploitatie van het Groninger gasveld, het progressief oplopen van de compactie en daardoor het vergroten van de verticale schokken.

De waarde van PGA 0,42g suggereert een aardbeving van Mw kleiner dan 6 of meer dan 1000 X zo sterke magnitude als de eerdere NAM-prognoses van Mw 4 van vóór 2012.



Figuur 75. Grafiek gasproductie uit 2015 met verkoop naar het buitenland.
Deze grafiek geeft aan dat sinds 2010 tot 2013 de Nederlandse vraag uit het Groninger gasveld lager was dan de productie. Een steeds groter gedeelte van de productie werd sinds 1990 voor lage tarieven aan het buitenland verkocht. Bron NAM.

Er was geen overheidsplanning voor een duurzaam gebruik van de financiële opbrengst. Het Winningsplan 2007 gaf al aan dat na 2013 de gasproductie verlaagd zou worden.



Figuren 76. Nieuwe NPR PGAg contourenkaarten van 2015 en 2017.
Links. Voor de gemeente Loppersum is de (theoretische) Mmax tussen 2014 en 2015 herrekend van PGA 0,42g naar PGA 0,36g. Hier is de PGA al met 33% afgenomen. De te verwachten PGA heeft dan een 10% kans dat die eens in de 50 jaar overschreden kan worden. Bron: KNMI-datum. 16-10-2015. Rechts. Kaartje 2017.

De tussentijdse contourenkaart van 2016 is overgeslagen; deze gaf slechts een kleine verlaging. Ten opzichte van 2015 werd de 2017 kaart (rechts) pas een jaar later overgenomen door de ingenieursbureaus voor de berekeningen. Door de steeds veranderende en lagere PGA van de opvolgende contourenkaarten ontstond er wantrouwen onder de bevolking. De gedachte ontstond dat de NAM de kaarten aanpaste om minder te hoeven versterken.

Wanneer de gebouwsterkte eerst op een PGA 0,36g wordt beoordeeld zal de conclusie vaak zijn dan sloop en nieuwbouw vele malen goedkoper is dan seismisch versterken. Temeer omdat na het seismisch versterken en een dergelijke aardbeving het gebouw dan toch *total loss* is. Voor rijtjeswoningen zoals doorzonwoningen is dat erg relevant. Echter wanneer je de woningen beoordeelt op een PGA 0,24g zijn de versterkingskosten en de eventuele reparaties nog te overzien. Er wordt dan voor seismisch versterken gekozen.

Het effect was dat woningen die in 2016 uitgerekend werden op de lijst kwamen van sloop en nieuwbouw, terwijl woningen die eind 2017 uitgerekend werden (zelfde type in dezelfde straat) opeens ‘seismisch resistent’ waren en gerepareerd konden worden.



Figuren 77. Verschil van behandeling door verschillende tijden van opname.
Afbeeldingen uit TV Noord programma januari 2025. Bron: wethouder Eemsdelta Annelies Dallinga in NPO TV rapportage “De aarde beeft”.
In de Appingedam worden in dezelfde woonwijk twee rijen woningen aangewezen voor sloop en nieuwbouw, terwijl een paar maanden later, bij een andere opname en de korte tijd daarvoor veranderde NPR, de tussenliggende rij woningen slechts oppervlakkig gerepareerd hoeft te worden.

Na 2020 vaak alleen slechts cosmetisch. De nieuwe woningen zijn straks een veelvoud van de waarde van de niet vervangen woningen en ook veel beter geïsoleerd. Dit soort van niet rechtvaardige en niet-gelijke besluitvorming[263] raakte alle woningeigenaren die geen nieuwe woning kregen op een erg negatieve manier.



Figuren 78. Oude (sloop)woningen en ontwerp nieuwe woningen
Bron NCG. https://www.nationaalcoordinatorgroningen.nl/actueel/nieuws/2024/09/12/sloop-en-nieuwbouw-vrijheidslaan-in-appingedam-binnen-een-jaar-afgerond

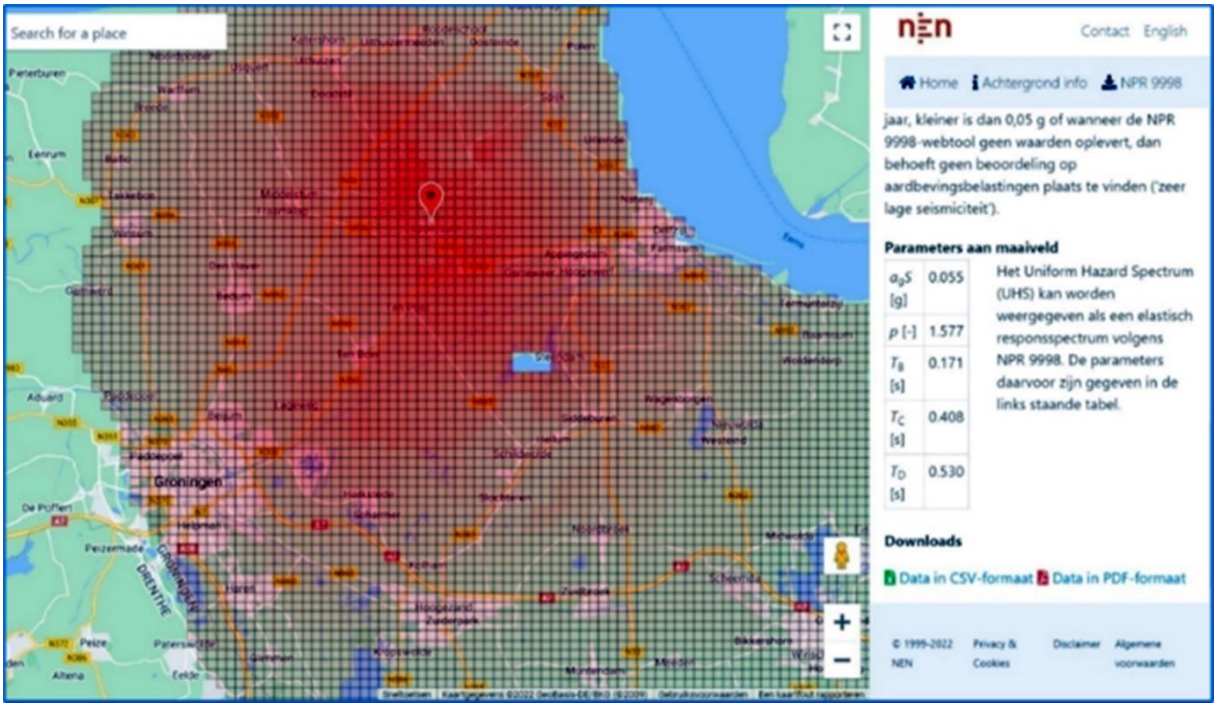
Appingedam 2020. De bedragen zijn ongeveer.

Een oudere twee-onder-een-kapwoning van 150.000 euro versterken en verduurzamen kost 60.000 euro inclusief de kosten om een jaar lang de bewoners ergens anders onder te brengen. Daarna is de verkoopwaarde van die woning ongeveer 175.000 euro. Een vergelijkbare afmeting nieuwbouwwoning (duurzaam) kost in de bouw 320.000 euro inclusief de kosten om voor twee jaar de bewoners ergens anders onder te brengen, maar heeft een verkoopwaarde van ongeveer 350.000 euro. De eerste optie kost bij 27.000 woningen 1,6 miljard euro, de tweede optie (nieuwbouw) 8,6 miljard euro. Het verschil in opbrengst voor de eigenaar is 350.000 – 175.000 is 175.000 euro. Hiermee voelen de woningeigenaren, die geen nieuwe woning hebben gekregen, zich benadeeld ten opzichte van de buren die wel een nieuwe woning hebben gekregen.

Een sociaal betere optie is om de woningeigenaren een keuze te laten. Bij de keuze voor de nieuwbouw kan er dan een claim (geïndexeerd met de inflatie van de woningwaarde) op de nieuwe woning komen te liggen, die wordt afgelost bij de verkoop/overdracht van de woning. Hiermee wordt dan het financiële voordeel genivelleerd. Hetzelfde financieringssysteem kan ook worden toegepast van extra investeringen in de versterking en verduurzaming van woningen die aanwijsbaar 'eigen gebrek' hebben. In al die gevallen hoeven de woningeigenaren geen investeringen te doen, maar kunnen ze wel bijvoorbeeld een aanbouw, warmtepomp of nieuwe badkamer krijgen.

Hiervoor is een substantieel bouwfonds nodig dat de langetermijnfinanciering en -vordering beheert.

[263] Het is geen rechtvaardige en gelijkwaardige behandeling van identieke slachtoffers, want de dubbel foute Mmax-berekeningen en de daarvan afgeleide PGA en de a_gS zijn geen wettelijke norm maar een richtlijn. Het overnemen van nieuwe Mmax-berekeningen van de KNMI door de NEN en het invoeren in de NPR-webtool gebeurt pas maanden later. Pas weer een poosje daarna krijgen de schade-inspecteurs of de ingenieursbureaus de opdracht de beoordelingen van de woningen aan te passen op de nieuwe NPR. Dat heeft weinig met wetten te maken, maar is terecht een ongelijke behandeling tussen buren. Dit wordt voorkomen met PGA-acc.



Figuur 79. De na 2018 ingevoerde NEN-webtool met per km² de berekening van de a_gS. NEN-website https://seismischekrachten.nen.nl/map.php wordt na 2020 gebruikt zodat per locatie de a_gS (met de bovenste 30 m grondlagen) wordt aangegeven.

Met deze webtool zijn de aparte (steeds veranderende) kaartjes van de NPR 9998 vervangen. Op de bovenstaande afbeelding met marker bij Loppersum op 23 juni 2022 wordt de a_gS gesteld op 0,055g voor een herhalingstijd van 95 jaar. Als de herhalingstijd op 475 jaar wordt gezet zoals bij de vorige kaartjes dan wordt de a_gS zelfs 0,118g. Met de herhalingstijd van 2475 jaar wordt de a_gS meer dan 0,2g. Een beving van april 2022 in Loppersum had een sterkte van Mw 2,7. Dit komt volgens de officiële bekendmaking[264] overeen met een PGA van minder dan 0,03g. Dat is aanzienlijk minder dan de berekende PGA of a_gS van de Webtool.

De NEN webtool is sinds 2020 niet meer aangepast. Een aspect is dat onder de PGA of de a_gS-waarde van 0,05g nieuwbouw niet meer beoordeeld hoeft te worden volgens de SBR-Trillingsrichtlijn. De desbetreffende woningen aan te Appingedam vielen blijkbaar in de data van vóór (dus slopen en nieuwbouw) en ná de aanpassing van de webtool (alleen lichte herstelwerkzaamheden). De NEN-webtool heeft, behalve een nog steeds ingebouwde onzekerheidsfactor van ten minste 50%, en de 1% kans op die zwaarste beving, en geen informatie over het aantal jaren van elke T periode.

De sterkte en frequentie van de trillingen nemen verder af wanneer de aardgasextractie gestopt is (per 2024 voor het Groningse veld).

De NPR 9998 is wel een vertaling van de Eurocode 8, maar de minimale periode T1 is 95 jaar, al zo'n tien keer zo lang als het einde van de gaswinning. Dat is jargon voor 'kans van 10% dat het minstens eenmaal in 10 jaar gebeurt'. Die T1 zou voor geïnduceerde aardbevingen slechts 10 jaar moeten zijn overeenkomstig elk Winningsplan, niet bijna 100 jaar.

[264] https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-1051086.pdf

5.10. Nieuwsberichten uit de media

Tektonische aardbevingen in het buitenland kwamen rond 2012 regelmatig in het nieuws en aangehaald met Richterwaarden (vaak 6 of hoger). De media relateerden deze aan de zware KNMI-prognoses voor de Groningse aardbevingen die ook op minstens Richter 6 en hoger werden ingeschat. Dat kan wel, maar ze zijn heel anders dan de Groningse werkelijkheid. De onderliggende boodschap van de media was: "*Kijk, dat kan hier ook gebeuren"*. Daarmee werd de bevolking verkeerd voorgelicht, misleid en waarschijnlijk angst aangejaagd, vooral toen de eerste berichten in 2015 waren dat dergelijke bevingen al binnen een periode van vijf jaar zouden kunnen voorkomen.

Deze beelden toonden totale **catastrofe en duizenden slachtoffers**. (Haïti, Nieuw-Zeeland, China, Nepal). Die bevingen werden zonder uitleg vergeleken met de Groningse aardbevingen. Omdat daarbij de Richter-projecties van de NAM-KNMI-NEN toekomstige bevingen in Groningen werden gebruikt, ontstond paniek. De relatie tussen diepliggende tektonische bevingen zoals elders in de wereld en de geïnduceerde bevingen werd nooit aan het publiek uitgelegd, en het KNMI en de media deden dat ook niet.

12 January 2010: *About 230,000 people die in and around the Haitian capital Port-au-Prince as a 7.0-magnitude earthquake strikes the city*.



Figuren 80. Bron: New York Times, mei 2006 afbeeldingen van aardbevingen.
De bovenstaande aardbeving in Haïti had een sterkte van Richter 6,2. Dit is in de orde van grootte van de Groningse aardbevingen die sinds 2015 verkondigd werd door de NAM. Alsof dit soort van schade toelaatbaar was voor Groningen. In Haïti was er een slechte bouwkwaliteit, maar er was ook geen toepassing van een aardbevingscode voor aardbevingsresistent bouwen.

- **22 februari 2011**: Mw 6,2 aardbeving in Christchurch Nieuw Zeeland.



Figuren 81. Bron: New Zealand Herald. Gebouwen lijken veel op de gebouwen in Groningen.

De media vergrootten waarschijnlijk de publieke angstgevoelens. Dat is moeilijk te kwantificeren.

De Groningse burgers wisten in 2012-2014 niets van aardbevingen en magnitudes 4, 5 of 6 zeiden hun niets. Dat het hier om een logaritmische schaal ging was onbekend. De publieke opinie werd sterk beïnvloed door de media die beelden vertoonden van grote aardbevingen. Voor de Groningers is er echter geen andere vergelijking dan het gebruikte Richtergetal. Het is redelijk te veronderstellen dat na de aardbeving in 2006 te Westeremden de Groningse bevolking waarschijnlijk meer gespitst was op aardbevingsnieuws uit de hele wereld, zoals:

- ***4 August 2014:*** *About 600 people killed in a 6.1-magnitude earthquake that strikes Yunnan China. Thousands of houses are destroyed, and landslides are triggered.*




Figuren 82. Aardbeving in Yunnan, China. Bron: CNN-afbeeldingen.

- ***25 April 2015****, 7.8-magnitude earthquake kills more than 8,000 people and leaves hundreds of thousands homeless, the worst natural disaster to strike Nepal since 1934.*[265]




Figuren 83. Aardbeving in Pakistan. Bron: NBC en Britannia nieuws 2015.
Provincie Gorkha in Nepal aardbeving. Meer dan 9.000 doden. In de Kathmandu vallei had de beving een sterkte van ongeveer 6,5 Richter. Bron: History of deadly earthquakes 26 October 2015:
http://www.bbc.com/news/world-12717980

De aardbeving nabij Kathmandu, Nepal op 25 april 2015 (Gorkha regio aardbeving) ontstond op een diepte van ongeveer 15 km. In dit gebied is de gemiddelde tijd tussen dergelijke bevingen ongeveer 80 jaar, gebaseerd op historische waarden. Deze bevingen worden veroorzaakt doordat het Indiase continentale plateau met een snelheid van ongeveer 4 cm per jaar naar het noorden beweegt en zo tegen het Aziatische continentale plateau drukt. Hierdoor is ook de Himalaya ontstaan. Deze beving en de naschokken resulteerden in 9.000 doden en 22.000 gewonden en had een Mw 7,8 met een PGA groter dan 0,25g in het epicentrum.

[265] Het lijkt erop dat er een ongeveer 80 jaar periode zit tussen de grote aardbevingen in de Kathmandu vallei. 80 x 4cm is ongeveer een 3 meter elastische respons die resulteerde in een meer dan 30 cm horizontale beweging in het epicentrum.

In Kathmandu-stad werd tweemaal een **PGA gemeten van 0,16g** hetgeen een tweemaal zo hoge versnelling is als de Huizingebeving. De maximale horizontale heen en weer verplaatsing in Kathmandu van de eerste schok was op sommige plaatsen **30 cm**, terwijl de horizontale verplaatsing van de Huizingebeving ongeveer 3 cm was.[266]

5.11.De logaritmische presentatie van de Mmax

In alle documenten worden de getallen weergegeven volgens de logaritmische schaal om de verschillende zwaarte van de aardbevingen weer te geven. Bij de presentatie van grafieken in een logaritmische schaal wordt de indruk gewekt dat de stap magnitude 2 naar magnitude 3 even groot is als van magnitude 3 naar magnitude 4. Dat is niet zo. Elke stap vertegenwoordigt een vaste factor. Als we naar de totale vrijgekomen energie kijken, verhouden de drie genoemde magnitudes zich ongeveer als 1 : 30 : 1000. Zie Begrippen voorin.

De figuur 83 op de volgende pagina is van de evolutie van de schattingen voor het Groningse gasveld.[267 en lvii] Dat wil zeggen dat de maximale hoeveelheid vrijkomende energie ruim 40 maal zo groot was als eerder geschat, weliswaar met heel kleine kansen, alles uitgerekend onder de aanname van zo snel mogelijke winning van aardgas.

Andere (externe) experts die de Mmax bepaalden (2017 blauwe balkjes) gaven ook hun berekening van de kans aan. Hier is de spreiding van de mogelijkheid aangegeven met de hoogste mogelijkheid (*probability*) van Mw 4,5. Zowel de KNMI als de NAM voerden gelijksoortige berekeningen uit, maar de NAM (groen balkje) koos de bovenste waarde met Mw 6,5 (kleinste mogelijkheid) terwijl de KNMI iets boven de hoogste kans aangaf met Mw 5. Die waarden passen geen van allen in een lineaire grafiek, want het papier is niet **50 meter lang**. Een lineaire afbeelding geeft echter wel aan in hoeverre deze theoretische waarden naast de mogelijke werkelijkheid zaten.[268]

Logaritmische grafieken zijn wetenschappelijk gesproken vaak wel handig, maar kunnen aan leken een totaal verkeerde indruk geven. Wanneer deze grafiek op een lineaire schaal getekend zou worden dan geeft het een beter beeld van de grote verschillen tussen de prognoses.

Omdat op een logaritmische schaal de verhoudingen van de hogere aardbevingswaarden uit te beelden is in de grafiek hieronder de uitslag van de seismograaf van Richter gebruikt. Voor één stap Richter is die uitslag 10 maal groter. Bij twee stappen is die uitslag 10 x 10 = 100 maal groter. Verschillende organisaties gebruiken de 10x factor voor een stap Richter om het verschil tussen de diverse aardbevingsgroottes aan te geven.

---

[266] Het heen en weer schudden van gebouwonderdelen (bovenetages), of het slingeren van lampen kan groter zijn dan de feitelijke beweging in de diepe ondergrond vanwege het natrillen van de grond en de (elastische) constructie of hoogte van het gebouw.

[267] Berekeningen van 1995 tot aan 2022 met de bevingen over die periode tot Richter 3,6 (2012)

[268] In principe zou je kunnen stellen dat het berekenen van een Mmax wel een interessante activiteit is om de verschillende gasexploitatieschema's met elkaar te vergelijken, maar dat hoeft dan niet met de verschillende verhogingen van de onzekerheidsfactoren. Het exploitatieschema van de gasvoorraad moet afgestemd worden op die gebouwsterkte en ter voorkoming van excessieve schade waarbij de veiligheid van de bevolking in gevaar kan komen. In de praktijk betekent het ook dat (als men zoveel mogelijk gas wil onttrekken) men eerst een versterkingsprogramma voor de bebouwing moet opzetten, en pas verder gaan met de gasexploitatie wanneer alle te zwakke gebouwen voldoende zijn versterkt zodat ze geen noemenswaardige schade zullen ondergaan.

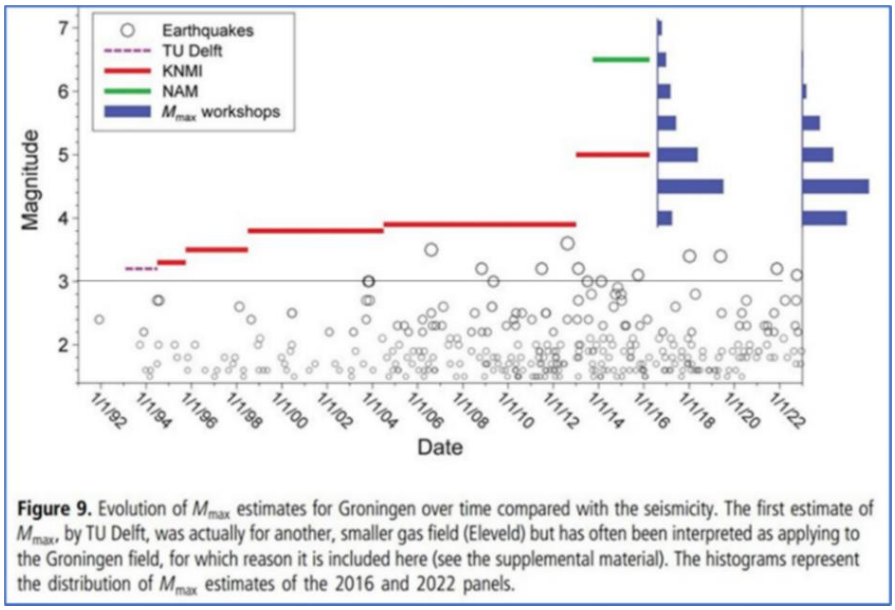
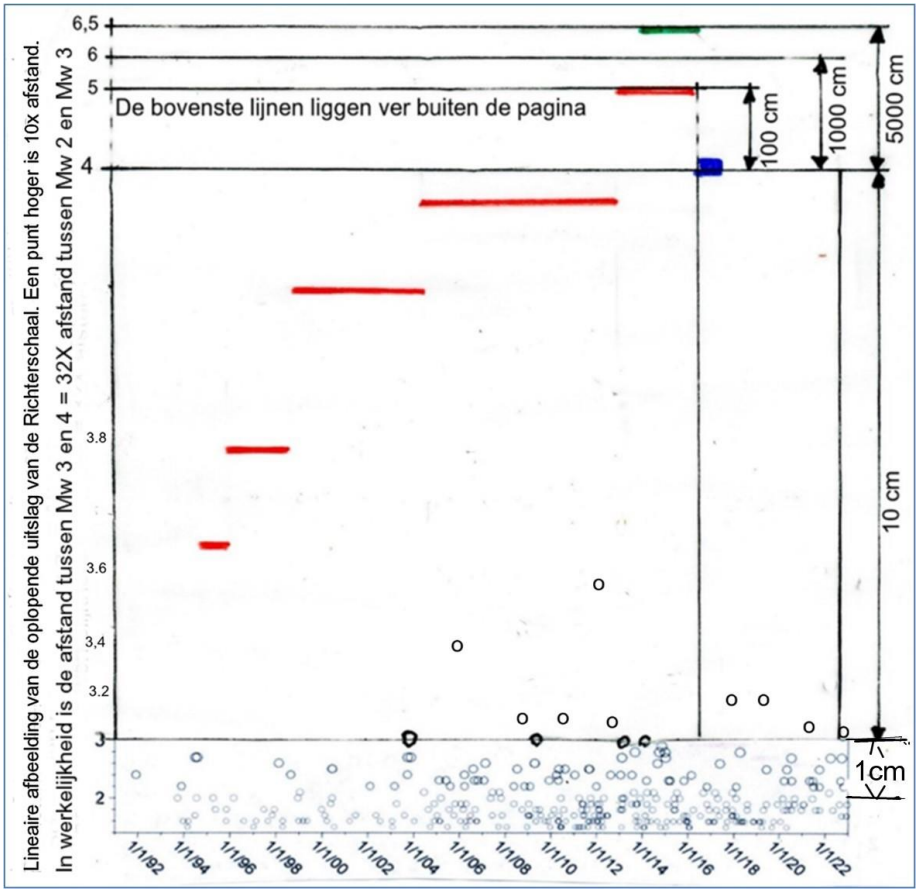


Figure 9. Evolution of M_{max} estimates for Groningen over time compared with the seismicity. The first estimate of M_{max}, by TU Delft, was actually for another, smaller gas field (Eleveld) but has often been interpreted as applying to the Groningen field, for which reason it is included here (see the supplemental material). The histograms represent the distribution of M_{max} estimates of the 2016 and 2022 panels.

Figuur 84. Vertaling van de logaritmische schaal met lijn op Mw of Richter 3.
De bovenstaande afbeelding is op logaritmische schaal. De grafiek heeft verschillende Mmax prognoses door verschillende instituten, met links de magnitude schaal (in Mw). Bron. KNMI, NAM.

De onderstaande figuur 84 is een aangepaste versie van de bovenstaande, met de stap tussen Richter 2 en Richter 3 tienmaal verlengd om de lineaire relatie weer te geven. De stap van Richter 4 tot Richter 5 is ook tienmaal de afstand tussen 3 en 4 en daarom ongeveer 100 cm lang (past niet meer op het papier). Om de stap van Richter 5 tot Richter 6 aan te geven is een papierstrook nodig van 1000 cm. De stap van Richter 6 tot Richter 6,5 wordt dan ongeveer 50 meter lang.



Figuur 85. Aangepaste Richterschaal versie van de vorige grafiek op lineaire schaal.

Deze tweede figuur 85 is de lineaire aanpassing van de vorige (83), en beeldt het probleem van de logaritmische presentatie uit. De lineaire schaal van de figuur 84 wordt in figuur 85 wel 50 meter lang. De burger denkt op basis van de logaritmische grafiek wellicht dat de opvolgende waarden van Richter gelijke stapjes zijn, maar dat is onjuist. Het is daarom dan ook onbegrijpelijk dat de wetenschappers[269] op basis van de relatief dunne aardlaag van het Groningse Rotliegend kunnen komen tot een 1000 maal (is ongeveer 32 x 32) grotere magnitude tussen Mw 3,6 tot Mw 5,6 of een 100 maal grotere uitslag van de Richterwaarde van Richter 3,6 naar Richter 5,6 (=10 x 10).

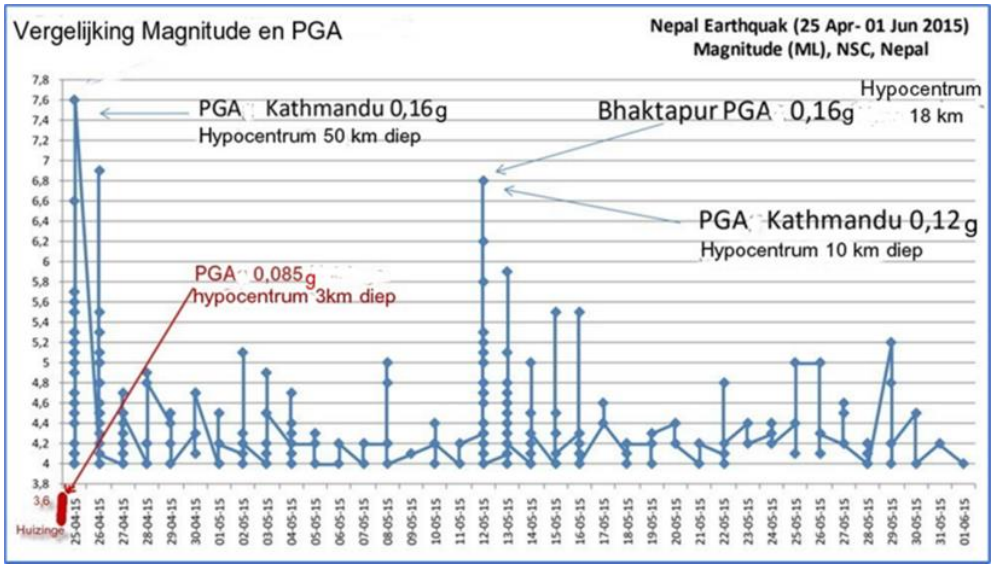
5.12.Vergelijking tussen tektonische- en geïnduceerde aardbevingen

Zoals aangegeven in de 30-punten tabel van hoofdstuk 1, is het wel mogelijk om lichte Groningse geïnduceerde aardbevingen te vergelijken met zware tektonische aardbevingen zoals de pers deed, maar er zijn **veel verschillen**. Het volgende voorbeeld is illustratief.



Figuren 86. Ingestorte woningen in Kathmandu stad 2015. (E.f.).

Bij de Kathmandu (tektonische aardbeving 2015) zijn er op 15 april 17 zware aardschokken. Wanneer je de eerste klap overleefd hebt, kun je waarschijnlijk uit het gebouw komen.



Figuur 87. Aantal naschokken van de aardbeving in Kathmandu en die in Groningen.

[269] In de zestiger jaren leerde men op school nog met een logaritmische rekenliniaal rekenen, maar in de tachtiger jaren kwamen goedkope zakrekenmachines op de markt. Daarmee werd het gebruik van de rekenliniaal verminderd en had ook het hoofdrekenen geen prioriteit meer.

In totaal werden er meer dan 440 sterk voelbare naschokken geregistreerd over een periode van twee maanden. Het Kathmandu hypocentrum ligt op ongeveer 50 km diepte. In de linkeronderhoek is de Huizinge-beving ingetekend. Groningen hypocentrum is 3 km diep. In Groningen is er minder dan 1 kleine schok per twee maanden en één iets grotere schok per twee jaar, én niet op dezelfde locatie. Op de verticale blauwe lijnen staan alle bevingen van die dag. Bron document voetnoot. [270] Eenzelfde soort grafiek nummer 3 pagina 6 in voetnoot. [271]

5.13.Reflecties over het voorgaande

- De NAM-publieksinformatie tot aan 2006 was onjuist. Ze suggereerden dat er geen relatie was tussen de gaswinning en de bevingen. De NAM wist dat al sinds 1986 en verzamelde er sinds 1990 gedetailleerde informatie over en deed er sinds 2000 uitgebreid onderzoek naar.
- De informatie werd hoofdzakelijk intern binnen de NAM gehouden en was vaak in het Engels. Wat naar buiten kwam was beperkt en ondoorzichtig, waardoor de bevolking geen beeld kreeg van de in de toekomst te verwachten situatie.
- De rapporten die sinds 2013 en 2014 naar buiten kwamen hadden allemaal andere waarden voor de te verwachtte aardbeving variërend van Mw of Richter 4 tot 7. Dat is een verschil van factor 32.000 in energie.
- KNMI en NAM en de media gebruikten de termen magnitude en Richter, alsof iedereen wel wist wat dat inhield. De enige informatie van het publiek over dit onderwerp waren berichten over buitenlandse aardbevingen. Omdat deze op een andere diepte voorkwamen en tektonisch waren kon je die niet met de Groningse bevingen vergelijken.
- Alle rekenmethodes door de ingenieurs over gebouwsterkte en de NPR gaan over de PGA, maar de relatie tussen de magnitude en de PGA werd nergens uitgelegd.
- De PGA-waarden in 2014 en 2015 waren gebaseerd op de wens van de NAM en overheid om door te gaan met de uitputting van het gasveld, en dus hoofdzakelijk op commerciële basis. Dit werd uitvoerig aangetoond met de PECAG.
- De PGA-waarde van de KNMI was het theoretisch **maximaal haalbare volgens de Mmax** onder speciale omstandigheden. Deze waarde had nooit overgenomen mogen worden door de NAM, omdat dit irrelevant was voor het versterkingsproces. De NAM had moeten stellen dat men de gasproductie zo zou reguleren dat de werkelijke bevingssterkte (de PGA-acc) niet veel hoger zou worden dan de Huizingebeving (met DS1), of een maximum PGA 0,1g.
- De olie-ingenieurs van de NAM en wetenschappers van andere instituten hadden kennelijk geen zicht op de kwetsbaarheid van de Groningse bebouwing. Ze dachten voldoende tijd te hebben (voor voortschrijdend inzicht en verschillende jaren) voor onderzoek en versterking, waarna men tot verdere uitputting van het gasveld kon doorgaan.
- De zeer hoge PGA-projecties zorgden voor de wens/noodzaak om veel testen en onderzoek te doen en veroorzaakten ten minste twee jaar vertraging van het versterkingsproces. Volgens het plan (NEHRP-methode) moeten eerst de openbare gebouwen versterkt worden.
- Het seismisch versterken van testwoningen tegen de zeer hoge PGA was een interessante klus voor de bouwondernemingen, maar niet noodzakelijk en leverde veel vertraging op.
- Het periodiek verlagen van de Mmax en PGA (na het bijstellen van de productie en rekenmethodes) resulteerde in ongeloofwaardigheid van de NAM.

---

[270] https://www.adrc.asia/acdr/2016/documents/01_Nepal_Nepal%20Earthquake%20ACDR2016.pdf

[271] https://www.scienceopen.com/document_file/c3b0467d-b8b3-4117-b0eb-2e9988aaed3d/PubMedCentral/c3b0467d-b8b3-4117-b0eb-2e9988aaed3d.pdf

Het leverde ook een ongelijke beoordeling van gebouwen op. De een kreeg een nieuwe woning, de ander bleef met een oude woning zitten en een paar weg-gepleisterde scheuren.

- Het vertalen en verbeteren van de Engelstalige Eurocode 8 was niet noodzakelijk. De aardbevingen in Roermond (1992) en de regio Limburg die al wel vermeld waren in het bijlagekaartje van de Eurocode 8 waren zwaarder dan die in Groningen.
- De NPR werd beschouwd als nieuwe bouwnorm terwijl het slechts een richtlijn was. De informatie van de NAM en NCG naar de consultants toe was dat dit de norm (eis) was.
- De NAM ontwikkelde geen financieringsopties voor woningeigenaren waarvan de schades niet werden goedgekeurd (onterecht), waardoor veel woningen niet gerepareerd werden. Het overnemen van de slechte informatie van de ondeskundige en fout geïnstrueerde schade-inspecteurs, leidde tot veel ongenoegen, arbitrage, kosten, stress en vertragingen.
- De burgers met veel C-schade en funderingsproblemen die niet hun 'eigen gebrek' konden financieren bleven achter in het versterkingsprogramma. Voor hen zou het een oplossing geweest zijn als er een (renteloos) bouwfonds bestond om dat 'eigen gebrek' of verduurzamen te financieren.

De NAM wees dit bouwfondsconcept in 2014 af om te organiseren, omdat ze een 'energiemaatschappij' waren en geen langdurig bouwfonds voor die slachtoffers wilden opzetten.[272] Een dergelijk fonds zou alleen goed kunnen werken als het renteloos zou zijn en pas bij de overdracht van de woning verrekend zou worden. Dat zou voor veel gebouwen een generatie later kunnen zijn. Zoiets is meer voor een woningcorporatie of een stichting dan voor een commercieel bedrijf.

Toen het CVW onvoldoende door de woningeigenaren geaccepteerd werd (2015-2018), werd het hele schadebeoordelingsproces van het CVW naar de NCG doorgeschoven. Toen dat ook onvoldoende snel ging werd in 2019 het IMG opgericht dat zich zou focussen op cosmetische reparaties in plaats van versterken. Het oprichten van het IMG was relevant vanwege het grote aantal schades, maar had een onderdeel van het NCG moeten zijn en niet een geheel aparte entiteit met een eigen politiek. De werkwijze van het IMG was niet logisch wanneer men bleef uitgaan van de gedachte dat de aardbevingen zich nog zullen herhalen en in de toekomst in sterkte zullen toenemen. Bij nieuwe, gelijksoortige bevingen zal cosmetisch herstel slechts leiden tot een grote stroom herhaalschades, hetgeen gebeurde.

De NAM richtte met haar gaswinning schade aan, maar probeerde met de aanpassing van de reparatie en vergoedingsregels zich gedeeltelijk te onttrekken aan de noodzakelijke retrofitting en versterkingsprocessen die volgens de zware aardbevingsprognoses noodzakelijk waren. Uit de communicatie naar het publiek bleek niet dat men de zware Mmax-prognoses zelf niet geloofde. Het initieel ontkennen van mogelijke schade is geen uitzondering van grote bedrijven.

Tal van grote bedrijven doen dit. Een notoir voorbeeld is de tabakshandel, meer in het bijzonder de sigarettenfabrikanten. Die wisten allang hoe schadelijk hun product was, maar probeerden te voorkomen dat deze kennis verspreid werd. Ook de winning van kolen in de 19de eeuw vormt een voorbeeld, en bewindvoerders van Esso (dat voor de helft deelneemt in de NAM) hebben expliciet gesteld dat ze systematisch een dergelijke aansprakelijkheid negeren[273] .

[272] Dat was in 2014 de aangegeven reden, echter de onderliggende reden is dat het veel extra werk zou kosten en financieel niet genoeg zou opleveren en zelfs een risico kon inhouden als de waardevermeerdering onvoldoende zou zijn. Het concept dat bij exploitatie van natuurlijke hulpbronnen, de plaatselijke bevolking een stukje van de giga-winsten zou kunnen krijgen (in welke vorm dan ook) was niet relevant**.** Dit punt werd pas na 2022 (na advies van de PECAG) geprobeerd te herstellen.

[273] Zie de betreffende hoofdstukken in het boek van Sam Gerrits.

Zulke bedrijven erkennen slechts de financiële belangen van hun aandeelhouders en vaak interesseert het die aandeelhouders (bijvoorbeeld pensioenfondsen) ook niet. Dit is het model van een kapitalistische maatschappij.

De inkomsten uit het gas werden verdeeld tussen NAM en de overheid. Over de winst van de NAM moest ook nog belasting betaald worden. Ongeveer 85% van de inkomsten ging daardoor naar de overheid. De bijkomende kosten van de gaswinning waren een onverwacht grote post van de NAM-schadeafhandeling, die ten dele het gevolg was van het slechte schadevergoedingsbeleid van de NAM. Uiteindelijk komt er na het PECAG (2023) wel een miljardenfonds om veel gebouwen en infrastructuur in de provincie Groningen te verbeteren, allemaal op kosten van de overheid. Daarmee wordt het jarenlange gebrek aan nationale decentralisatie alsmede de achterstelling van een krimpregio gecompenseerd.

De bedrijven houden geen rekening met de sociale problemen en de milieuproblemen van hun activiteit. Hier ligt natuurlijk een taak voor een meer sociale overheid. Die kan door belastingheffing of andere regels de beschikbaarheid van verslavende substanties inperken; of door wetgeving de veiligheid van gemotoriseerd verkeer verbeteren. In dit geval liet de overheid dit na, mogelijk omdat er niemand bij de overheid of de volksvertegenwoordiging begreep wat er aan de hand was, zeker omdat de overheid zelf veel verdiende aan ongeremde winning van het aardgas.

Vanwege de blijvend hoge PGA van de dreigingskaartjes bleef ook logischerwijs de theoretische dreiging van instorten van gebouwen tot 2018 bestaan, ook al was de gaswinning gehalveerd; deze werd uiteindelijk afgesloten per oktober 2024. Het sociale resultaat van de aanhoudende dreiging met instortrisico en de trage afhandeling van de schademeldingen heeft geleid tot lichte en zware trauma's onder de bevolking;[lviii] inclusief zelfmoord.[lix]

5.14.De volgende observaties zijn relevant

Hoofdletter nummering volgt die van paragraaf 4.2.

R. Wetenschappelijke berekeningen zijn in oorsprong gebaseerd op analyse van natuurlijke gebeurtenissen die met wiskundige modellen worden weergegeven. Wanneer het geen natuurlijke gebeurtenissen zijn zoals **geïnduceerde en gemanipuleerde aardbevingen zullen veel van de wiskundige berekeningen niet opgaan**. Dat geldt voor de Mmax, de daaruit volgende PGA en de daarop gebaseerde risico (hazard) berekeningen.

S. Elk (wetenschappelijk) geschreven rapport moet een samenvattend hoofdstuk hebben dat in **eenvoudig leesbaar begrijpelijke taal** op een duidelijke manier het thema en de conclusies omschrijft. Dit kan met een journalist worden opgesteld en moet geschikt zijn voor de publieke media. Dat klinkt als een open deur, maar de praktijk is anders.

T. De eurocode 8 werd in het Nederlands vertaald (niet nodig voor ingenieurs), en in de daaropvolgende consultatieronde nog eens verfijnd. Voor de lage Nederlandse stijve bakstenen woningbouw is dat niet nodig. Voor de Groningse situatie (laagbouw) had er juist een **vereenvoudigde versie** uit moeten komen die alleen de statische belasting berekent. Deze vereenvoudigde versie was bij de juiste PGA-kaartjes ruim voldoende geweest, omdat er nog steeds een ruime onzekerheidsmarge zit in de a_gS.

U. Wanneer een ter zake deskundige organisatie (e.g. NAM, KNMI, TNO) wetenschappelijke projecties maakt over de schade die aan de bevolking en hun eigendommen kan worden toegebracht (e.g. aardbevingen), dan **moeten die projecties tegen het licht gehouden worden** om de sociaal-politieke-juridische realiteit van de voorgestelde maatregelen te overwegen (e.g. minder aardgasextractie).[274] **Dat is niet gebeurd.**

V. De media kunnen door informatielevering naar de bevolking polarisatie onder de burgers veroorzaken, zoals het wantrouwen naar de NAM en de overheid en de verergering van het onveiligheidsgevoel en de angst. Anderzijds **kan de publiciteit een breekijzer** vormen om politieke besluitvorming te forceren, zoals het reduceren van de gasexploitatie.

W. Het idee dat bij exploitatie van natuurlijke hulpbronnen, de plaatselijke bevolking een stukje van de winsten/opbrengsten zouden kunnen krijgen (in welke vorm dan ook) leefde niet bij de overheid. [275] Er zou een fors bedrag gereserveerd moeten worden om de milieuschade te kunnen compenseren of te herstellen (CO_2-uitstoot). **De schadeveroorzakende partij mag zich niet onttrekken aan de langetermijngevolgen van de veroorzaakte schade.**

X. De klimaatopwarming door de CO_2-uitstoot is het gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen (kolen, olie, gas). Mijnbouwbedrijven zouden **direct bij de winning van die fossiele brandstoffen meteen de toekomstige CO_2-uitstoot volledig moeten compenseren om de klimaatopwarming te voorkomen**. Dat is een meer efficiënte methode dan om te proberen om alle productiebedrijven of consumenten voor hun CO_2-uitstoot te laten betalen.[276]

****

[274] Dit is een belangrijk probleem bij de berichtgeving over de klimaatopwarming. Simpele beelden, ook als ze wezenlijk fout zijn, blijven nu eenmaal langer hangen dan meer evenwichtige teksten.

[275] In de jaren 1970 was dat wel zo, maar kwam niet tot stand. Natuurlijke hulpbronnen zijn: hardhout, steenkool, olie, teerzand, goud, gas, zout, bruinkool, diamant, zilver, vis, uranium, enz. Voor bijvoorbeeld de productie van boreaal naaldhout is een 100-jarige planning voor de groei van nieuwe bomen zelfs zwaar onvoldoende omdat die bomen zo langzaam groeien. Voor de productie van tropisch hardhout bestaat geen 200-jarige planning, maar ondertussen worden wel alle bomen gekapt en daarmee de biodiversiteit zwaar aangetast.

[276] Het heffen van accijns op autobrandstof, en die accijns gebruiken om de Parijse klimaatdoelen te halen is een complexe opdracht waar alle partijen die veel aan de export of het gebruik van de fossiele brandstoffen verdienen tegen zullen zijn (accijns wordt echter voor algemene middelen gebruikt). Door vooral de CO_2-uitstoot aan het begin van het verbrandings-traject volledig te compenseren zullen alle producten duurder zullen worden (staal, plastic, baksteen), onder andere omdat de transportkosten (land, lucht, zee) sterk zullen oplopen. Dit zal de lokale productie stimuleren in plaats van dat allerlei producten uit lagelonenlanden gehaald moeten worden.



Figuur 88. Niet aardbevingsresistent want de begane grondetage is ingestort

Kathmandu 2015. De bewoners konden na de eerste aardbeving nog uit het gebouw komen. Op die basis was het gebouw aardbevingsresistent. Maar bij de vele vervolgbevingen bezweek de beganegrondetage. Dat kwam omdat daar winkels zaten zonder binnenmuren, waarbij de straatgevel helemaal geen muren tussen de kolommen had. Nu wordt alles vanaf de top gesloopt. Op meerdere plaatsen in de stad was men nog in het puin aan het graven naar slachtoffers, op locaties die door honden werden geïdentificeerd. (E.f.)



Figure 7 Completed prototype: a) North and West façades; b) West and South façades.

Figuur 89. Prototype testen in het EUCENTRE van nagebouwde testwoningen.

Bron: FULL-SCALE SHAKING TABLE TEST ON A DUTCH URM CAVITY-WALL TERRACED-HOUSE END NIT EUC-BUILD-6. V2.0, 7/3/2019. Document authors: M. Miglietta, L. Mazzella, L. Grottoli, G. Guerrini and F. Graziotti. EUCENTRE University of Pavia, IUSS Pavia, Italy.
https://drive.google.com/file/d/1n0TECJN2QNies2xDVrhfaaedPyFGiLPY/view

In opdracht van de NAM werden in Italië testen uitgevoerd op nagebouwde rijtjeswoningen (foto) en veel gebouwcomponenten zoals stukken muur om hun feitelijke sterkte te bepalen. Dit was om te bestuderen in hoeverre ze de hoge prognose-PGA van Groningen konden weerstaan. Met de NTLHA-methode werd vastgesteld welke belastingen deze woningen en woningcomponenten konden hebben en waar de schade bij overbelasting het eerste zou optreden.

De verticale PGA-waarden van de NPR werden gebruikt als horizontale PGA-belastingen (fout). Aanvullend werden de signalen van Turkse tektonische aardbevingen gebruikt (ook fout). Deze nieuwgebouwde woningen waren wel volgens het Nederlandse model gebouwd, maar kwamen nauwelijks overeen met veel van de oude Groningse woningen (fout). Deze laatsten hebben hoge raampartijen en geen vloerdiafragma's, en dat is juist waar de grootste problemen mee waren. In de bovenstaande woning loopt de raam-deur latei (dragende balk boven opening) door, hetgeen niet het geval is in de meeste doorzonwoningen en dat levert dus geen goed vergelijkbaar materiaal op, of slechts voor een enkel type woning. Er werden geen testen uitgevoerd met sterke glaspanelen in de muuropeningen.

Het testen van constructies en bouwmaterialen is een belangrijk middel om de veiligheid (of het instort-risico) van de woningen te bepalen. De uitgebreidheid van de gerealiseerde testen was een wetenschappelijke en uitgebreid opgezette activiteit en zeer ruim gefinancierd door de NAM, maar leverde niet veel betere inzichten op dan men internationaal al in 2012 wist.

Hoofdstuk 6. Vragen en antwoorden

Zoals in het vorige hoofdstuk is vermeld was er geen makkelijk toegankelijke bron van informatie voor antwoorden op elementaire vragen. Het Burgerboek "*Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen*" beantwoordt slechts een aantal technische vragen zoals:

6.1. Vraag: Wat is een eenvoudige uitleg van de terminologieën?

Antwoord: Het hoofdstuk 1 van het Burgerboek geeft van meer dan 100 begrippen een beknopte uitleg. Deze hebben illustraties en verwijzingen voor verdere uitleg. Na 2015 heeft het KNMI ook een aantal terminologieën op hun website verklaard.

6.2. Vraag: Hoe zijn de opgetreden schades verklaarbaar?

Oude Groningse gebouwen hebben specifieke kenmerken. De schades zijn vanuit aardbevingen verklaarbaar, maar wat zijn de basismaatregelen ter voorkoming?

Antwoord. Het hoofdstuk 13 uit het Burgerboek, "*BASIS REGELS voor Seismisch Bouwen en Versterken*" geeft een breed overzicht. Hierin staan de algemene (internationale) principes die ook van toepassing op de aardbevingen in de provincie Groningen. Er wordt gebruik gemaakt van het principe van verkeersborden, met het ronde rode verkeersbord als verboden ("doe dit niet") en het blauwe verkeersbord als goed ("doe dit wel").



Figuren 90. Voorbeeld uit hoofdstuk Basis Regels.
Dit voorbeeld met twee borden betreft de belasting van een aardbeving op een gebouw. Deze belasting is direct evenredig met de massa van de constructie. Het is daarom belangrijk om de massa zo klein mogelijk te houden.

Bij het beoordelen van een gebouw moeten alle vermelde punten (meer dan 20) worden gecontroleerd. Wanneer een element van een gebouw niet voldoet, moeten er maatregelen genomen worden om dat element of die constructie te verbeteren.

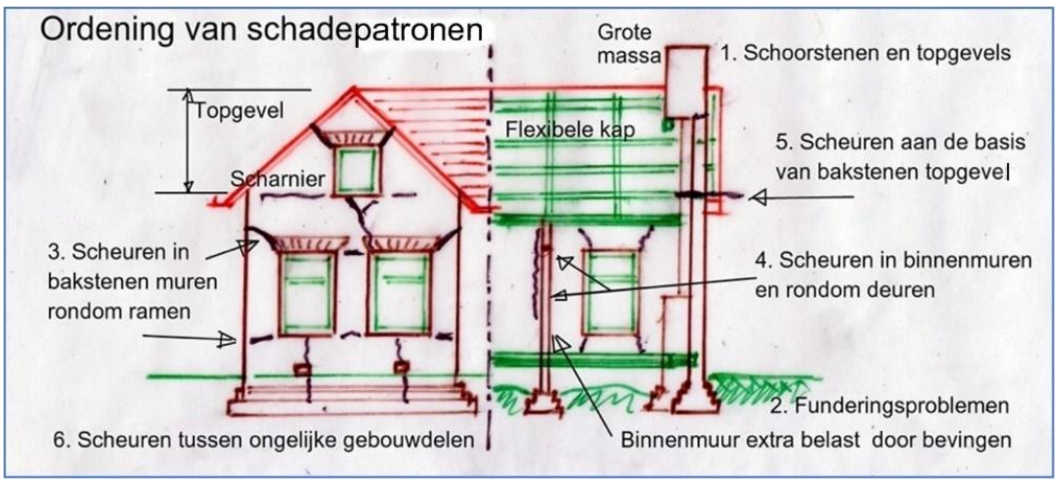
6.3. Vraag. Hoe kunnen we de meest voorkomende schades ordenen, indelen?

Antwoord: De schades zijn in te delen in zeven hoofdcategorieën.

1. **Hoogrisico-elementen** zoals schoorstenen en topgevels die bij lichte bevingen van het gebouw kunnen afvallen; deze moeten als eerste aandacht krijgen.
2. **Funderingsproblemen**, voornamelijk vanwege ongelijke funderingen en ongelijke zetting door de vele kleine trillingen in combinatie met een marginaal evenwichtsdraagvermogen, vooral van oude woningen.
3. **Scheuren in bakstenen muren** rondom grote ramen (vanuit de lateien) en smalle muurpenanten. Voor begrippen zie het Burgerboek.

4. **Scheuren in binnenmuren** rondom en boven de deuren tot aan de etagevloer.
5. **Losraken van verbindingen** tussen de binnenmuren met de vloeren en de kapconstructie.
6. **Horizontale scheuren** aan de basis van de topgevels vanwege flexibele kapconstructies.
7. **Scheuren tussen gebouwdelen** waar eigenlijk een dilatatievoeg had moeten zitten.

De woningeigenaar signaleert meestal de scheuren in gepleisterde muren het eerste en daarna de scheuren in gemetselde muren. Deze scheuren kunnen echter door verschillende oorzaken ontstaan.



Figuur 91. De zeven hoofdcategorieën.
Het Burgerboek behandelt de zeven categorieën in afzonderlijke hoofdstukken met versterkingsopties.

6.4. Vraag: Welke gebouwtypologieën (typische bouwstijlelementen) zijn er?

Antwoord: In 2013 hebben de NAM-consultants Arup en Plecht Bouwbedrijven een lijst opgesteld van een dozijn hoofdcategorieën van gebouwtypes volgens de indeling in bouwpatronen van elk 20 jaar. In een veel latere fase zijn deze categorieën verder uitgewerkt tot 30 en 60 varianten waarbinnen bijna alle woningtypes vielen. Per benoemd woningtype bestaat er een grote gelijkenis aan structuur, fundering, gebouwmassa, stijfheid van verbindingen en grootte van de openingen. Hierdoor was het mogelijk om een bepaald woningtype door te rekenen, de noodzakelijke versterkingen te berekenen en vervolgens die versterking toe te passen op alle woningen van het betreffende type.

Elke 20-jarige bouwperiode in Nederland, te beginnen bij pre-1900 en dan 1900-1920 etc. heeft haar eigen bouwstijl die is ontstaan door de bouwvoorschriften sinds 1901 en de periodieke verbeteringen. Hierdoor zijn typologieën ontstaan die elk hun eigen versterkingsmethoden behoeven. De doorzonwoningen van ná 1960 en de rijtjeswoningen of woningwetwoningen hebben bijvoorbeeld hun eigen problemen vanwege het gebrek aan sterke muurpenanten in de gevels. Eind 2020 werd er samen met de TNO (30 types)[lx] en NCG de typologieën uitgewerkt en versterkingsvoorstellen gemaakt per gebouwtypologie.

De Nederlandse, meer in het bijzonder de Groningse bouwwijze, is organisch gegroeid onder invloed van de omstandigheden waarmee men al eeuwen werd geconfronteerd. Sinds 1950 ontstaat massa-woningbouw met uniforme kenmerken en werd de bouwmethode uitgebreid in de laatste decennia wegens de noodzaak tot energiereductie. De belangrijkste aanpassing van bestaande gebouwen in Groningen is noodzakelijk vanwege de aardbevingen (sinds 2000), een fenomeen waarmee voorheen nooit rekening is gehouden.

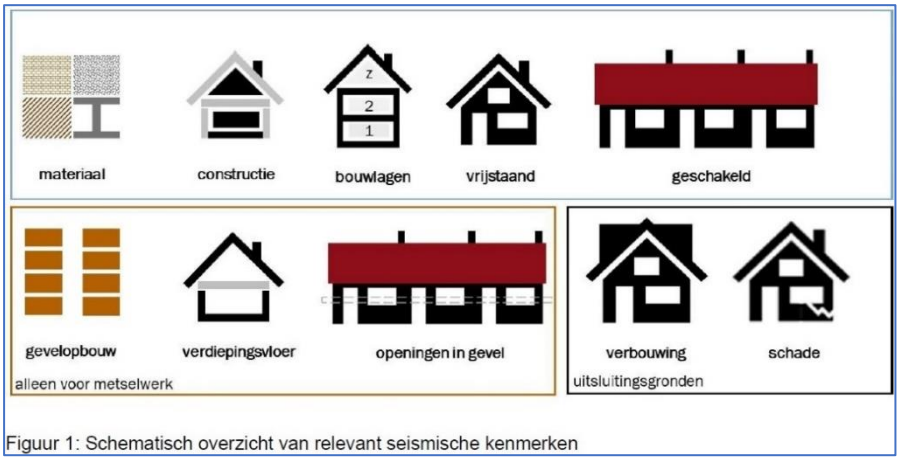
Het fenomeen aardbevingen is in de wereld genoegzaam bekend en wordt breed onderzocht, maar in Nederland is de seismologische activiteit gelukkig beperkt gebleven. De zwaarste beving tot nu toe was die nabij Roermond in 1992. Dat was een tektonische beving, die wel de nodige schade opleverde, maar die wordt gezien als een eenmalig incident. De voelbare bevingen in Groningen door de aardgaswinning treden al sinds 2000 op, maar nemen af met de gecontroleerde afname van de gasproductie; ondertussen is er veel blijvende schade aangericht.

De impact van deze geïnduceerde aardbevingen op specifiek de Groningse gebouwen met een deels vanuit het verleden ontwikkelde eigen architectuur en stijlkenmerken is niet eerder systematisch onderzocht. Evenmin bestaat er een gepubliceerde systematiek van schadediscriminatie (in relatie tot andere mogelijke oorzaken), reparatie- en versterkingsstrategieën, het voorspellen van schade, het herkennen van kwetsbare onderdelen, etc. Dat doet het Burgerboek wel.



Figuren 92. Dezelfde typologieën woningtypen.
Kleine boerderijwoning met gelijksoortig voorhuis. De hoge ramen en smalle penanten aan de voorzijde en de aansluiting tussen de twee bouwdelen geven bij aardbevingen vaak problemen. Bron Funda website 2014

De oudere gebouwen van vóór 1900 zijn vaak monumenten, en moeten vaak per gebouw bekeken worden op de versterkingsopties (maatwerk). Dit zijn seismisch ook vaak de zwakste gebouwen.[277] Bij een aantal van deze monumenten mag buiten- of binnenzijds niets worden aangepast, reden waarom enkelen op *base-isolation* zijn gezet.



Figuur 93. Hoofdcategorieën voor de beoordeling van gebouwen.
Afbeelding uit het TNO-rapport (2017, 30 typologieën)[lxi] op basis van de GEM Taxonomy [Brzev et al, 2013]. Het wijzigen van de kapconstructie door het ondeskundig plaatsen van dakkapellen of het vergroten van een raam in de gevel kan zo'n verbouwing zijn. Het maken van een open keuken ook.

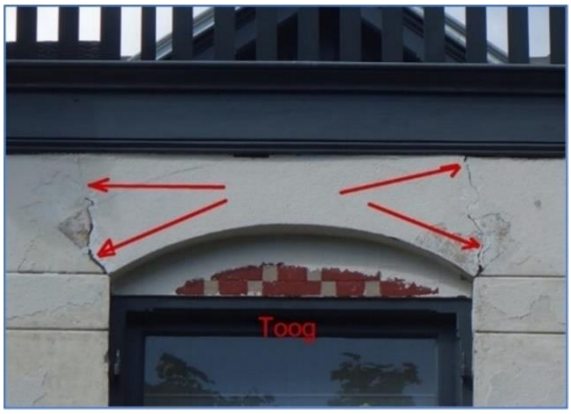
[277] De Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed, Rijksmonumentenregister, identificatie van bijna 2.200 monumenten (2022) waarvan ruim 150 kerken en 300 grote boerderijen. www.monumentenregister.cultureelerfgoed.nl

Op dit TNO-schema worden ook de ‘uitsluitingsgronden’ van vergoeding aangegeven. Hiermee geeft het TNO een oordelend advies aan de NCG over de financiering van de schade-vergoeding (onterecht). Een verbouwing kan goed uitgevoerd zijn, maar niet ontworpen op aardbevingen, waardoor er schade ontstaat. Veel funderingsschade is het gevolg van verzakkingen die het gevolg zijn van de sterke verticale schokken/bevingen en veranderingen van de grondwaterstand.

Verbouwingen die goed zijn uitgevoerd, met in achtneming van de seismische regels, of een gebouw met schade, zijn geen redenen voor een uitsluitingsgrond (zoals vermeld in de TNO-grafiek rechtsonder), [278] maar een variatie van een bepaalde typologie. Dit geeft aan dat gebouwen met wijzigingen of aanbouwen soms niet binnen een typologie vallen en individueel beoordeeld moeten worden. Gebouwen die uit de periode pre-1920 dateren hebben heel vaak verbouwingen en uitbreidingen ondergaan en moeten bijna altijd aanvullend individueel beoordeeld worden.

6.5. Vraag. Hoe kun je bevingsschade onderscheiden van een andere oorzaak?

Antwoord: Verzakkingen komen vooral voor bij oude gebouwen die ‘op staal’ zijn gefundeerd, bij beschadiging van paalfunderingen (houtrot) en bij overmatige trillingen. Een verkeerde fundering of gebouwontwerp kan inhouden dat het tegen een dijk aan is gebouwd (dijk verzakt) of op ongelijke grondsoorten. [279] Verandering van de grondwaterstand kan klei/veen-krimp veroorzaken. Als het evenwichtsdraagvermogen van de fundering extra wordt belast door trillingen kan dat zettingen veroorzaken. Voorbeelden zijn verkeersdrempels vlak bij de bebouwing of gebouwgebonden trillingen zoals een niet-gebalanceerde wasmachines. Er zijn een groot aantal oorzaken waarom een gebouw zettingen kan ondergaan. Een van de oorzaken zijn de sterke verticale schokken. Een gedetailleerd omgevings-, grond- en gebouwonderzoek ter plaatse kan dit slechts verduidelijken. Er bestaat in Nederland en België[lxii] uitgebreide Nederlandstalige kennis over scheuren in oud en nieuw metselwerk en hoe deze muren te repareren en eventueel te versterken zijn. Deze kennis is substantieel breder en uitgebreider geworden na de Huizingebeving.



Figuur 94. Woning uit het einde van de 19de eeuw met oude scheuren.
Oude bakstenen woningen, gebouwd op vaste zandgrond, ‘op staal’, waarbij er geen sprake is van zwaar verkeer of verkeersdrempels hebben ook vaak scheuren. Bij het schoonmaken van de gevel voor een nieuwe verfbeurt kwamen rond alle togen deze scheuren in het zicht. Bij een aardbeving kunnen deze scheuren groter worden, maar hebben weinig effect op de stabiliteit van het gebouw.

[278] TNO-rapport: 2021 R11002D. Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen. Dit rapport werd gemaakt voor het NCG om als richtlijn te dienen. Door de al of niet correcte uitsluitingsgronden aan te geven gaat het op de stoel van het NCG zitten.

[279] In het hoofdstuk funderingen van het Burgerboek wordt een aantal van deze situaties toegelicht.

Oude gemetselde gebouwen hebben meestal scheuren in het metselwerk of opgebouwde spanningen door zettingen. Bij trillingen of bevingen ontladen de spanningen in scheuren of worden microscheuren zichtbaar of gaan kleine scheuren verder openstaan. De problematiek van zettingen is dat de voor mensen niet-voelbare trillingen (bevingen kleiner dan PGA 0,03g) wel invloed hebben op een gebouw, vooral wanneer de gronddruk onder de funderingsaanleg niet overal gelijk is. De aardbevingstrillingen sinds 1990 kunnen daarom wel degelijk kleine zettingen teweegbrengen, evengoed als zwaar verkeer. Die leveren spanningen in het metselwerk op.

Bij een iets grotere beving of trilling kan er een zichtbare scheur ontstaan. De vraag die men steeds stelde is of de schade (door die lichte trillingen werden veroorzaakt), wel of niet door de NAM vergoed moest worden. De NAM vond van niet, maar om te bewijzen dat het wel van een aardbeving komt is ingewikkeld, zeker voor een niet-bouwkundige bewoner. Om dit probleem te ondervangen werd besloten dat de bewijslast bij de NAM of het CVW werd gelegd wanneer er gesteld was dat een bepaalde schade niet door een aardbeving kwam. De SBR-trillingsrichtlijn uit 2017 probeert daar ook regels voor aan te geven, waar een nieuw gebouw aan moet voldoen om geen schade op te lopen.[280] De SBR-trillingsrichtlijn nauwelijks relevant voor de oude Groningse woningbouw, maar de NAM probeerde eerst woningen uit te sluiten van analyse op basis van die richtlijn.

Nieuwere Bouw (sinds 1960) heeft veel stijver metselwerk door de toepassing van cementmortel. Bovendien werd er in de jaren 1960 en 1970 erg snel en dun gebouwd (woningnood). In deze categorie woningen komt ook veel scheurschade voor (geen technische verzakking). Bij de oude woningen zullen de zachte kalkmortelvoegen bij spanningsopbouw een beetje kruip ondergaan en eventueel licht vervormen zonder dat er een scheur ontstaat.[281] Dat is bij het brosse/harde metselwerk van modernere bouw niet het geval; dat barst bij een te grote trilling.

Omdat deze zettingsmaterie ingewikkeld is, werden door de NAM al sinds 2014 de funderingsschades en zettingen uitgesloten van onderzoek en vergoeding bij de beoordeling van de aardbevingsschade.[282] Behalve het feit dat die instructie technisch en moreel fout was, heeft het in het geheel geen bezuiniging opgeleverd (de opzet van de NAM) vanwege de extra kostbare consultaties en arbitrage.[283] In 2015 werd echter de bewijslast voor aardbevingsschade omgekeerd, waarbij de NAM moest bewijzen dat de schade niet door de aardbeving kwam.[lxiii]

Wanneer die scheur alleen cosmetisch is weggesmeerd, zal deze vaak weer tevoorschijn komen bij de volgende gelijksoortige beving. Er zijn tot op 2022 ten minste 80.000 herhaalschades vergoed (dat is een derde van de 230.000 afgehandelde schades in 2020).[284]

---

[280] SBR Trillingsrichtlijn A, Schade aan bouwwerken: 2017 aangepaste versie van 2002.

[281] Hierdoor kan het zijn dat een oudere woning geen scheuren vertoont (en onterecht wordt afgekeurd voor versterking), terwijl een daarnaast gebouwde nieuwe woning wel scheuren in de bakstenen vertoont (en een versterkingstraject krijgt van het NCG). Het vervormen van de oudere woning werd dan ook door veel (ondeskundige) schade-inspecteurs niet als gebouwschade erkend.

[282] Het feit was dat in 2015 de CVW-instructie van de NAM was om funderingsschade niet mee te nemen in de schadebeoordeling. Dit heeft geleid tot zeer veel arbitrage, extra claims en frustraties over de behandeling, juridische kosten, vertragingen en stress.

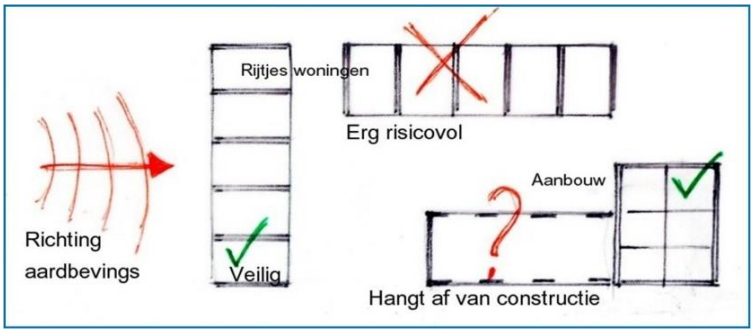
[283] Een van de lessen die uit dit debacle geleerd kan worden is dat het beter geweest was om alle schade (aardbeving of geen aardbeving, inclusief slecht onderhoud) volledig te vergoeden (gebouwherstel) en een akkoord te maken met de gebouweigenaar om de kosten van de niet aardbevinggerelateerde reparaties op een andere manier en op de lange termijn te verrekenen.

[284] Dit komt hoofdzakelijk doordat bij lichte bevingsschade er niet versterkt werd, doch slechts cosmetisch gerepareerd. Dat is dan na de schademelding, schadebeoordeling, rapportage, soms arbitrage en goedkeuring. Dat hield ook het overschilderen

Zo kan het zijn dat bij een oude woning (met kalkmortelvoegen) met een nieuwe aanbouw, de oude woning geen scheuren vertoont en de nieuwe aanbouw van de woning met hard metselwerk wel. Vanuit esthetisch oogpunt wordt dan de nieuwbouw gerepareerd, terwijl de oude woning zogenaamd geen aardbevingsschade heeft. Echter, bij zwaardere aardbevingen (gesteld dat die komen) loopt de oudere woning vaak wel meer risico dan de nieuwe woning.[285] Het kan ook zijn dat de nieuwbouw veel grote raamopeningen en smalle penanten heeft die geen dwarskrachten kunnen opnemen, en zware betonnen systeemvloeren die extra aardbevingsbelasting opleveren, waardoor in de nieuwbouw eerder scheuren ontstaan dan in een oudere lichtere woning.

In straten met rijtjeswoningen werd voor het ene rijtje aanbevolen om versterkingen toe te passen of alles te slopen en nieuwbouw, en het andere rijtje niet. Dat kan verschillende oorzaken hebben. De belangrijkste was de datum van de toegepaste NPR met een verschillende PGA.[286] Andere redenen kunnen zijn: de schadebeoordelaar, de aannemer, de woningbouwcorporatie[287] en het bouwseizoen (vorst),[288] maar ook de gebouwrichting ten opzichte van het epicentrum. Rijtjeswoningen zijn vrij aardbevingsresistent loodrecht op het vlak van de lange voorgevel, vanwege de gesloten, dragende scheidingsmuren tussen de woningen. In de lengte van het rijtje zijn deze woningen extra zwak vanwege grote raampartijen en gebrek aan dwarsmuren of brede raampenanten.

Bij een horizontale afstand tot het epicentrum van meer dan twee keer de diepte van de aardbeving wordt de richting van de aardbeving meer relevant voor de gebouwbeschadiging. Een blok rijtjeswoningen dwars op die richting zal minder risico oplopen, terwijl een rijtjeswoning in de lengte van die richting wel een groot risico kan lopen. Hetzelfde geldt voor nieuwbouw. De locatie van het toekomstig epicentrum is overigens zelden bekend.



Figuur 95. Oriëntatie van het gebouw ten opzichte van een ver epicentrum.
Het discrimineren tussen schadegevallen is niet zo eenvoudig is. Een behoorlijke opleiding, ook op seismische gebied, is daarom relevant, iets wat in de eerste jaren na de Huizingebeving er volledig aan ontbrak; nu nog.

---

van de hele muur in (hoge kosten) en de regelmatige overlast voor de bewoner. De vraag kan worden gesteld of licht versterken uiteindelijk niet goedkoper en minder stressvol was geweest; dit is niet onderzocht of uitgerekend. Wanneer men niet weet wat de PGA wordt is dat ook niet berekenbaar.

[285] Bij die oudere woningen zitten er meestal geen goede verbindingen tussen de vloeren en de muren.

[286] Dit blijkt de belangrijkste reden te zijn, waarom hele straten wel sloop en nieuwbouw kregen en andere straten niet. Dit is het geval in enkele wijken in Appingedam.

[287] De expertise en druk van de woningcorporatie (de eigenaar van de huurwoningen) op het NCG kan hier een doorslaggevende rol hebben gespeeld in de besluitvorming.

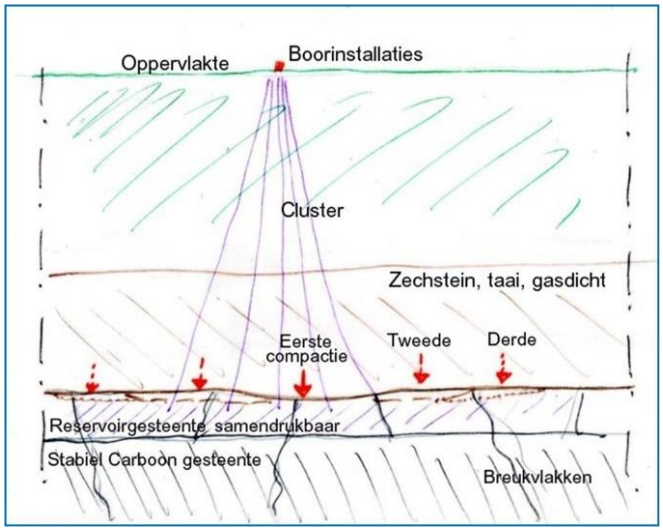
[288] Gedurende bouwen in de winter worden vaak toeslagen in de cementmortel gebruikt die de kwaliteit van de mortel negatief kunnen beïnvloeden waardoor de binding minder wordt. Omdat metselwerk op druk wordt ontworpen heeft dat nauwelijks invloed op de gebouwsterkte, maar scheuren vanwege trekspanningen in het metselwerk ontstaan dan wel eerder.

6.6. Vraag. Welke schade is in Groningen nog te verwachten?

Antwoord. Na 2020 niet zo veel, vooral bij gebouwen waarbij de scheur is ontstaan als ontlading van oude spanningen, is nieuwe schade zelden het geval. Eenmaal gescheurd gaat het nauwelijks verder scheuren met gelijke of mindere bevingen (vanwege de afname en spreiding van de gasproductie), tenzij de trillingen weer verdere verzakkingen bij smalle, zwakke funderingen veroorzaken.

Als er op een gecontroleerde manier gas uit het Groningse gasveld gewonnen gaat worden, (meer dan 5 miljard m^3/jaar), dan gaat de gasdruk in het reservoirgesteente wel verder dalen en zullen zich steeds weer veel kleine schokken voordoen. Door de gasextractie goed te nivelleren met een vlakke productie,[289] kunnen de schokken onder het niveau blijven van de in 2017 uitgekomen SBR-A trillingsrichtlijn. [viii]

Deze vernieuwde trillingsrichtlijn geeft aan tot welk niveau grondtrillingen al dan niet schade mogen/kunnen veroorzaken aan een gebouw.[290] Of het restant van 500 miljard m^3 aardgas (2024) alsnog wordt gewonnen hangt af van de politiek en de gegarandeerde mogelijkheid van de NAM om de trillingen te kunnen beheersen.[291]



Figuur 96. Een eerste plotselinge compactie.
De eerste aardbeving heeft bijvoorbeeld een voelbare PGA 0,06g. Deze vindt vaak plaats langs een breuklijn. Door het Zechstein zal het twee maanden duren voordat de tweede, nauwelijks voelbare, compacties optreden rondom het eerste compactie-gebied. Na verloop van tijd kan buiten rondom de tweede compactiezone een derde serie bevingen optreden die niet meer goed voelbaar zijn maar wel leiden tot oppervlaktedaling.

---

[289] Er zijn drie soorten 'vlakke productie': (1) Zorgen dat de gasdruk in de verschillende secties van het reservoirgesteente gelijk blijft. Dit is de aangewezen methode om aardschokken te voorkomen. (2) Overal gelijkmatige hoeveelheid gas onttrekken. (3) Over het hele jaar constante productie en gas opslaan in de zomer voor gebruik in de winter.

[290] De trillingsrichtlijn is geen maatstandaard voor oude gebouwen, want die zijn nooit ontworpen op aardbevingsschokken of andere trillingen. Het kan wel een standaard zijn voor de seismische versterking. Echter, seismische versterking is volgens de NPR alleen nodig wanneer er risico van instorten bestaat (het principe bij tektonische aardbevingen).

[291] Met de kennis van nu is dit mogelijk, maar de vraag zal zijn of het sociaal verantwoord is. Met de presentatie van de Mmax in plaats van de PGA-acc en de slechte schadeafhandeling lijkt het erop dat de NAM en de overheid zichzelf zich zo gecompromitteerd hebben, dat kalmpjes aan en voorzichtig al het gas uit het gasveld winnen nu politiek onhaalbaar is. Echter, ook als de NAM was uitgegaan van maximaal acceptabele bevingssterktes, zou zij anno 2012 toch geprobeerd om de kosten van gebouwherstel zo veel mogelijk te beperken. Het trauma van de bevolking zou dan niet veel minder geweest zijn. Zie ook het boek van Sam Gerrits. Ondertussen heeft de NAM de boorputten dichtgemaakt en enkele clusters gesloten. Om die te openen moeten dan nieuwe boorputten gemaakt worden hetgeen erg kostbaar is.

6.7. Vraag. Wat is de prognose van Mmax en de te nemen maatregelen?

Antwoord: De sinds 2014 genomen maatregelen zijn het jaarlijks verminderen van de gasproductie in combinatie met productiespreiding zodat er geen versnelde en lokale compactie ontstaat. Dit werd eerst toegepast in 2014 onder de gemeentes Loppersum en Ten Boer waar clusters boorputten zijn (80% vermindering van de gasproductie), als het belangrijkste epicentrum.[292]

Door het per 2024 afsluiten[293] van de aardgasproductie uit het Groninger veld worden de bevingen alleen maar minder en verder gespreid in de tijd. Als er bij hervatten van de gasproductie weer (voelbare) bevingen zijn, dan gaat weer het hele schademeldingsproces opnieuw beginnen of er kan dan gesteld worden: *Je hebt geld gehad en zoek het maar uit*. Dat laatste lijkt nu met het PECAG-rapport 2023 niet haalbaar.

Omdat dit na-ijlende proces van continuerende compacties een paar jaar zal doorgaan, zullen deze trillingen ook na het stoppen van de gaswinning voorkomen, maar door een verminderde en vlakke productie zullen die steeds kleiner worden. Dat de NAM in 2014 stelde dat: "*Ook als de gaskraan wordt dichtgedraaid zullen er bevingen blijven komen*" is een bewust ongenuanceerde, niet-gekwantificeerde uitspraak. De uitspraak dat "*het tot 20 of 200 jaar kan doorgaan*" is ook nogal vaag en overdreven. Dat is juridisch wel zo, maar die trillingen zijn erg klein.

6.8. Vraag. Kan met het schadepatroon een richtlijn voor reparatie opgesteld?

Antwoord: Dat verschilt per woningtypologie, dus ook per bouwperiode. Hieronder wordt het voorbeeld gegeven van de pre-1920 woning met steensmuren. Voor elk woningtype kan een dergelijk overzicht gemaakt worden; slim, licht of sterker, afhankelijk van het geconstateerde schadepatroon. Dit soort informatie met technische bouwtekeningen werd sinds 2017 door de TNO en NCG ontwikkeld en kwam ter beschikking aan geselecteerde aannemers. Aanvullend werden voor gelijksoortige woningen gedetailleerde versterkingsvoorstellen gemaakt.

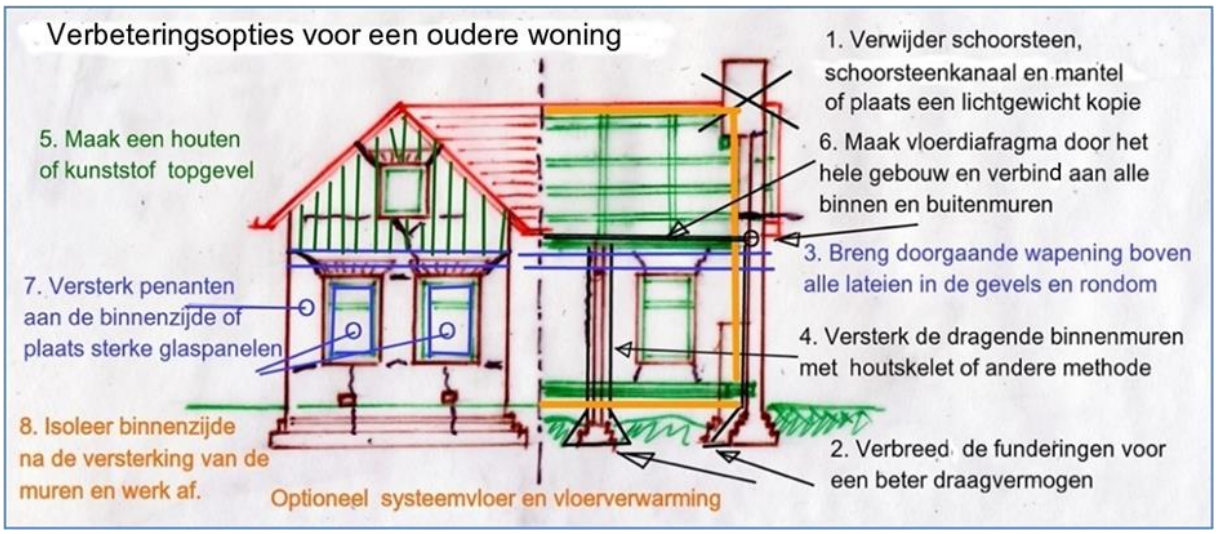
Met de periodieke aanpassing van de Mmax en het NPR-kaartje was het volgens die nieuwste NPR voor veel woningen seismisch gesproken niet meer nodig om deze te versterken.[294] Op basis van deze ontwikkeling ontstond er een discussie over de eerder aanbevolen sloop en nieuwbouw van veel rijtjeswoningen (belofte), maar volgens de laatste NPR-kaart bestond er geen risico meer voor '*near collapse'*. Bij de uitvoering van deze veranderde opstelling werden heel veel mensen economisch zwaar benadeeld ten opzichte van de mensen die wel een nieuwbouwwoning kregen.

---

[292] Wat niet werd vermeld (door de NAM) was dat in de clusters buiten de regio van de gemeente Loppersum (epicentrum) de gasproductie werd opgevoerd. Het resultaat daarvan was dat er een flinke beving kwam in Zeerijp op 8-01-2018 (PGA 0,11g). Het commentaar van de NAM was: "*Dat was te verwachten*". Men wist dus bij de NAM heel goed wat het effect zou zijn van het opvoeren van de gasproductie en had er weinig aan gedaan om de sterkte van bevingen te beheersen, dat wil zeggen te verminderen.

[293] In 2020 worden door de NAM veel noordelijke velden permanent afgesloten en is men doende de installaties af te breken. Een paar zuidelijke putten staan dan nog op een waakvlam. Wanneer een boorputtenlocatie volledig wordt afgesloten zal het nivelleren van de gasdruk in het reservoirgesteente langzamer verlopen. Dat kan betekenen dat wanneer er slechts enkele putten in het zuidelijk gedeelte van het veld op een 'waakvlam' blijven staan (voor noodgevallen) dat de productie onder de 5 miljard m^3/jaar moet blijven om schokken te voorkomen. Bij verdere uitputting zal de productie dan onder de 2 miljard m^3/jaar komen.

[294] Dat komt doordat de NPR stelt dat voorkomen moet worden dat de woning instort. Bij deze optie zal het wel nodig zijn dat na elke beving de schade aan de woningen gerepareerd moet worden. Wanneer dus niet versterkt wordt dan blijft de IMG nog wel tot in 2025 scheuren cosmetisch repareren en waarschijnlijk schadeclaims betalen voor de overlast.



Figuur 97. Verschillende seismische verbeteringen bij een oudere woning.

De hele discussie om de oude rijtjeswoningen wel of niet te vervangen is onjuist. De bevolking wil hoofdzakelijk schadevrij wonen. Sloop en sterkere (goed geïsoleerde) nieuwbouw garandeert deze optie. Alleen scheuren dichtsmeren geeft hoge kosten van het steeds weer opnieuw repareren, terwijl op middellange termijn de oude rijtjeswoningen toch (ingrijpend) verduurzaamd moeten worden. Echter, het in 2023 geconstateerde probleem is dat de nieuwe woningen wel beter geïsoleerd zijn (nieuwbouwnorm), maar wat betreft de gebruiksplanning of inrichting/infrastructuur zijn de woningen niet substantieel verduurzaamd.

De onderliggende problematiek was dat die oude NPR-kaartjes niet deugden en in de tijd ongeveer een jaar achter liepen bij de laatste Mmax-berekeningen. [295]

Als je de woningen zou versterken volgens die oude en hoge NPR-waarden, dan zouden er in werkelijkheid geen scheuren meer optreden bij een lage PGA (wens van de bevolking). Dan had men wel sterkere oude en slechte (verouderde, niet-geïsoleerde, niet duurzame) woningen gehad. Ook hier is een onderdeel van de problematiek van het ontbreken van een financieringsfonds voor het verduurzamen van de woningen.

6.9. Vraag. Wat zou meer inzicht in de bevingsprognose opleveren?

Het gaat hier over de nog te verwachten aardbevingen (na 2020), gecombineerd met de te verwachten schade, die invloed kunnen hebben op de aanpak van de problematiek in Groningen.

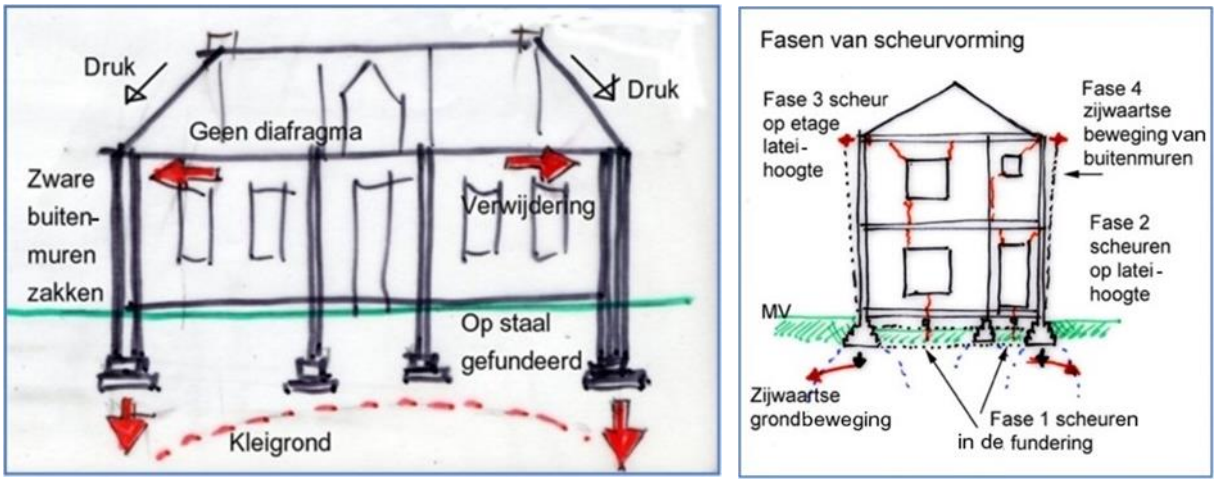
Antwoord. De prognoses van de nog te verwachten bevingen hangen sterk af van de toegepaste rekenmethoden met hun respectievelijke onzekerheden en veiligheidsmarges.

---

[295] Op basis van de trillingsmetingen van de KNMI en de nieuwste toekomstige productiecijfers van de NAM, die beïnvloed werden door overheidsmaatregelen, werden er periodiek nieuwe prognoses opgezet waar dan een lagere PGA uitkwam.

Die was dan wel nog steeds met onzekerheidsfactoren verhoogd, maar die onzekerheidsfactoren werden kleiner naarmate de tijd en kennis voortschreed. Deze nieuwe Mmax werd dan vertaald naar een nieuw PGA-contourenkaartje en dat werd doorgegeven aan de NEN-commissie, die dat dan weer in de NPR moest verwerken en publiceren. Door dit tijdrovende proces kwam het nieuwe PGA-kaartje soms een half jaar later. Het opstellen en publiceren van de versterkingsadviezen (VA's) die vervolgens op basis van dit late kaartje werden gemaakt, nam ook nog enkele maanden. Om deze te communiceren met de doelgroep kostte ook weer maanden. Tegen de tijd dat de woningeigenaar het VA kreeg, was de situatie al zodanig veranderd dat volgens de nieuwste NPR-PGA geen versterking meer nodig was.

Door nauwkeurig de relatie tussen de gasexploitatie en de bevingen te meten worden die onzekerheden minder, maar met de toegepaste rekenmethoden bleven de onzekerheidsmarge bestaan. Echter, er moet uitgegaan worden van de PGA-acc. Dat vereist een omschakeling van denken en doen. De vraagstelling over de prognoses is verkeerd.



Figuren 98. Met meer trillingen ontstaan progressieve schades.
Al beschadigde gebouwen (zonder plaat- of balkfundering of gevelringbalken of vloerdiafragma's) kunnen een progressie in scheurontwikkeling krijgen.

In 2023 is de door de NEN gepubliceerde Mmax per km^2 gedetailleerd en benaderd met een ongeveer 50% onzekerheidsmarge[296] boven op de werkelijke aardbevingssterkte. Bij vermindering van de bevingssterkte en een steeds grotere tijd tussen de bevingen, zal er nauwelijks nieuwe schade optreden, maar niet-herstelde gebouwen kunnen wel wat schadeprogressie ondervinden. Bij de identificatie van beschadigde gebouwen is het daarom noodzakelijk dat beoordeeld wordt of de mogelijkheid van scheurprogressie zich kan voordoen, onder andere door de analyse van de fundering. Van díe gebouwen kunnen dan direct de rondlopende muur/lateiverbindingen gemaakt worden en het etagevloerdiafragma. Bij ernstige zwakte in de fundering moet die dan ook worden ondersteund, versterkt of verbreed (vulpaletten- en platformontwerp of *base-isolation*).

De werkvolgorde kan de volgende zijn:

- Van elk van de 12 of 30 woningtypen kan een globale of gedetailleerde analyse gemaakt worden die aangeeft bij welke PGA wat voor soort schade optreedt.[297]
- Er kan een database gemaakt worden van alle woningtypen en risico's.
- Op basis van de geïdentificeerde woningtypen kan bepaald worden welke woningen de meeste schade zullen ondervinden tot maximaal een schadeniveau van DS1 bij lichte enkelvoudige aardschokken. In de provincie Groningen zou dat het niveau van bijvoorbeeld PGA 0,08g en PGA 0,1g voor twee van die woningtypes kunnen zijn.

[296] Die onzekerheidsmarge is feitelijk 100% want de PGA va de kaartjes is gebaseerd op de hogere verticale PGA en niet op de veel lagere horizontale die relevant is voor de gebouwbelasting.

[297] Het doorrekenen van alle woningen op een PGA van hoger dan 0,2g is niet zinvol omdat het verschil tussen dezelfde type woningen minimaal zal zijn. Afhankelijk van de gekozen methode kan dat tussen de 5.000 euro en 50.000 euro per woning kosten, terwijl de uitkomst of de versterkingsmethode hetzelfde blijft. De basissterkte van een woningtypologie is wel belangrijk. Wanneer in een aardgasexploitatiegebied alle woningen volgens de seismische code zijn gebouwd (resistent tegen bevingen met PGA 0,2g) zal het schadeniveau bij bevingen van PGA 0,1g aanzienlijk minder zijn dan de huidige situatie in Groningen.

- Voor de geïdentificeerde woningtypen kan dan een versterkingsplan vanuit het te verwachten epicentrum worden opgesteld, zodat deze bij een nieuwe beving zeer weinig schade oplopen.
- De aardgasonttrekking zal dan zo gemonitord en gestuurd moeten worden dat de bevingen niet hoger worden dan een PGA die schade volgens het DS1-niveau veroorzaakt. In deze opstelling blijven er twee werkstromen voor bouwkundige aanpassing. Door het NCG voor het seismisch versterken tot het voorkomen van DS1-schade. De tweede is door het IMG, met het blijven repareren van de gebouwen die na de versterking opnieuw de DS1-schade oplopen.[298]
- Bij gebouwen met een lage gebruikswaarde, waarvan het niet economisch is om deze te versterken en te verduurzamen, kan overwogen worden tot sloop en nieuwbouw.[299]
- Woningeigenaars met gebouwen die volgens de beoordelaars een 'eigen gebrek' hebben, moeten een gunstig financieringsaanbod krijgen om ook dat op te heffen.[300]
- Gebouwen waarbij behalve de seismische versterking ook verduurzaming plaats gaat vinden[301] moeten standaard een financieringsregeling krijgen waarbij de woningeigenaar niet verplicht mag worden om direct de kosten van de verduurzaming zelf te betalen. Dit financieren door de woningeigenaar kan dan geschieden op basis van lagere energie- en onderhoudskosten of verrekend worden bij de verkoop of overdracht van de woning.[302]

6.10. Vraag. Welke internationale ervaring is bruikbaar voor Nederland?

Antwoord. Internationaal is al veel bekend, maar niet altijd een-op-een toepasbaar voor de Nederlandse woningbouw. De oplossingen die in het Burgerboek staan, zijn enerzijds gebaseerd op die internationale ervaring en anderzijds op de Nederlandse woningbouw. Deze internationale kennis is naar de Nederlandse situatie vertaald, waarbij een paar verbeteringen zijn voorgesteld.

Hoofdstuk 7 van het Burgerboek geeft een paar voorbeelden aan die tijdens de designcompetitie werden gepresenteerd. Deze zijn onder andere gebaseerd zijn op bestaande buitenlandse technieken zoals de *Roller base-Isolation*. Twee toegevoegde verbeteringen zijn de 'Constructieve Glaspanelen' en de 'Elastische Rubber-PUR Platform Sandwich' *base-isolation.*[303]

---

[298] Een organisatorisch probleem is dat de twee organisaties NCG en IMG naast elkaar bestaan met een eigen beslisstructuur en gebouwherstelafdeling. Met een poging om de schadeafhandeling zo voorzichtig mogelijk te doen, wordt extreem veel vertragende rapportage en juridische input gegeven.

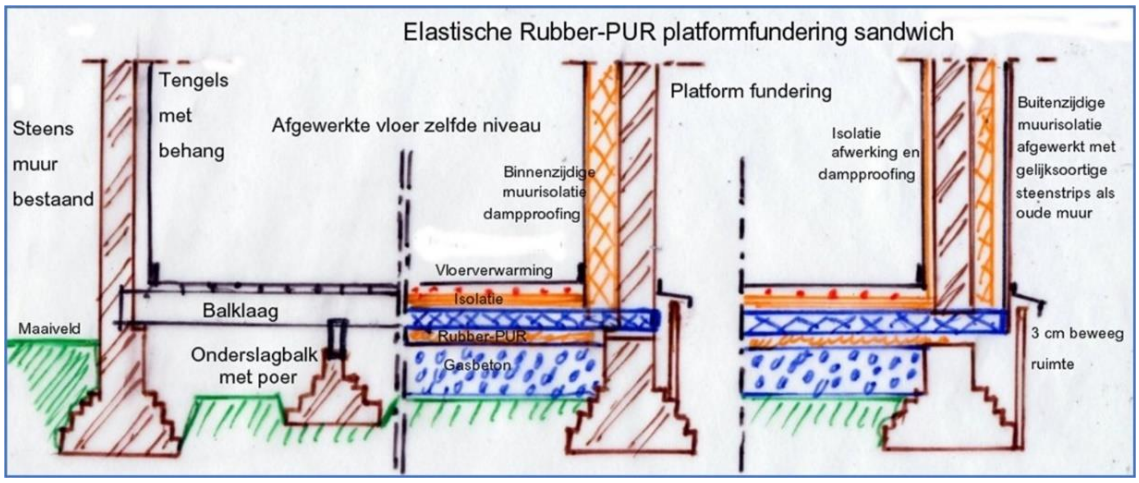
[299] In dat geval kan er ook voor gekozen worden om niet voor iedereen individuele woningen terug te bouwen, maar vooral te investeren in wooncollectieven of woongroepen met gemeenschappelijke diensten en voorzieningen waardoor een duurzame maatschappijontwikkeling mogelijk is met lage zorgkosten voor kleuters, kinderen en ouderen.

[300] Dat kan bijvoorbeeld via een bouwfonds, waarbij de meerkosten pas worden verrekend bij het vertrek van de woningeigenaar. Dit betekent een langetermijninvestering van de NAM en overheid, die niet meer hoeft te kosten dan ongeveer 1% van de nettowinst van de aardgasopbrengsten (1% = 4 miljard euro).

[301] Het is weinig relevant om woningen te versterken zodat ze nog vele jaren kunnen dienstdoen, zonder ook de verduurzaming mee te nemen. Een mijnbouwbedrijf dat energiegerelateerde bodemschatten uit de grond haalt en er honderden miljarden aan verdient, zou ook maatregelen kunnen financieren die het energieverbruik verminderen.

[302] Hiervoor moet dan een speciaal woningbedrijf opgericht worden dat ongeveer 50 jaar moet blijven bestaan en de verrekening doet van de energierekeningen en de verkoop. Het kapitaal hiervoor kan van de overheid komen of van de pensioenfondsen. Bij goede verduurzaming zullen de woningen een goede overwaarde krijgen tegen de tijd van overdracht. Het duurzame onderhoud van het gebouw moet in de financieringsregeling besloten liggen.

[303] De *base-isolation* opties werden ontwikkeld vanwege de aanhoudende visie (van 2014 tot en met 2018) van de hele hoge PGA en eigenlijk alleen economisch relevant voor fragiele monumenten die van buiten of van binnen geen structurele versterking mochten.



Figuur 99. Verschillende opties van base-isolation kunnen worden ontwikkeld.

De ingenieursbureaus die in opdracht van de NCG de versterkingsadviezen (VA's) [iii] maken, voeren die opdrachten uit op basis van bestaande producten. Als nieuwe producten beschikbaar zijn, worden deze technieken uit het buitenland geïmporteerd.[304] Zonder een leidende organisatie die inzicht heeft in de constructieopties zullen er geen nieuwe of kostefficiënte producten op de markt komen. Het seismische versterkingsproces wordt als een tijdelijke zaak gezien, immers wanneer de gasproductie stopt, stoppen de aardbevingen, dus is er geen grote noodzaak voor duurzame nationale investeringen in nieuwe technieken.

6.11. Vraag. Hoe kan het Burgerboek bijdragen aan vernieuwende oplossingen?

Antwoord. Dit ligt besloten in het antwoord op de vorige vraag. De NAM-Arup heeft met haar designcompetitie een stap in de goede richting gedaan, maar met ten minste 4 beperkingen.

1. De funderingen waren niet in die competitie meegenomen.
2. De basis voor de berekeningen was veel te zwaar/hoog vanwege de NPR-kaartjes.
3. De NAM zou geen financiering voor productontwikkeling aanbieden of zelf ontwikkelen.
4. Alleen ontwerpen van Nederlandse bedrijven werden beoordeeld die het product dan verder zelf op de markt moesten zetten (zonder garantie van afname van dat product).

Voor nieuwbouwprojecten ligt de situatie anders. Met de huidige bouwnormen hoeft men nauwelijks iets te doen om een gebouw aardbevingsbestendig te maken bij een PGA kleiner dan 0,2g. De extra kosten voor een betere samenhangende constructie en het in aanmerking nemen van de Basis Regels van paragraaf 6.2, hierboven, zullen de extra kosten voor lage baksteenconstructies en voor gewapend beton (skelet) bouw niet meer dan 5% van het bouwbudget vragen. Voor metaal- en houtconstructies (houtskeletbouw, HSB) zijn er geen extra kosten. Voor complexe gebouwvormen zijn extra dilataties op de juiste plaatsen nodig.

6.12. Vraag. Kan een combi aanpak versterken/verduurzamen kosten beperken?

[304] Wanneer het duidelijk zou zijn dat er een grote en continue afzet zou zijn van een nieuw of eigen product, was het mogelijk geweest om een nieuw product op de markt te brengen. Commercieel was het veiliger om een beproefd geïmporteerd product in te zetten.

Antwoord: Deze twee moeten **tegelijk worden uitgevoerd**. Het is hierbij ook noodzakelijk om te weten wat de uitvoering van de regeling van de *Bestuurlijke Afspraken* van 6 november 2020 zal zijn. Het IMG gaat hoofdzakelijk over reparaties en herstel van gebouwschade, zonder versterken. De NCG gaat over versterken (en nieuwbouw), maar de keuze tussen de twee is uitermate vaag. De scheiding tussen de twee instituten is een organisatorische tekortkoming. Het vastgestelde budget van 1.500 miljoen euro (*Bestuurlijke Afspraken 2020*) gaat niet in op het verduurzamingsaspect. Dit is ook een grote tekortkoming, want de meeste woningeigenaren hebben daar de financiering niet voor. Dat de NCG en IMG los van elkaar bestaan is onhandig/onjuist.

Om eerst een gebouw in de steigers te zetten of het interieur uit te ruimen voor seismische versterking en in een veel latere fase de woning te gaan verduurzamen is extra kostenverhogend. Een groot deel van de bouwkosten zitten in de planning, organisatie, het inrichten van de bouwplaats en de opruimacties. Een hersteloperatie moet volledig gepaard gaan met verduurzamen. In deze optie is het verstandig om beschadigde muren en muur-vloerverbindingen licht te versterken in plaats van slechts cosmetisch herstel toe te passen. Een beschadigde muur kan aan de binnenkant versterkt worden en hoeft niet per se te worden afgewerkt wanneer deze binnenzijdig naderhand geïsoleerd wordt. Hetzelfde geldt voor een buitenzijdige reparatie en isolatie.

Als een gebouw thermisch goed geïsoleerd moet worden dan zijn in eerste instantie de muren (grootste warmteverliesoppervlak aan m^2) en de ramen (grootste warmteverlies/m^2) belangrijk, daarna het dak (bij tussenwoningen het grootste buitenoppervlak) en de beganegrondvloer. De buitenmuren van de gebouwen met grote raampartijen zijn seismisch de zwakste schakel in het gebouw. Die muren kunnen binnenzijdig of buitenzijdig versterkt worden (sterke glaspanelen).

Bij binnenzijdig versterken en isoleren houdt dat het eventueel verplaatsen van radiatoren en elektra in, voorts keuken en badkamer aanpassen, maar ook de afwerking. Als het toilet of de trap tegen de buitenmuur aanzit, levert dat extra problemen en kosten op. In kleine woningen is er geen ruimte om binnenzijdig 15 cm van de kamers af te halen voor thermische isolatie of structurele versterking. In een dergelijke situatie zal buitenzijdig isoleren/versterken de voorkeur hebben.



Figuren 100. Houtskeletbouw of het principe (metalen profielen) voor muurversterking
Houtskeletbouw binnenin is een kostefficiënte en flexibele bouwmethode voor lichte versterking, waarbij deze ingevuld kan worden met isolatiemateriaal. Aan de buitenzijde toegepast kunnen ze worden afgewerkt met steenstrips, hout- of kunststofbekleding. Bron NAM-designcompetitie 2014.

- Aanbouwen en onregelmatige gebouwvormen moeten eerst gedilateerd worden; dit is vooral het geval bij lange gebouwen, aanbouwen en grote boerderijen.
- Bij zwakke funderingen moeten deze eerst verbeterd worden. In een dergelijke situatie is de beste oplossing het verwijderen van de houten vloer, fundering verbreden/versterken en dan

een nieuwe geïsoleerde systeemvloer met LTV-vloerverwarming aanleggen. Bijvoorbeeld een dragende betonvloer die aan de oude fundering verbonden wordt.

- Met de toepassing van metalen profielen op de buitenmuren of in de kap moeten lange warmtelekken vermeden worden.[305] Dit is wat minder met HSB.
- Binnenzijdig versterken en isoleren kost woonruimte, maar heeft economische voordelen.[306] Om binnenzijdig te versterken zullen de muren gestript moeten worden. Deze moeten dan na het versterken weer netjes afgewerkt worden. Om dat te doen zonder eerst de buitenschilmuren niet meteen goed te isoleren is energie- en kapitaalverspilling.
- Het voordeel van binnenzijdig versterken en isoleren is dat er met een goede afwerking aan de binnenzijde geen nieuwe schades meer zichtbaar zullen zijn.
- Het voordeel van buitenzijdig versterken en isoleren is dat je de kleine buitenzijdige niet-constructieve schades (kleiner dan een scheur van 1 mm breed) in het metselwerk niet eerst hoeft weg te werken.
- Na het versterken van de muren (eventueel met constructieve glaspanelen) moeten de muren aan alle vloeren worden verbonden, zodat alle vloeren samen één diafragma vormen.
- Het dak zonder zware gemetselde bakstenen schoorsteen levert bij lage seismische belastingen weinig problemen op; in dat geval zal het VA daar geen aandacht aan besteden en zal de aanvullende isolatie voor de kosten van de gebouweigenaar zijn.

6.13. Vraag. Bestaat er nog een veiligheidsrisico met de verminderde gasproductie?

Antwoord. **Nee.** Overigens heeft er nauwelijks een seismisch veiligheidsrisico bestaan bij een PGA kleiner dan 0,1g. Dat gold hoofdzakelijk voor al reeds bouwvallige constructies en gebouwen waar seismisch gesproken verkeerde aanpassingen waren gemaakt (open keukens, doorgezaagde balken). In 2013/2014 werden alle hoogrisico-gebouwelementen in het epicentrum (Loppersum regio) gedetecteerd en verholpen.

Om meer duidelijkheid te krijgen in het risico van gebouwinstortingen en wat acceptabel is in Nederland werd in maart 2015 de Commissie Meijdam opgericht die hierover uitspraak zou moeten doen.[lxiv] Het 'normale' veiligheidsrisico dat in de bouw in Nederland is 1:100.000 of 10^{-5} doden per capita per jaar, dat wil zeggen niet meer dan 1 dode per 100.000 bouwvakkers per jaar.

Op een bevolking van 500.000 in de provincie Groningen zou die 10^{-5} doden per capita per jaar betekenen dat er dan gemiddeld **5 personen per jaar zouden overlijden door het instorten van gebouwen door aardbevingen.** En dat terwijl er in heel Nederland nooit iemand is overleden door het instorten van een gebouw, althans niet door een aardbeving. Het bestaande risico bij aardbevingen is dus kleiner dan 10^{-9} doden per capita per jaar. Een veel hoger risico vaststellen voor overlijden door opzettelijke gebouwschade toe brengen (geïnduceerde bevingen) als noodlottig ongeluk aan te merken is niet logisch of juridisch toelaatbaar. De risicobepaling voor geïnduceerde aardbevingen mag dus eigenlijk niet groter zijn dan voor infrastructuur met 10^{-7} doden per capita per jaar.

Op basis van deze "norm" is het in Nederland **sociaaljuridisch niet toelaatbaar of toegestaan** om **moedwillig** (want geïnduceerd) aan meer dan 100.000 gebouwen van woningeigenaren zware schade toe te brengen, inclusief tientallen of honderden **doden te veroorzaken door gebouwinstortingen**.

---

[305] Zie document 'Lange Warmtelekken Vermijden' op www.nienhuys.info

[306] Zie document 'Binnenzijdig of Buitenzijdig Isoleren' op www.nienhuys.info

De NAM stelde niet: [307] **"*Dat mag helemaal niet, dat gaan we niet doen zo*."**

Althans dat kwam in ieder geval niet naar buiten.

In oktober 2019 komt er een gedetailleerd boek uit over de 'juridische aspecten van de aardbevingen in Groningen'. [lxv] Daarin staat dat:

"*Enkele van de conclusies waren dat fundamentele rechtsbeginselen als het recht op veiligheid en het recht op ongestoord woongenot met voeten werden getreden alsook dat sprake was van een schrijnende onevenwichtigheid tussen de partijen als het gaat om de afwikkeling van schade.*"

En verderop:

"*Zowel bij de totstandkoming van de wettelijke grondslag voor aansprakelijkheid van de exploitant (art. 6:177 lid 1, aanhef en onderdeel b BW) als van het wettelijk bewijsvermoeden voor het vereiste causaal verband (art. 6:177a BW) is immers uitdrukkelijk overwogen dat gedupeerden hun schade op eenvoudige en ruimhartige wijze vergoed zouden moeten krijgen*."

Het merkwaardige van deze situatie is dat de NPR-commissie (of de NEN-commissie) de PGA-waarden van de KNMI-experts overnam, zonder de vraag te stellen of dat reëel was, of dat het in Nederland mogelijk was dat een mijnbouwbedrijf een **groot deel van de bebouwing in een provincie plat zou leggen** door hun activiteiten (en tientallen doden per jaar).

6.14. Vraag. Waarom had de NPR of NEN-commissie niet aan de bel getrokken?

Antwoord. De NPR-commissie had meer een overzicht op de gehele problematiek moeten hebben, dan zonder kritiek de Mmax-sommetjes van de NAM-KNMI moeten accepteren. Ze hadden op hun vingers kunnen natellen dat met een grondversnelling van 0,36g (NPR 9998:2015) het merendeel van de 'op staal' gebouwde oude bebouwing (pre-1920) zware schade zou oplopen en gedeeltelijk zou instorten als bij een grondversnelling van 0,05g (de werkelijke horizontale PGA) al 10% van alle gebouwen schade had opgelopen en meer dan 75% van de pre-1920 gebouwen flinke schade. Dan heb je het over meer dan 5.000 woningen.

Het (interne)[308] rapport van Arup 2013: Groningen 2013 *Seismic Risk Study - Earthquake Scenario-Based Risk Assessment*, [lxvi] geeft de aantallen schades aan van de meest kwetsbare woningtypen (bouwjaar van voor 1920). Kleine groepen woningen uit elk dorp en bouwperiode werden geanalyseerd, dus de tabel is aardig representatief voor alle woningen.

[307] Al in begin 2014 was door mij de zeer hoge PGAg meteen beoordeeld als technisch en juridisch-sociaal onmogelijk in Nederland, gebaseerd op jarenlange buitenlandse ervaring en de kennis van de sterkte (PGA) van een aardbeving die bijna alles zou vernietigen. In de stafvergadering van de afdeling 'bouwkundig versterken' werd vermeld dat de geponeerde waarde van PGA 0,42g volstrekt onlogisch was. Later werd de juridisch-sociale onmogelijkheid een paar maal per e-mail aan de directie medegedeeld. Geen reactie.

[308] De gereviseerde versie 7 van eindnotitie [V] werd in 2018 naar de Tweede Kamer gestuurd. Deze en andere studies over het Groningse gasveld waren wel beschikbaar voor de NPR 9998 commissie.

Tabel 9. Damage statistics. Survey undertaken by Arup, May 2013.

City	URM bouwjaar	R_{epi} (km)*	PGAg	PGA obs (m/sec^2)	DS1 (%) Lichte schade	DS2 (%) Zwaardere schade
Loppersum	< 1920	6,28	0,051	-	61,5[309]	3,8
Bedum	1920-1960	7,4	0,045	-	19,1	0,0
Middelstum	1960	1,29	0,079	0,005	0,0	0,0

URM = UnReinforced Masonry (ongewapend baksteen metselwerk). R_{epi} is de straal van het epicentrum, het onderzochte gebied. Hier is te zien dat de oude bouw (pre-1920) speciaal kwetsbaar is voor lichte aardbevingen (PGA 0,05g), terwijl nieuwere woningbouw in Middelstum (van na 1960) met een PGA 0,079g geen schade zou ondervinden.

Uit de tabel: Wanneer de maximale PGA 0,21g is (uit het rapport), dan is dat bijna driemaal zo zware belasting als de beving in Middelstum (0,079g) of viermaal zo zwaar als de beving in Loppersum (0,051g). Dat houdt dan ook een verhoging van het schadeniveau tot DS3 en DS4, waarbij er ook gedeeltelijke instortingen plaats kunnen vinden. Dit is juridisch en sociaal onacceptabel.

De Eurocode 8 en andere wereldwijde seismische codes geven aan dat alle metselwerk in bevingszones boven de PGA 0,2g (horizontale belasting) als gewapend of omsloten metselwerk moet zijn uitgevoerd. Andersom gesteld: alle ongewapend metselwerk (Nederlandse woningbouw) dat belast wordt met PGA groter dan 0,2g kan scheuren en eventueel bezwijken. Dat is zeker het geval bij oude gebouwen met veel ramen in de gevels, zonder brede raampenanten of zonder goed aan alle muren verbonden vloerdiafragma's zoals het geval is in Groningen.

6.15. Vraag. Wat was de invloed van de PGA uit 2015 op de te nemen maatregelen?

Antwoord. Er zijn twee categorieën van invloeden:

1. De sociale invloeden op de bevolking waardoor er waarschijnlijk de **onveiligheidsgevoelens en stress** ontstonden of verergerden door het perspectief van vernietiging van hun eigendommen. De waardedaling is uitgebreid geanalyseerd op de sociale en psychologische invloeden. Zie bijvoorbeeld eindnoten. [xviii en xxv] Als reactie op de ontstane sociale onrust zijn er actiegroepen opgestaan en is er politieke druk uitgeoefend om het gaswinningsbeleid aan te passen. Deze invloeden bij de bevolking werden waarschijnlijk verergerd door de pers met rapportages van wereldwijde aardbevingscatastrofes met vele doden en grote puinhopen (zonder toelichting).

2. De economische en organisatorische invloeden. De zeer hoge grondversnellingen van de geïnduceerde aardbevingen hielden in dat de NAM voor de overeenkomstig zeer hoge kosten van bouwkundig herstel moest opdraaien.[310] Hierdoor zou de rentabiliteit van de gaswinning voor de NAM zwaar onder druk komen te staan. De noodzakelijke periode voor bouwkundige versterkingen zou door gebrek aan capaciteit meer dan 10 jaar duren. Een groot aantal oudere woningen (pre-1970) zouden gesloopt moeten worden en opnieuw gebouwd. Het alternatief was om ze op hele dure *base-isolation* te zetten. Slopen plus nieuwbouw van rijtjeswoningen had eveneens een lang traject, waarbij de woningcorporaties betrokken waren en ook gemeentelijke planning. Voor elk sloop- en nieuwbouwproject waren tot 2021 **gemiddeld 17 keukentafel-gesprekken nodig.**

[309] De hoge getallen aan gebouwschade zijn een indicatie dat de woningen zwak zijn en aanvullend onderzoek noodzakelijk is om te voorkomen dat veel woningen grote schade zouden oplopen bij zwaardere bevingen.

[310] De eerste berekening op basis van de eerste versterkingsbegrotingen van Arcadis en de door Arup berekende aantallen woningen uit de Basis Administratie Gemeenten (BAG), gecombineerd met de kwetsbaarheidscurves, resulteerde in een versterkingsbudget van meer dan 20.000 miljoen euro.

Het is theoretisch mogelijk dat na 2023[311] de rest van het restant gas (een vijfde van de totale hoeveelheid) er langzaam uit kan lopen als gecontroleerde gasproductie, waarbij de bevingen onder het voelbare niveau gehouden kunnen worden.

Met de 2022 kennis van het reservoir kan het zó gestuurd worden dat de bevingen voor mensen niet voelbaar zijn (onder de PGA 0,03g). De huidige nog steeds hoge prognoses geven aan dat de bevingen op een bepaald niveau blijven steken (PGA kleiner dan 0,05g) ook tot na 2030. Bij een goede monitoring en spreiding van de winning, met beperkte gaswinning uit meerdere bronnen zou dat zonder veel schade kunnen, maar of dat (politiek) wenselijk is, is een andere vraag.

6.16. Vraag. Hoe kon de aardbevingsproblematiek zo'n grote sociale onrust veroorzaken?

Dit was namelijk niet het geval in de regio Alkmaar[312] met gelijksoortige bevingssterkten.

Antwoord. Er zijn veel verschillende oorzaken:

1. Het grotere Groningse gasveld (vergeleken met Alkmaar) veroorzaakte dat het aantal en de frequentie van de bevingen ook veel groter was, met meer schade aan de woningen.
2. Groningen is een economisch krimpgebied geweest, waardoor er veel oude woningen en agrarische schuren staan die vanwege hun ouderdom en slechte fundering meer schade kregen.
3. De mobilisatie van actiegroepen in de provincie Groningen (zoals de GBB) was beter georganiseerd dan in Alkmaar.
4. De niet-aflatende berichtgeving door de media van veel zwaardere toekomstige bevingen voor Groningen, ondersteund door de NPR en diens "normgeving".
5. De extra rapporten van internationale commissies over de eventueel mogelijke Mmax.
6. De eindeloze en kostbare procedures die de NAM veroorzaakte door de tekortschietende schade-inspecties en -rapportages waardoor er veel tijdrovende arbitrage ontstond. In feite was het herstel niet 'ruimhartig' zoals in 2013 beloofd werd.
7. De ontdekking in 2015 (was in 2013 nog niet bekend) dat als reactie op grotere 2012 Huizingebeving, de NAM (+ overheid) de aardgasproductie uit het gasveld had verhoogd.[313]
8. Het ontbreken van realistische seismische en goede financiële opties voor de woningeigenaren om hun gebouw te versterken en tegelijkertijd te verduurzamen.[314]
9. Cosmetisch herstel en daarna het terugkeren van scheuren in de muren.
10. De media hebben door alleen op de ergste en meest emotionele situaties te focussen,[315] de ontstane problemen van enkelen uit bevolking uitvergroot. De media waren niet neutraal in

[311] De planning was 'eind 2023 de gaskraan dicht', met uitzondering van één bron (voor noodgevallen). De rest van de putten zouden afgesloten gaan worden. Deze strategie, namelijk met slechts een centraal tappunt is niet goed, want als die bron wel gebruikt gaat worden, dan zal dat geconcentreerde compactie opleveren. Als er een reserve moet zijn, dan moet er van alle velden slechts één bron van die cluster openblijven, zodat gespreid gas kan worden gewonnen en gas gedurende de zomer opgeslagen worden voor de winter.

[312] Aardbeving 09-09-2001 magnitude 3,5. Is bijna gelijk aan de bevingen in 2012 Huizinge (magnitude 3,6).

[313] Deze productieverhogingsmaatregel was grotendeels gebaseerd op bevingsdata-analyse uit het verleden en de kennis dat de volgende aardschok waarschijnlijk nog wel een paar jaar zou duren en niet veel groter zou worden. Dat bleek het geval bij de Zeerijp aardbeving januari 2018, 5,5 jaar later. De productie was iets naar het zuiden verlegd en verhoogd, omdat de cluster rond Loppersum afgesloten werd.

[314] Dit zijn twee zaken. A: Seismisch moet je niet alleen de scheuren dichtsmeren, maar **doorlopende** wokkels aanbrengen, verbonden met de dwarsmuren. Dat gebeurde niet terwijl er wel zwaardere bevingen werden aangekondigd. B: Financieel was het nodig om een langlopend bouwfonds op te zetten waaruit verbetering en verduurzaming gefinancierd kon worden en pas bij de overdracht van de woning verrekend hoefde te worden.

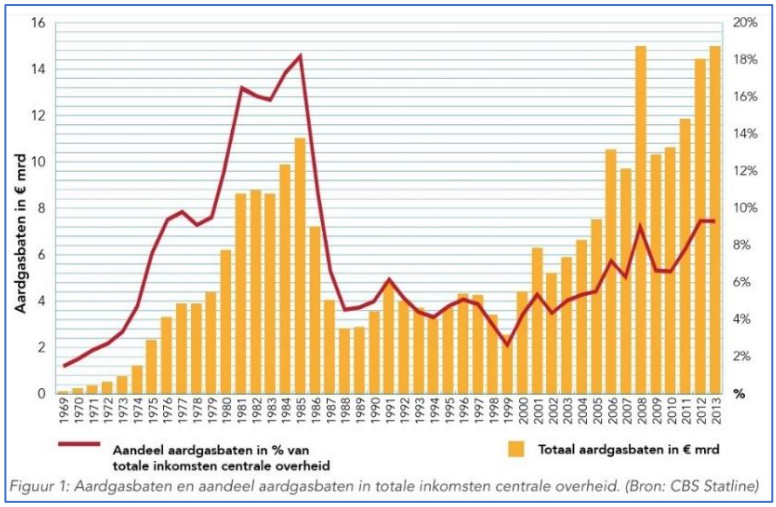
hun rapportages, maar nalatig om die in de juiste context te plaatsen en hebben geen onderzoek gedaan over wat er werkelijk aan de hand was. Die capaciteit hadden ze niet.

11. Wetenschappers van de RUG (met *Gronings Perspectief*) hebben met haar onderzoeken en rapportages [xxviii] onbewust een extra en aanvullende emotionele focus gecreëerd.
12. De media die de rapporten van de RUG weer breed verspreidden. Hiermee werden deze een extra breekijzer om de opinie van Den Haag te wijzigen.
13. De overheid die rond het besluit om de gaskraan dicht te draaien eerst twijfelachtige argumenten aandroeg zoals de leveringszekerheid tijdens extra koude winters.
14. Alle beleidspersonen en de SodM die het steeds weer hadden over de 'veiligheid' van de bevolking, terwijl die veiligheid helemaal niet in gevaar was.

Belangrijke elementen waren de overheidsbegroting en de politieke besluitvorming.

Begrotingspolitiek en populisme. De gasbaten waren goed om de nationale begroting in balans te houden, waarbij de inkomsten werden gebruikt voor een betere gezondheidszorg en dergelijke te financieren; grote investeringen werden hoofdzakelijk in de Randstad vertimmerd.

Een uitstellend milieubeleid. Het probleem van de CO_2-uitstoot en de globale opwarming van het klimaat is al sinds 1980 bekend, maar met CO_2-uitstoot door de verbranding van het gas en kolen, en met methaanuitstoot door de groeiende veeteeltsector werd niets gedaan. Het belasten van de veeteeltindustrie voor die methaan- of stikstofverbindingen-uitstoot was (CDA)politiek niet populair.



Figuur 1: Aardgasbaten en aandeel aardgasbaten in totale inkomsten centrale overheid. (Bron: CBS Statline)

Figuur 101. De aardgasbaten en aandeel aardgasbaten in totale inkomsten centrale overheid.

---

[315] Een bekend verhaal is dat van de onderwijzer in Delfzijl die vertelde dat "*de kinderen bij de moeder in bed kropen omdat ze bang waren*". (PECAG Boek 2, par 3.5.2. pagina 441). De invloed van nerveuze of bange ouders is waarschijnlijk de belangrijkste invloed dat kinderen bang worden. Ouders worden wellicht nerveus van onverklaarbare knallen, trillingen en daarna scheuren in de muren. Van het geluid van een passerende metro in Amsterdam worden de kinderen niet bang, maar dat is bijna hetzelfde geluid als van een aardbeving. Een kind kan geen evaluatie maken van de massa van een schoorsteen, de zwaartekrachtversnelling en of het dak sterk genoeg is. Een totaal gestreste moeder die haar kleine kind niet meer alleen durfde te laten slapen vanwege haar angst dat de schoorsteen door het zou storten kan bepalend zijn. Aan de andere kant kunnen kinderen ook vanzelf angstgevoelens krijgen, maar niet van instortende schoorstenen. De angstgevoelens bij de bevolking werden hoogst waarschijnlijk mede gecreëerd of versterkt door de berichtgevingen in de media.

Van de media kun je bij complexe zaken zoals de berekening van de Mmax wellicht niet verwachten dat ze zelf daar onderzoek naar gaan doen. Zo lang de verwachte PGA hoog was, hadden media en actiegroepen gelijk met betogen dat de gaskraan dicht moest. Rampverhalen worden door de media uitvergroot, speciaal als je een groot bedrijf als boeman kunt aanwijzen. Maar in dit geval was de overheid zelf de boeman. Die had kunnen ingrijpen bij die hoge prognose van de PGA.

Als toelichting op de bovenstaande 14 punten het volgende:

Ad punt 2 is veroorzaakt door gebrek aan nationale decentralisatie. Dit heeft geleid tot een concentratie van activiteiten, industrieën, woningbouw en bureaucratie in de Randstad. Gebrek aan decentralisatie leidde geleidelijk tot economische krimp in het Groningse platteland. Het resultaat was gebrek aan inkomen en investeringen, en weinig nieuwbouw of onderhoud aan het woningbezit.

Ad punt 2 is daardoor ook gerelateerd aan een liberaal industriebeleid en populisme van de overheid. Belangrijke Nederlandse industrieën werden matig belast en hadden via lobbystructuren invloed op het kabinetsbeleid. In het geval van de NAM werd er door de overheid heel veel winst gemaakt uit de gasexploitatie (85% van de opbrengst). Er was voor het mijnbouwbedrijf voor het jaar 2000 (figuur 78) een beperkte ruimte om in het wingebied te investeren. De poging van de overheid om sinds 1970 gebiedsontwikkeling te doen in de Eemsdelta werkte niet. Zelfs werd rond 2022 de aluminiumfabriek gesloten.

Ad punt 4. Een heilig vertrouwen/geloof in wetenschappers. Vanaf 1970 werd er gesteld dat men (de NAM) niet precies wist wat er zich 3 km onder het maaiveld afspeelde. Daarom werd er sterk gemonitord en verder onderzoek gedaan, maar ‘precies’ is een relatief begrip, je kan eindeloos onderzoeken om het steeds preciezer te analyseren.[316] Het KNMI is de Nederlandse autoriteit op het gebied van aardbevingen en heeft al jaren voor 2012 de geïnduceerde aardschokken op 19 februari 1997 (Mw 3,4) en 14 juli 1998 in Roswinkel (Drenthe) uitgebreid onderzocht.[lxvii]

Ad punt 5. Het is belangrijk om duidelijke normen en regels te stellen aan (technische) processen, constructies en gedragingen waardoor ook voorkomen kan worden dat er fouten gemaakt gaan worden of de veiligheidseisen worden overschreden. In het geval van de Europese aardbevingscode was het in het Nederlands **vertalen een overbodige activiteit**, want alle ingenieurs en grote aannemers konden die bestaande Engelse norm wel lezen en begrijpen. Wat wél nodig was dat het bij de Eurocode behorende Nederlandse aardbevingskaartje nader werd gespecificeerd voor de sterkte van de bevingen in Groningen. Dat ging fout met zowel de Mmax-berekeningen als de omzetting van de Mmax naar de PGA als de toepassing van de PGA.

Ad punt 6. Het idee was om een zo rechtvaardig[317] mogelijk systeem op te zetten. Na de Huizingebeving werd er door de NAM een ABC-procedure opgesteld voor het vaststellen van de aardbevingsschade. Die procedure was in theorie goed, maar de inspecteurs die deze moesten toepassen hadden te weinig aardbevingskennis en kregen ook de instructie dat ze niet naar funderingen mochten kijken. Bovendien probeerde de NAM steeds nieuwe uitzonderingregels in te voeren (om minder schadevergoedingen uit te keren). Procedure goed, uitvoering incompleet, toepassing fout.[318]

---

[316] Omdat men het allemaal niet ‘heel precies’ wist, heeft men verschillende onzekerheden gestapeld, waardoor die uitkomsten nog eens flink verhoogd werden en vervolgens dat als “wetenschappelijk berekend” naar de NAM teruggekoppeld. Daarna kwam de hele zware toekomstige beving met PGA 0,42g zonder toelichting in de media terecht.

[317] Die rechtvaardigheid was dan vooral vanuit het gezichtspunt van de NAM die niet voor andere schade dan door aardbevingen wilde betalen. Wel werden de kosten van de arbitrage ook door de NAM betaald. Er was echter al een paar honderd miljard euro’s aan het aardgas verdiend. Industrieën die kapitale winst maken hoeven bij een liberale overheid (VVD-CDA) geen investeringen te doen in de regio waar ze die winst weghalen, en ook geen reserves aan te leggen voor de milieuschade die hun bedrijf op de duur veroorzaakt.

[318] Er werden in de beginfase 2014 zelfs gebouwen die geen aardbevingsschade hadden op *base-isolation* gezet (gemeentehuis Loppersum), terwijl er ook gebouwen waren met mogelijk aardbevinggerelateerde funderingsschade die werden afgekeurd voor versterking of vergoeding. Woningeigenaren die het niet eens waren met een beslissing van de NAM-inspecteurs over de geleden schade konden arbitrage aanspannen, en daarna hoger beroep. Terecht, maar erg tijdrovend en kostbaar; extra kostbaar omdat de NAM in het begin steeds probeerde om die funderingsschade uit te sluiten. Uiteindelijk werd ongeveer driekwart van de kosten besteed aan de technische en juridische procedures in plaats van ‘ruimhartig te herstellen’ zoals in 2013 werd beloofd.

Ad punt 8. Normen voor risico's en veiligheid. Normen worden opgesteld in allerlei bedrijfstakken of voor handelingen om algemene risico's op ongevallen of overlijden te minimaliseren of te beperken tot een kans van 1:100.000 (of 10^{-5}) of 1:1.000.000 (of 10^{-6}) gebeurtenissen per capita per jaar. Wanneer die normen toegepast worden op een veel te hoog ingeschat of theoretisch berekend risico, zoals wanneer hele zware aardbevingen met instortingsgevaar van verouderde woningen in het vooruitzicht worden gesteld, dan **leidt dat tot stress en angstgevoelens onder de bewoners** die in die oude woningen vertoeven.

Ad punt 10. Vrije meningsuiting en publieke media. Een groot goed in Nederland, maar het leidt wel tot media die focussen op elk ongeval. Dat is een onderdeel van hun verdienmodel; hoe schokkender of emotioneler, hoe beter het verkoopt. Daarbij komt de optie van journalisten om zelfstandig iets te onderzoeken of waarheidsvinding in het gedrang. In de media kwamen vaak sterksprekende beelden van schades naar voren die nauwelijks iets met de aardbevingen te maken hadden. **Emotionele onzin (sociale media) wordt vaak eerder geloofd dan ingewikkelde waarheid**.

De angstgevoelens bij Groningers wordt nog steeds breed in de pers uitgemeten (rapporten van Gronings Perspectief 2017-2023). Veel van de angstgevoelens kunnen grotendeels gecreëerd zijn door de misleidende berichtgeving van de media over bijvoorbeeld onveiligheid.[319] Het periodiek veranderen/verlagen van de PGA sinds 2014 werd afgedaan als ongeloofwaardig, zonder dat werd uitgezocht hoe het KNMI eerst aan die doorgeschoten getallen was gekomen.

Ad punt 11. Een zich sterk ontwikkelende geestelijke gezondheidszorg met steeds meer aandacht voor stress en psychologische klachten, gestimuleerd door de sterk groeiende gezondheidssector die steeds meer sociale en psychologische kwalen definieert en wil behandelen. De op emotie gefocuste (sociale)media en actiegroepen (inclusief Facebook en sinds 2014 de Whatsapp) leidden tot de verhoogde stress onder de bevolking.

Ad punt 13. De overheid wil de zekerheid hebben dat een toevallig koude winter geen problemen geeft. Dat is een contrast met luchtig doen over de (kleine maar reële) kans op een desastreuze ramp met flinke aardbeving.

Ad punt 14. Het begrip veiligheid wordt door verschillende groepen anders geïnterpreteerd. Wat de seismische code verstaat onder veiligheid is dat het gebouw met de Mmax net-niet-mag instorten. Wat de bevolking verstaat over veiligheid is dat ze niet in angst hoeven te leven dat hun gebouw verder scheurt en misschien gaat instorten. Dat laatste (instorten) is ze wijs gemaakt door de extreem zware bevingsprognoses die steeds herhaald werden.[320] Bij de bevolking gaat het meestal over het onveilgheidsgevoel, dat is heel wat anders.

De vertragingen en de hogere kosten van die 'zorgvuldige procedure' resulteerde weer in stress onder woningeigenaren. Dit laatste is weer uitgebreid gerapporteerd door een dozijn wetenschappers die zich daarop focusten. En vervolgens weer breed uitgemeten in de media en de PECAG.

Het Nederlands juridische kader van het veroorzaken van aardbevingen en daardoor laten instorten van woningen (met slachtoffers als gevolg) werd niet beoordeeld. Erger, men maakte theoretische berekeningen over hoeveel dodelijke slachtoffers er zouden vallen bij de voorgestelde Mmax. Daarnaast over hoeveel ongelukken er in de bouw en het toegenomen verkeer in de provincie zouden vallen. Een Nederlands bedrijf of als overheid mag niet moedwillig huizen laten instorten.

[319] In de rest van de wereld komen gelijksoortige kleine aardbevingen voor (tektonische), maar die honderden miljoenen mensen raken dan niet zo erg in de stress. Die zijn gewend aan kleine bevingen, en zullen dan misschien wel woningen hebben waarvan de muren niet meteen gaan scheuren bij lichte bevingen. Dat verschil werd niet onderzocht.

[320] De informatie van de media (overtrokken) heeft wel tot een versnelling van de afbouw van de gaswinning geleid want de NAM en de overheid hadden met haar respectievelijke winst- en begrotingspolitiek niet bepaald de voorkeur voor de snelle vermindering of het stopzetten van de gaswinning van het Groningse veld vanwege macro-economische overwegingen.

De commissie Meijdam heeft het veiligheidsrisico verhoogd met een factor tien van 10^{-6} tot 10^{-5}. Daarmee stelden ze dat het binnen de veiligheidsnorm lag dat er een paar honderd woningen in de toekomst zouden kunnen instorten met de hele hoge prognose van de Mmax. Alle politici inclusief de PECAG[321] hadden het tot in 2022 steeds over 'de verlaging van de gaswinning vanwege de veiligheid van de bevolking'. Zelfs met nog een zwaardere aardbeving zoals die van 2012 te Huizinge, bijvoorbeeld met een PGA 0,1g zou er niets instorten, tenzij het al op instorten stond door andere oorzaken. Bovendien zou een tweede beving van dezelfde sterkte op dezelfde plaats ten minste 2 tot 3 jaar later komen. De gegevens laten zien dat dat meerdere goed voelbare bevingen op dezelfde plaats er juist niet waren.[322]

De veiligheid van de bevolking (als geheel)[323] is niet of nauwelijks in gevaar geweest.

6.17. De volgende observaties zijn relevant

Hoofletternummering volgt paragraaf 5.14

Y. Het maken van **nieuwe Nederlandse seismische richtlijnen (zoals de NPR 9998) is onbelangrijk en onnodig** wanneer de Engelstalige Europese normen (Eurocode 8) goed en voldoende zijn voor de Nederlandse situatie (weinig tektonische aardbevingen) en door de doelgroep (HBO-ingenieurs en -architecten) uitstekend gelezen en begrepen kunnen worden. Bij deze **onnodige vertaalactiviteit** van de Eurocode 8 werd er geen regeling (reductie percentage) getroffen voor het retrofitten van bestaande bouw.

Z. Het uitbrengen van een praktijkrichtlijn betekent niet dat die richtlijn verplicht is of een wettelijke norm is waar men dan aan moet voldoen bij nieuwbouw. Een dergelijke richtlijn is ook **weinig relevant voor het versterken van bestaande bouw**, waarvoor aparte regels bestaan of ontworpen kunnen worden zoals bijvoorbeeld in Nieuw-Zeeland gebeurde.

In deze dissertatie wordt gesteld dat de NAM, de NEN[324] en de NPR[325]-commissies, door het overnemen van de veel te hoog berekende PGA, en als officiële bijlage aan de NPR toe te voegen, deze de oorzaak zijn van de hoge herstelkosten, vertraging en onnodige sloop en nieuwbouw.

---

[321] De PECAG was een politieke commissie, zonder specifieke seismische of bouwkundige kennis en hebben zich dan ook niet over deze vraagstukken gebogen. Een onderliggend probleem van de Nederlandse politici is dat ze steeds minder vakkennis hebben en zich steeds meer moeten verlaten op hun ministeries die ingewikkelde taken uitbesteden naar specialisten en ondernemingen.

[322] Er was wel onzekerheid over waar de volgende (even grote) beving zou komen, maar met betere informatie was het duidelijk geweest dat er binnen een paar jaar geen gelijksoortige beving op dezelfde locatie zou komen, maar wel enkele kleinere bevingen. Het probleem daarbij was dat de kleinere bevingen de bestaande scheuren wel konden verergeren, wat weer tot angstgevoelens bij de bevolking aanzette. De aardbeving van januari 2018 te Zeerijp (PGA 0,11g) was maar liefst 5,5 jaar later en ook niet in dezelfde locatie als Loppersum. Het grootste probleem van de bevolking was dat de gebouwen na een schade niet voldoende en afdoende gerepareerd werden en er schade op schade ontstond, met nog steeds de (foute) prognose dat er nog heel veel en veel zwaardere aardbevingen zouden komen en blijven komen.

[323] In alle schadegevallen die bestudeerd werden, waren er maar een paar situaties waarvan geconstateerd kon worden dat bij een aardbeving PGA 0,1g er een eventueel groter risico zou kunnen optreden. Door de tijdige toepassing van de RVS en EVS en uitgebreide versterkingsmaatregelen zoals het programma voor lichtgewicht schoorstenen en het stutten, werden die risico's afgedekt.

[324] De NEN heeft vele disciplines in het opstellen van normen voor vele bedrijfstakken, waarvan de bouwwereld een van de grootste afdelingen is. Binnen die bouwwereld waren er vele bouwkundigen die enige of uitgebreide ervaring hadden met aardbevingen. In 1982 werkte ik voor DHV en droeg daar de betreffende kennis aan, waarna men zich in DHV op dat thema ging specialiseren. Haskoning, Arcadis, Arup, Deltares en andere grote aannemers hadden de nodige specialisten met wereldwijde kennis over aardbevingsresistent bouwen en de matige aardbevingsresistente kwaliteit van de Nederlandse baksteen woningbouw.

AA. De NPR-commissie is bouwkundig onderlegd, maar heeft zich **geen rekenschap gegeven** van de mogelijke schade die de zeer hoog geprojecteerde PGA in Groningen zou veroorzaken, en geen kritische vragen gesteld bij de realiteitszin van de geponeerde PGA-projecties of de sociale en juridische consequenties. Het is bij geïnduceerde aardbevingen niet relevant om de maximum haalbare aardbeving te berekenen, maar wél om de maximumsterkte en het maximum toelaatbare schadeniveau van de bebouwing te berekenen (DS1) en op basis van de huidige of toekomstige gebouwsterkte de maximum toelaatbare aardbeving vast te stellen.

BB. De zeer hoge PGA-projecties, en de media-informatie daaromtrent, hebben zonder realistische uitleg of relativering, misleiding van alle organisaties veroorzaakt inclusief de NCG. De daaropvolgende acties van de NAM tot beperking van de schadevergoedingen, arbitrage, stutten, onvoldoende versterking, waardeverlies, etc. hebben zeer waarschijnlijk bijgedragen aan de ontwikkeling van stress en angstgevoelens bij vele burgers. De rapporten van Impact, de GGD en Gronings Perspectief geven een indicatie van de omvang van de angstgevoelens en stress bij de bevolking.

CC. De zeer hoge PGA-projecties hebben ook **zwaar kostenverhogend** gewerkt door de toepassing van onnodige research, zware versterkingen, doorgeschoten berekeningen voor seismische versterkingen en sloop, tot en met de overdreven 2018 Versterkings-Adviezen.

DD. De zeer hoge PGA-projecties hebben **algehele vertraging** van een paar jaar veroorzaakt voor het herstel of versterking van de woningen in Groningen.

EE. Het slechts **cosmetisch dichtsmeren van scheuren vanwege bevingen PGA kleiner dan 0,1g is onrealistisch** wanneer er met stelligheid nieuwe en sterkere bevingen tot PGA 0,36g worden geprojecteerd.

FF. Het verlagen van de veiligheidsnorm ten behoeve van commerciële mijnbouw is verwerpelijk.

GG. Bij de exploitatie van natuurlijke bronnen in een **kapitalistisch stelsel** komen de financiële inkomsten toe aan de exploiterende partij (NAM, overheid) en zijn vaak de schade, milieu en andere kosten voor anderen. **De lange termijn kosten van milieu** en andere schades kunnen op de duur de eerder opgestreken financiële inkomsten van de exploitatie partijen **overstijgen** (gebouwschade, herstelkosten, waardedaling, bodemdaling, waterhuishouding, landbouw, politieke onrust, psychologische schade, vertrouwen, imago, etc.).

Hierom moeten er bij de exploitatie van natuurlijke hulpbronnen grote financiële reserves voor worden aangelegd. Bij de delving van fossiele brandstoffen zoals aardgas, kolen en aardolie zou de opbrengst gebruikt moeten worden om meteen de grote toekomstige CO_2-uitstoot duurzaam te compenseren zodat er geen opwarming van het klimaat ontstaat (droogte, bosbranden, verdorren voedselgewassen, langdurige regen, overstromingen, zeespiegelstijging, verstoring van migratie).

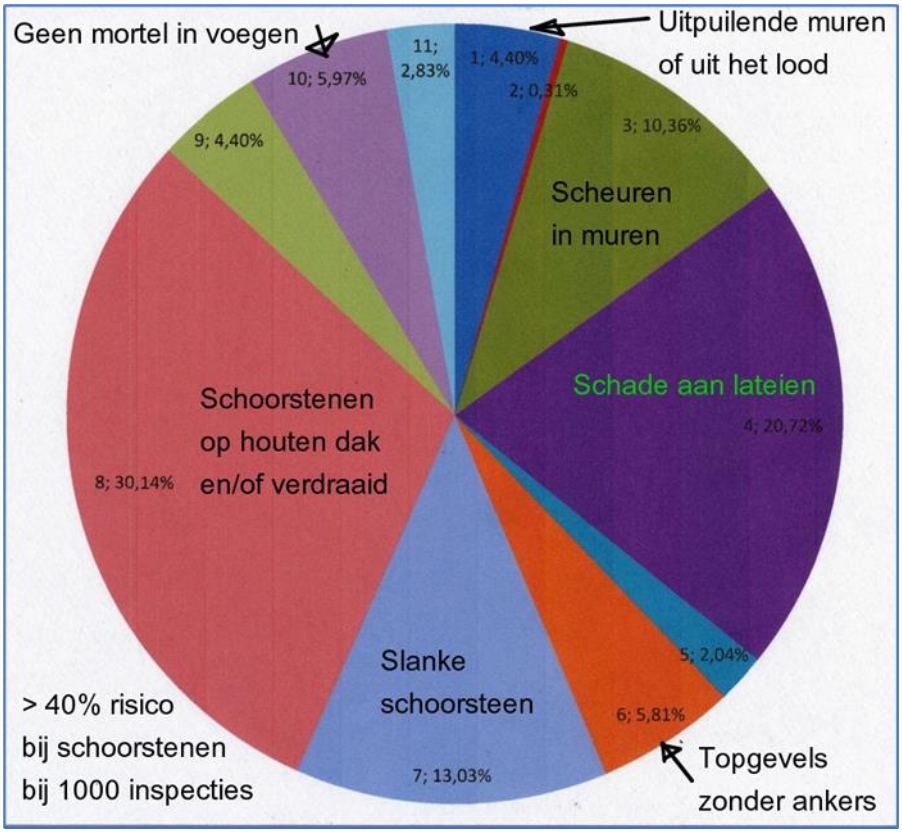
****

[325] Wanneer je een norm gaat herzien over aardbevingen en gebouwen zou je deskundigen met aardbevingservaring in de woningbouw kunnen consulteren.



Figuren 102. Een van de typologieën van Groningse bakstenen woningen.
Bron: Afwegingskader Erfgoed en Aardbevingen Deel 1 Nationaal Coördinator Groningen 2018.
https://www.nationaalcoordinatorgroningen.nl/documenten/publicaties/2018/03/26/afwegingskader-erfgoed-en-aardbevingen-deel-1

Deze woningen kunnen zonder ze allemaal afzonderlijk met de NLTHA-methode te analyseren op gelijke methode versterkt worden met het verbeteren van de sterkte in het vlak van de muren door het monteren van sterke glaspanelen en het aanbrengen van stijve en verbonden vloerdiafragma's.



Figuur 103. Pie-chart tekening van soorten schade aan woningen na de Huizinge aardbeving.

Nummer 2. 0,3% breuken in gewapend betonnen kolom.
Nummer 5. 2% Muur beschadiging vanwege andere elementen.
Nummer 9. 4,4% Dakbedekking (dakpannen) plaatselijk vermist.
Nummer 11. 2,8% dakkapel.

Uit deze Pie-chart wordt duidelijk dat bij de oudere bakstenen woningbouw van de provincie Groningen de gemetselde schoorstenen veruit het grootste risico vormden. De slanke, hoge schoorstenen zijn apart vermeld. De tweede grote categorie zijn de lateien, of het gebrek aan lateien. Dit is gerelateerd aan de (grote) raamopeningen waardoor de muurpenanten naast de raamopeningen kantelen en de muren vanuit de hoeken van de lateien scheuren. Die muurscheuren zijn dan de volgende grote categorie.

Hoofdstuk 7. De PGA-acc bepaling

Bij geïnduceerde aardbevingen moet de maximaal accepteerbare PGA bepaald worden met (1) de sterkte van de gebouwde omgeving, (2) de acceptatie van schade door de bewoners.

Bij de winning van bodemschatten of mijnbouw moet ook rekening gehouden worden met de Natuur. In de situatie van aardgaswinning in Groningen ontstaat er bodemdaling. Snelle, permanente bodemdaling heeft gevolgen op de waterhuishouding en kan gebieden doen overstromen zoals bij de Wadden. In die situatie zal die Natuur binnen een jaar zodanig veranderen dat trekvogels er geen voedsel meer kunnen vinden. De Natuur mag geen grote of in korte termijn geen onherstelbare schade oplopen. Dit zijn beide rekbare begrippen en behoeven een goede analyse.[326]

*De Natuur, zoals bijvoorbeeld de Wadden, kan net zoals een bedrijf een **rechtspersoon** worden. Als voorbeeld kreeg op 5 augustus 2014 de Whanganui in Nieuw-Zeeland als eerste rivier ter wereld rechtspersoonlijkheid.*
https://nl.wikipedia.org/wiki/Whanganui_(rivier)#

Besloten Vennootschappen krijgen wel rechten en zijn vertegenwoordigd door personen. Voor natuurgebieden zou dat dus ook in de rechtszaal moeten gelden.



Ad (2). De acceptatie of tolerantie van de bevolking hangt in grote mate af van (a) de economische compensatie die de bevolking krijgt bij schade.[327] (b) Hoe snel wordt er gerepareerd of het gebouw versterkt ter voorkoming van toekomstige schade.[328] (c) De garantie op een veilige woonomgeving.[329] Die acceptatie hangt verder sterk af van (d) de vlotheid gebouwherstel of versterking. (e) De optie om duurzame verbeteringen aan het gebouw te kunnen financieren.[330]

Ad (1). De sterkte van de gebouwde omgeving was de kritieke factor in Groningen. Stel namelijk dat gebouwen wel zouden trillen bij lichte aardbevingen, maar geen grote schade zouden ondergaan, en de NAM zou stellen, met duidelijke redenen, dat er geen grotere bevingen zouden komen, en de opgelopen schade zou ruimhartig gecompenseerd worden dan waren er zeer waarschijnlijk een mindere angstgevoelens onder de bewoners ontstaan.

---

[326] In een woestijngebied zal de beoordeling anders zijn dan bij een bosgebied waar regeneratie van bomen meer dan 50 jaar kan duren. Bijvoorbeeld, in een waddengebied zal er bij aardgasexploitatie direct bodemdaling optreden waardoor de voedselvoorziening van vogels ook direct verdwijnt en het tientallen tot honderden jaren kan duren voordat het oude niveau van het wad en de biodiversiteit weer zijn hersteld. Dit is nog afgezien van de te verwachten zeespiegelstijging door de klimaatopwarming.

[327] In sommige modellen is de bevolking economisch partner in de exploitatie van natuurlijke hulpbronnen zoals het geval is bij windmolens of PV-velden. Door de financiële participatie en inkomsten daaruit is de tolerantie van de bevolking voor enig ongemak hoger.

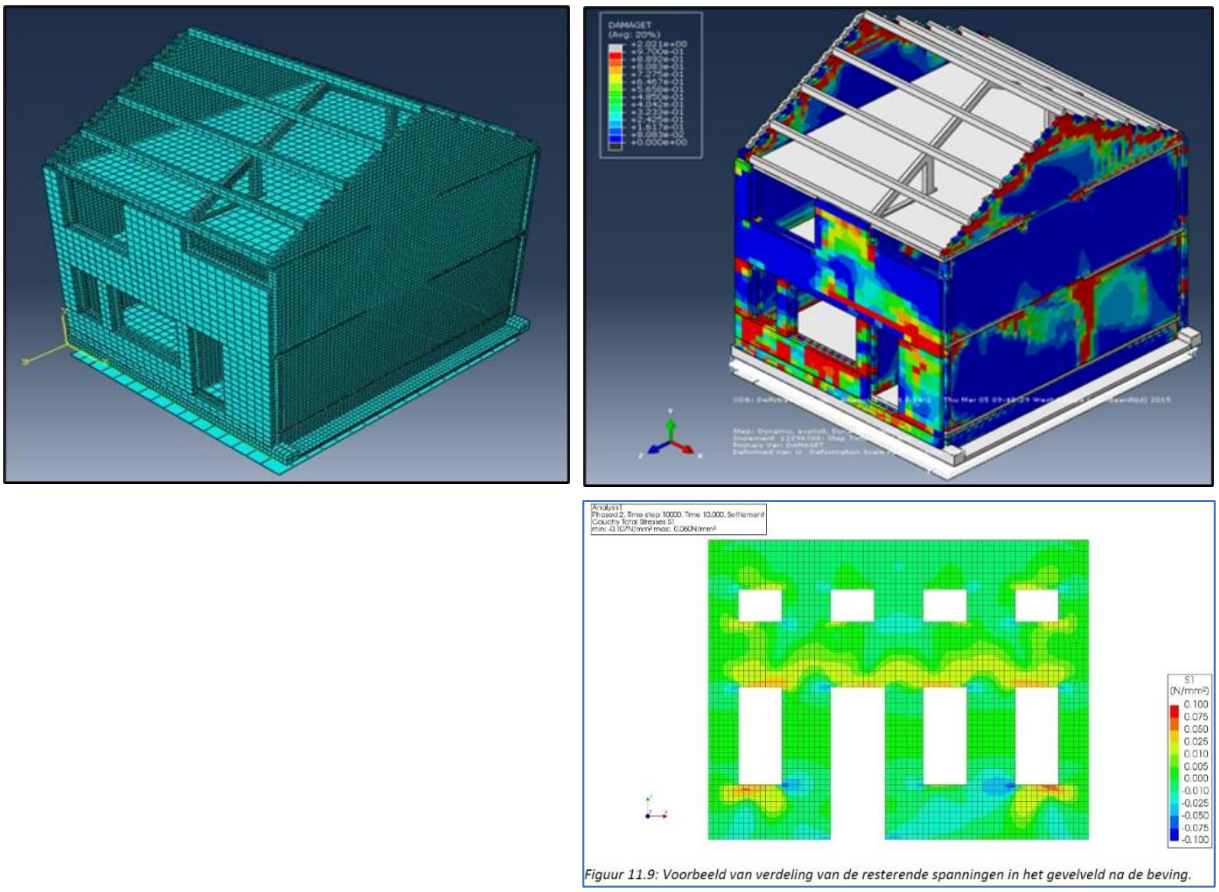
[328] Het seismisch versterken van gebouwen of retrofitting dient te gebeuren binnen de tijd dat er een volgende aardbeving verwacht wordt, anders zal de al bestaande schade verergeren en het risico van persoonlijke ongevallen toenemen.

[329] Het veiligheidsconcept van de Eurocode 8 of NPR 9998 geldt hier niet, want dat gaat over ‘net niet instorten’, een niet-acceptabele situatie voor de bewoner.

[330] Bij deze twee aspecten lieten de NAM en het CVW het sterk afweten. De uitgebreide, trage en discutabele schaderapportages en de daaropvolgende arbitrage, zonder financieringsopties voor ‘eigen gebrek’ veroorzaakten heel veel stress onder de bevolking en werd als onacceptabel aangemerkt. Wanneer er structurele aanpassingen aan een gebouw gedaan moeten worden dan is dat ook het moment om op andere manieren het gebouw te verduurzamen of anderzijds te verbeteren. Voor veel woningeigenaren moet daarvoor dan (renteloze) langetermijnfinanciering toegankelijk zijn.

Wel kan er ook bij lichte bevingen schade aan het losse interieur of de inventaris ontstaan, maar daar dient dan een goede compensatieregeling voor te zijn.[331]

Op basis van de eerder vermelde indeling in typologieën kan in grote lijnen beoordeeld worden in hoeverre een woning seismisch bouwkundige aanpassingen behoeft (bij een gegeven PGA) zoals het dilateren van gebouwonderdelen, het versterken van smalle raampenanten en muurdelen, het aanbrengen van vloerdiafragma's (opleggingen zoals in stapelbouw zijn niet toelaatbaar) en het verwijderen van topzware schoorstenen die op een flexibele houten kapconstructie staan.[332] Het criterium voor de preventieve aanpassingen (retrofitting) is dat de woning geen schadeniveau groter dan DS1 mag ondergaan.[333]



Figuren 104. NLTHA-methode van berekening met het visuele resultaat.
Voorbeeld van het opdelen van een rijtjeswoning in kleine stukjes van 30 x 30 cm en het resultaat van een NLTHA door Zonneveld Ingenieurs. Rechtsboven. Rood zijn schadezones in metselwerk. Rechtsonder. Hier is te zien dat de hoge ramen een zwakke constructie opleveren. Rond de lateien ontstaat verhoogde druk en scheuren. Vanwege het kantelen van de raampenanten ontstaan trekscheuren bij de onderste raamhoeken.

---

[331] In een gebied met frequente aardbevingen kunnen verschillende maatregelen genomen worden om het interieur of de inventaris te beschermen tegen schade, zoals het beter vastzetten, niet los opstapelen en kwetsbare elementen op een *base-isolation* zetten. https://nl.wikihow.com/Op-een-aardbeving-voorbereid-zijn

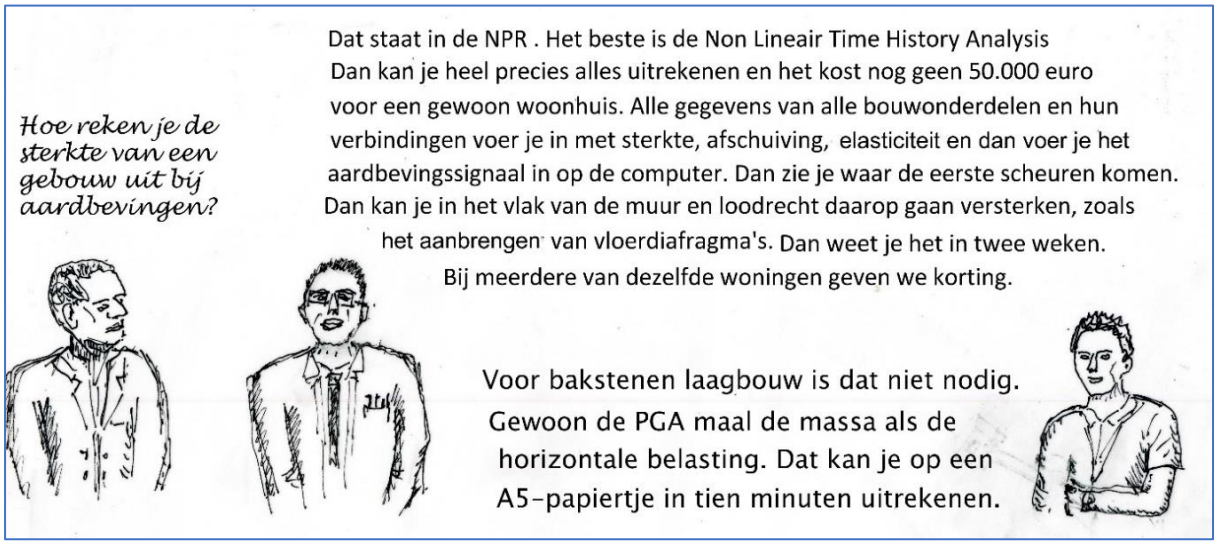
[332] Voor de beoordeling wordt volgens het NEHRP-model een 'Rapid Visual Screening (RVS)' gedaan, en als er hoge risico's worden gedetecteerd een 'Extended Visual Screening (EVS)' waarbij ook binnen in het gebouw naar de indeling, constructiedetails en verbindingen wordt gekeken.

[333] Burgerboek Hoofdstuk 1 'Damage States' met de vijf hoofdindelingen van schadeniveaus.

Om een gedetailleerde analyse van elke typologie te hebben, werden door gespecialiseerde consultantsbureaus onder de Nationaal Coördinator Groningen (NCG) vele 'Non-Linear Time History Analysis (NLTHA)' gedaan.[334] Hierbij wordt het gebouw in kleine blokjes opgedeeld, elk blokje met een eigen sterkte, afschuiving en elasticiteitsgegevens.

Door al deze gegevens (bij alle blokjes) in een computerprogramma in te voeren en op de gebouwfundering een aardbevingssignaal toe te passen, wordt in kleur zichtbaar waar de spanningen te hoog oplopen en de eerste scheuren gaan ontstaan.[335] De kosten bedragen 30.000 tot 50.000 euro per analyse voor een woning en meer voor grotere gebouwen.

Op basis van één NTLHA-berekening en analyse van een typologie kunnen met de kennis uit het Burgerboek duizenden van dat ene gebouwtypologie verder beoordeeld worden, zonder dat er van elk gebouw een dure NLTHA gemaakt hoeft te worden. Verzakkingen door de aardbevingen en de daardoor ontstane schade moeten dan nog wel extra beoordeeld worden, waarna verbetering van de fundering nodig kan zijn. In de situatie van Groningen zou dan een PGA kleiner dan 0,1g toegepast kunnen worden, overeenkomstig met de aardbeving in Huizinge (PGA 0,085g).



Figuur 105. Het uitrekenen van lage baksteen gebouwen kan op een eenvoudige manier.
Ofschoon door de Commissie Meijdam en het 'Eerste adviespanel van hoogleraren uit 2018' [lxviii] wordt aangegeven dat de NLTHA-methode een goede methode is om de sterkte van de gebouwen te bepalen is dat slechts voor elke typologie slechts éénmaal wenselijk. Op basis van de resultaten van de NLTHA kunnen de duizenden woningen van het (bijna) dezelfde typologie gelijksoortig versterkt worden[336]. Echter, als de basis-waarden al een factor vijf of acht fout zijn, is het uitrekenen op twee cijfers achter de komma onzin.

---

[334] Al deze NLTHA-rapporten per typologie zouden door de NCG openbaar gemaakt kunnen worden, zodat alle bouwmaatschappijen en woningeigenaren daar inzicht in kunnen hebben.

[335] Dit is een heel kostbare methode, maar voor elke gebouwtypologie geeft het een goed beeld van de zwakte. Omdat er heel veel van dezelfde soorten woningen zijn hoeven er maar een twintigtal verschillende typologieën van woningen met de NLTHA-methode doorgerekend te worden, waarna met de zwakste woningen (doorzonwoningen met betonnen tussenvloeren) begonnen kan worden met de versterkingen. Dat zijn structurele versterkingen ter voorkoming van scheuren, want seismische versterkingen zullen bij een PGA kleiner dan 0,1g nauwelijks nodig zijn.

[336] De vraag die wel gesteld kan worden is: In hoeveel typologieën kan je de woningen in Groningen indelen? Eerder had Arup een dozijn gedefinieerd, hoofdzakelijk per bouwperiode en constructiehoogte. In een latere fase zijn er varianten bijgekomen voor de houten of betonnen vloeren. In totaal werd een 30-tal typologieën gedefinieerd. Bij lichte aardbevingen is deze variëteit ruim voldoende voor seismische versterken. Wat bedoeld wordt met lateien en vloerdiafragma's wordt in het Burgerboek uitgebreid uitgelegd.

7.1. De te nemen versterkingsmaatregelen

De aanpak van de seismische versterking of retrofitting zou moeten beginnen vanuit het veronderstelde epicentrumgebied van de gemeente Loppersum. Ook zou begonnen moeten worden met de woningen waarvan er schademeldingen zijn geweest (meestal lichte schade), want die zullen bij herhaalde bevingen progressieve schade oplopen.

In hoofdzaak zijn er vijf basismaatregelen voor retrofitting.

- Het inspecteren en eventueel versterken van de funderingen. Dit houdt de verbreding of verstijven van de fundering in of op een ander manier de draagkracht verbeteren.
- Het verlichten van de massa in de top van de gebouwen door het verwijderen van de zware gemetselde schoorstenen, in combinatie met het verstijven van de kapconstructies.
- Het aanbrengen van verbindingen voor het creëren van integrale vloerdiafragma's voor alle etages, zodat de muren de belastingen loodrecht op het vlak van die muren kunnen opnemen.
- Het versterken van de muren in hun vlak, zodat deze de aardbevingskrachten kunnen opnemen. Dit is vooral relevant voor de gebouwen met grote raamopeningen (zwakke etage). Hierbij kan van de techniek van sterke glaspanelen gebruik gemaakt worden.

Bij het maken van de seismische analyses en het nemen van de versterkingsmaatregelen is het belangrijk dat deze gebaseerd zijn op de juiste aardbevingswaarden, en niet gebaseerd zijn op de onmogelijke Mmax. De PGA-acc kan gebaseerd zijn op de gemeten relatie tussen de PGA's die verschillend zijn bij verschillende grondsoorten. Zo werd een minder sterke aardbeving in 2018 te Zeerijp beoordeeld met een PGA 0,11g waarschijnlijk vanwege iets andere grondsoorten ter plaatse of iets andere meetposities en -methoden.

Voor de provincie Groningen zou dan een PGA-acc kunnen gelden van 0,1g. Door uit te gaan van een aanvaardbare maximumwaarde voor de grondversnellingen, ontstaat er een totaal verschillende situatie ten opzichte van de sinds 2013 geponeerde Mmax in Groningen.[337]

Tabellen 10. Verschil tussen de onmogelijke en de toelaatbare belasting.

#	Mmax, het onmogelijke berekend	De toelaatbare bevingsbelasting PGA-acc
1	Veroorzaking van **angst** onder de bevolking vanwege de hele zware aardbevingsprognoses.	Duidelijkheid dat de bevingen **niet groter** worden dan die lichte schade veroorzaken.
2	Onduidelijkheid op alle niveaus inclusief voor de **media die de prognoses niet kunnen beoordelen**. Onveiligheid van de bewoners wordt kernzaak.	Duidelijke bewaking van de maximale grens. **Veiligheid van de bewoners gegarandeerd.**
3	**Grote waardedaling** van al het onroerend goed. Noodzaak opzetten van waardedalingsfonds. Noodzaak voor opkopen van zwakke gebouwen.	**Geen waardedaling** van de oude woningen, maar seismische versterking waar nodig en daarmee gedeeltelijke verduurzaming.
4	Regelmatig veranderend vanwege het zogenaamde 'voortschrijdend inzicht' van wetenschappers.	Stabiele en lage bevingswaarden die **geen risico opleveren voor instortingen.**
5	Ongeloofwaardigheid van de NAM en de overheid over de **wisselende prognoses** en gebrek aan vertrouwen over de te nemen maatregelen.	Duidelijkheid van de beperkte risico's en coöperatie van de bevolking bij duidelijke en **geaccepteerde financiële compensatie**.

[337] Het gaat hier over de Mmax of PGA-max in het veronderstelde epicentrum. Voor Groningen werd er voor elke beving een epicentrum vastgesteld, maar de grootste/zwaarste bevingen kwamen voor in de gemeente Loppersum, vanwege de grotere dikte van het Rotliegend. Die gemeente is dan het algemene epicentrum.

#	Mmax, het onmogelijke berekend	De toelaatbare bevingsbelasting PGA-acc
6	Financieel en technisch **onhaalbaar** om > 200.000 woningen in een paar jaar seismisch te versterken of het merendeel op *base-isolation* te zetten.	Financieel en technisch **eenvoudig** om in het epicentrumgebied bij ca.10.000 woningen de hoogste risico-elementen weg te nemen.
7	Hoge research en uitvoeringskosten om volgens de Mmax enkele voorbeeldgebouwen seismisch te versterken of op *base-isolation* te zetten.	Lage kosten om slechts een beperkt aantal monumenten op *base-isolation* te zetten die niet seismisch versterkt kunnen worden.
8	**Ongelijke behandeling** van oude gebouwen en van **woningeigenaars** die in verschillende perioden zijn beoordeeld op de veranderde Mmax.	Gelijke behandeling van alle woningeigenaren en hun gebouwen. **Minder arbitrage** en procedures vanwege ongelijke behandeling.
9	**Hoge kosten** (meer dan 10.000 miljoen euro) om halve woonwijken te slopen voor nieuwbouw.	**Nauwelijks sloop en nieuwbouw nodig**, slechts seismisch versterken van zwakke gebouwen.
10	Verduurzaming van woningen hoofdzakelijk bij sloop en nieuwbouw, waarnaast de gerepareerde woningen nauwelijks verduurzaamd worden. **Dus ongelijkheid van behandeling.**[338]	Door extra gasopbrengst de mogelijkheid om alle woningen te verduurzamen waardoor er duurzaam minder energie wordt verbruikt. **Dus gelijkheid van behandeling.**

De problemen voor de bevolking door de Mmax opstelling werden verergerd door de financiële procedures en afhandeling van de opgelopen schade. Samen resulteerde dit in verdere (financiële, sociale en politieke) problemen voor de NAM en overheid.

#	Mmax, het onmogelijke berekend	De toelaatbare bevingsbelasting PGA-acc
11	Geen beperking van de exploitatie van het gas.	Gecontroleerde en **beperkte gasexploitatie**.
12	Ogenschijnlijk grote winstoptie voor NAM en overheid. Kortere onderhoudsperiode.	Lagere directe winst voor NAM en overheid, maar **over een langere periode meer winst**.
13	Niet mogelijk om het hele gasveld goed leeg te exploiteren vanwege weerstand bij de bevolking en uiteindelijk ook de politiek. Het besluit om de gaskraan van het Groningse veld dicht te draaien terwijl er nog 500 miljard m^3 gas in de grond zit.	Bij gematigde, gecontroleerde gaswinning en drukcompensatie de mogelijkheid om het Groningse gasveld grotendeels leeg te produceren. Verschil van Inkomsten bij volledige exploitatie meer dan 100.000 miljoen euro.
14	Door hoge/snelle gasconsumptie zijn er onvoldoende maatregelen genomen voor ná de periode wanneer het gas op zou zijn.	Bij een langzamere gasproductie is er meer tijd beschikbaar om duurzame energiebronnen te ontwikkelen vóórdat het gas op is.
15	Door gecreëerde onbetrouwbaarheid van de NAM is er publieke en politieke weerstand tegen de exploitatie van andere (kleine) gasvelden.	Bij goede beoordeling van PGA-acc en goede verduurzamingsmaatregelen is het mogelijk om ook andere gasvelden te exploiteren.
16	Tot meer dan 40 cm snelle bodemdaling over het centrale gedeelte van de provincie Groningen met als gevolg een wijziging van de provinciale waterhuishouding en woninginfrastructuur.	Bij tijdige en voldoende drukcompensatie is er voor de landbouw- en veeteeltbedrijven tijd om aanpassingen te maken voor biodiversiteit bij verandering van grondwaterniveau.

[338] De woningcorporaties van wie de huurwoningen werden gesloopt voor nieuwbouw konden de huren verdubbelen, maar de bewoners kregen dan wel veel lagere energiekosten.

Alleen de Mmax approach vervangen voor een PGA-acc is dus niet zaligmakend, maar moet gepaard gaan met een aangepast financieel beleid van de mijnbouwindustrie dat in het belang van de lokale bevolking is en ruimte biedt voor duurzame verbeteringen.

De welvaart van de westerse maatschappij is grotendeels gebaseerd op lage energiekosten en het ontbreken van klimaatmaatregelen die de uitstoot van CO_2 door verbranding van fossiele grondstoffen moet voorkomen (dan wel direct compenseren bij productie). Het onderliggende probleem daarvan is dat de bevolking niet haar consumptie wil verminderen, maar naar steeds grotere welvaart streeft in termen van productie van goederen, transport en luxe op alle niveaus. Ook is er een groot taboe op het verminderen van de bevolkingsgroei.

Met de PGA-acc rekenen (in plaats van een Mmax) is echter wel een praktische en eenvoudige stap die zonder enig economisch verlies gerealiseerd kan worden.

Het vereist echter een omkering van de denkwijze (paradigmaomkering) van de wetenschappers om niet de Mmax maar de PGA-acc te berekenen.

****



Figuur 106. Model met aardbevingsbelasting in het vlak van de gesloten/dichte muur
De horizontale aardbevingsbelasting is de PGA x de massa.

In Groningen is de horizontale aardbevingsbelasting niet groter dan PGA 0,1g in het epicentrum. De seismische code geeft aan dat bij nieuwbouw en een seismische belasting groter dan PGA 0,2g seismische versterking nodig is, omdat anders het gevaar van zware beschadiging of instorten kan bestaan. **Bij een belasting van PGA 0,2g zal in Groningen nog wel heel veel schade ontstaan, zelfs mogelijke instortingen.**

Bij een (systeem) betonnen vloer van een woning is die horizontale belasting aanzienlijk hoger dan bij houten vloeren. De betonnen vloer is opgelegd in de dragende binnenmuren. Hierdoor wordt de afschuivingsbelasting over het hele draagvlak van die vloer overgedragen op de onderstaande muur. Omdat die tussenmuur (of eindmuur) van de woning gesloten is, zal deze de belasting goed kunnen weerstaan zonder schade.

Bij de voor- en achtergevel van de gemiddelde bakstenen woning zijn grote ramen aanwezig die geen constructieve sterkte hebben. Feitelijk zijn het grote openingen. Het meest extreme geval is de doorzonwoning van rijtjeshuizen. Omdat deze type bakstenen woningen sinds 1950 betonnen systeemvloeren hebben, zal hier een grote horizontale belasting optreden tijdens een aardbeving.

De voor- en achtergevels van deze woningen kunnen de aardbevingskrachten van PGA 0,1g en groter niet opnemen zonder te scheuren. Bij herhaalde schokken van dezelfde sterkte bestaat er dan het risico dat de woning instort.



Figuur 107. Model met aardbevingsbelasting in het vlak van een gevel met grote openingen.

De smalle muurpenanten gaan bij lichte belasting kantelen, waardoor er scheuren onderin en bovenin vanuit de hoeken van de openingen in die penanten komen. De deur gaat klemmen en de ruit kan barsten. Bij een enkele, korte heen-en-weer schok van slechts een paar cm (zoals in Groningen het geval is) zal de woning niet als een kaartenhuis in elkaar storten, maar bij een grotere schok (afstand) of meerdere schokken (langduriger of herhalingen) kan dat wel gebeuren.

Bij meerdere schokbewegingen kunnen de systeemvloerplaten van de smalle oplegging op de binnenmuur afschuiven. In dat geval komt de betonnen vloer naar beneden (fatale instorting).

Het aardbevingsbestendig maken van deze woningen kan bestaan uit base-isolation of het plaatsen van sterke portalen, of het versterken van de muur door sterke glaspanelen in de openingen.

Hoofdstuk 8. Vernieuwende elementen in deze dissertatie

Ten eerste, de **communicatie over een complex onderwerp**. Door de ontwikkeling van het MBO-informatiemateriaal en de samenstelling van het Burgerboek, wordt voor de aannemers en inspecteurs begrijpelijke informatie geleverd, waardoor deze beter inzicht kunnen krijgen in het fenomeen van de geïnduceerde bevingen en wat die voor invloed hebben op hun woning en wat er constructief aan gedaan kan worden om die woning te herstellen of te versterken.

Ten tweede toont het bekende **technieken die betrekking hebben op seismisch resistent bouwen.**[339] Na de presentatie van de gangbare seismische basismaatregelen en versterkingstechnieken zijn er een paar nieuwe technieken (voorstellen) toegevoegd die speciaal gefocust zijn op de brosse Nederlandse baksteenbouw (Zes stuks: paragraaf 8.1 tot 8.6). Onder andere een aangepaste vorm van *base-isolation*, een snellere methode voor fundering versterking (Vulpaletten) en een methode om grote ramen met smalle penanten te versterken met 'constructieve glaspanelen'.

Ten derde, de **relatie tussen oorzaak en gevolg.** De relatie tussen aardbevingen en gebouwschade. Het Burgerboek legt deze relatie vast, maar geeft ook aan dat het hele gebouw bestudeerd moet worden en eventueel verder onderzoek, om de precieze oorzaak en gevolg vast te stellen. Echter, de NAM wees de funderingsschade die door aardbevingen kon zijn ontstaan af.

- Geen, of gebrekkige, incomplete en verkeerde communicatie van de wetenschappers en de verschillende commissies naar de bevolking over de maximale PGA. Hierdoor werd de informatie niet begrepen en daarna ook niet meer geloofd.
- Een op drama beluste en ondeskundige pers creëert een negatieve polarisatie onder de bevolking, waardoor er sociale schade is ontstaan.
- De commerciële exploitatie van bodemschatten met winstmaximalisatie was een hoofddoel. De NAM startte het 'zorgvuldig beoordelen' van de vele schadedossiers, grotendeels om te voorkomen dat de NAM te veel kosten zouden betalen aan niet-aardbevinggerelateerde schade. In werkelijkheid werd de geleden schade niet 'ruimhartig' toegekend en volgde er veel arbitrage, waardoor de kosten uiteindelijk zeer sterk opliepen.

Ten vierde, de **beknopte analyse over de non-logica van de in 2013/2014 gepresenteerde PGA** en de toepassing van de waarde in de NPR, en het feit dat alle commissies en ingenieurs daar verder op doorborduurden of mee gingen rekenen.

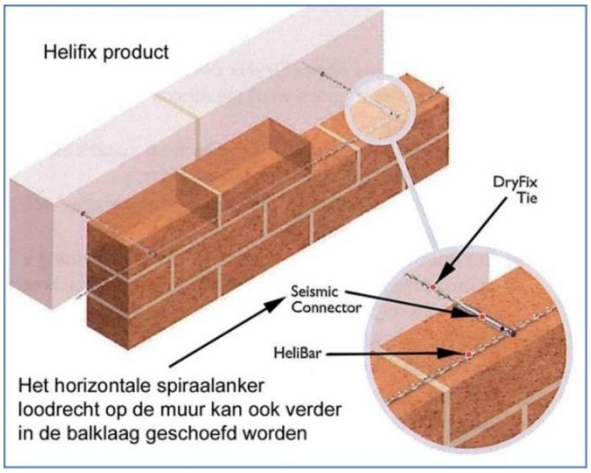
De methode van communiceren is vernieuwend omdat er in 2012-2014:

- Nauwelijks inzichtelijke Nederlandse informatie aanwezig was over aardbevingen en het verschil tussen tektonische en geïnduceerde aardbevingen.
- Geen eenvoudige Nederlandse uitleg aanwezig was van de Eurocode 8 of de latere NPR 9998.
- Geen Nederlandstalige informatie aanwezig was over het effect van aardbevingen op eenvoudige gebouwen van baksteenmetselwerk.

[339] Eind 2014 werd er door de NAM, in samenwerking met Arup, een Design Competitie opgezet om nieuwe technieken te genereren voor de Groningse woningbouw. De deelnemende aannemers, architecten of bedrijven zouden zelf het product moeten ontwikkelen en mochten het toepassen in de door de NAM aangekochte testwoningen. Deze Design Competitie ontwerpen zijn niet meegenomen in deze dissertatie met uitzondering van de PUR, die Pluimers geheel aanpaste. In deze dissertatie zijn slechts enkele van de door mij voorgestelde technieken vermeld, die geen onderdeel van de Design Competitie mochten zijn omdat deze niet door een bedrijf waren gepresenteerd.

- Geen Nederlandstalige informatie aanwezig was over de mogelijke maatregelen om deze gebouwen seismisch sterker te maken (retrofitten).
- Er was geen beeldmateriaal aanwezig dat met de opgelopen bevingsschade in de provincie Groningen uitlegde wat de bouwkundige problemen of oplossingen waren.

Omdat de basisprincipes voor aardbevingsbestendig bouwen al jaren in het buitenland bestaan, is het vrij eenvoudig om een serie goede regels voor de woningbouw in het Nederlands te formuleren, die ook zijn aangepast aan de typische Nederlandse baksteenbouw of de doorzonwoningen. Hoofdstuk 13 (*Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen*) met de Basis Regels voor Seismisch Resistent Bouwen is een voorbeeld. Enkele van de in Nederland bestaande producten zoals de spiraalvormige lintvoegwapening (wokkels) voor metselwerk-versterking is gemaakt voor muurherstel en erg geschikt voor seismisch versterken.



Figuur 108. De toepassing van de (Helifix) spiraalwapening. Bron Helifix.

Dit bekende product is de wokkel of rvs-spiraalwapening die in de lintvoegen wordt vastgelijmd. Dit systeem heeft ook een seismic connector om het binnenspouwblad met de vloerbalken te verbinden zodat er een diafragma gemaakt kan worden. In Groningen zijn verschillende leveranciers, maar door de aannemers werd het slechts toegepast als gevelreparatie.

8.1. *Base-isolation* voor baksteen

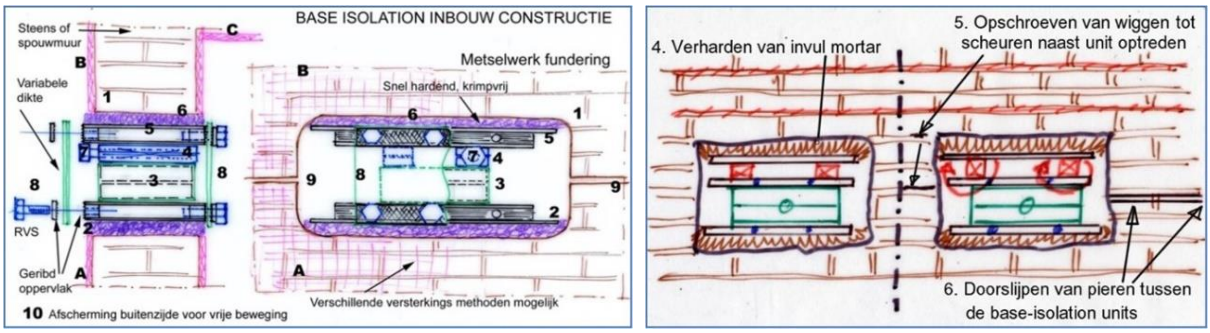
De eerste door mij voorgestelde verbetering was gebaseerd op de hele hoge PGA in de NPR, gecombineerd met het feit dat er een groot aantal monumentale gebouwen zijn in de provincie Groningen, waar seismische versterking van muren nauwelijks mogelijk was. Een lokaal (goedkoop) te produceren *base-isolation* systeem werd door mij gedefinieerd, gekalibreerd op de korte geïnduceerde aardbevingen, samen met een inbouwmechaniek. Het was geschikt is voor bakstenen steens- en spouwmuren. De geïmporteerde en beproefde Italiaanse *base-isolation* systemen (met patent) van dr. Calvi had bij de NAM-consultants de voorkeur boven een eigen ontwikkeling voor kleinere (met erg korte horizontale schuifafstand) geïnduceerde aardbevingen.

Het Italiaanse *base-isolation* systeem is ontworpen op een hoge PGA, met een grote horizontale verplaatsing van decimeters, terwijl metingen in Groningen uitwezen dat een *base-isolation* systeem licht moet werken en slechts een maximale verplaatsing van 3 cm heeft.[340]

[340] Het werkende prototype of demonstratiemodel was in 2015 plotseling “verdwenen”. Het bleek dat er geen belangstelling was voor praktische of *low-cost* oplossingen of om iets ín de regio en vóór de regio te ontwikkelen. Ondanks de duidelijkheid van de ontwerpen en modellen werd er niet naar gekeken.

Hoofdstuk 5 van het Burgerboek gaat in detail in op de technologie. Na de definitie van wat noodzakelijk was voor een Nederlands, baksteen-vriendelijk en eenvoudig lokaal te produceren *base-isolation*, werd door mij een model gedetailleerd beschreven en een demonstatiemodel gemaakt. Het importeren van een duur Italiaans patent had echter de voorkeur boven zelf ontwikkelen. Ontwikkeling en productie in Nederland zou een fractie kosten van het Italiaanse systeem en het zou ook eenvoudiger aan te brengen zijn.[341]

Vanwege de grote aantallen isolatoren die nodig zouden zijn om meer dan 50.000 gebouwen te beschermen (bij PGA 0,42g in 2015), zou dat een productie van meer dan 1 miljoen eenheden betekenen. De eis was daarom dat het een product was, dat voor lage kosten door lokale bedrijven geproduceerd kon worden en door gewone aannemers kon worden geplaatst.



Figuren 109. De ontworpen inbouw base-isolation voor baksteen muren.

Lokale metaalbewerkers informeerden mij dat ze deze roller *base-isolation* voor ongeveer 100 euro konden maken; bij grote aantallen wellicht goedkoper. Het inbouwmechanisme zou ook zoiets kosten. Bij een 100-voudige productie halveren de kosten (economische wetmatigheid). Voor een woning zou dat misschien 10.000 euro kosten, terwijl de Italiaanse systemen tonnen per woning kosten en miljoenen voor grotere gebouwen (4 miljoen euro bij het gemeentehuis Loppersum). Bepalend voor de kosten is ook het werk om het ter plaatse in te bouwen zonder twee nieuwe funderingen te maken. Met de geïmporteerde *base-isolation* systemen moet een heel veel sterkere dubbele gewapend betonnen fundering gemaakt worden, omdat de overspanning tussen de draagpunten groter is. Dat was niet nodig voor een klein inbouw *base-isolation systeem*, maar een verstijving van de baksteenfundering is wel nodig (onder en boven het systeem).

Er waren in 2014-2015 voor honderdduizenden euro's testwoningen aangekocht en aan andere testwoningen seismisch versterkt tegen een geprojecteerde PGA 0,42g. Er werd al sinds 2015 voor miljoenen euro's aan geïmporteerde *base-isolation* onder monumenten geplaatst. Om bij een van de testwoningen het door mij voorgestelde *base-isolation* systeem te produceren en toe te passen werd niet overwogen.

[341] Een door dr. Calvi aangedragen argument was dat in Italië, voor het aanbrengen in de fundering het doorzagen van de muur onder de aangebrachte *base-isolation* was geprobeerd en niet goed was gelukt. Dit was geprobeerd door een lange zaagkabel door de hele fundering te trekken. Echter, in Italië zijn geen dunne baksteenmuren (waarbij het gebruik van een slijptol mogelijk is), maar dikkere natuurstenen muren. Bovendien moest bij het door mij ontwikkelde model eerst de fundering onder en boven de doorslijplijn versterkt worden; dit kon op een redelijk eenvoudige manier gerealiseerd worden, eventueel met het gebruik van de vulpallets. Hierna konden dan de *base-isolation* systeempjes in de fundering ingebouwd en dan pas de stukken tussen de *base-isolation* elementen doorgeslepen. Vanwege de dunne en homogene baksteen muren kan dat ook met slijptollen gebeuren. Een geheel andere werkmethode dan in Italië.



Figuren 110. Toegepast base-isolation onder het gemeentehuis Loppersum.
Links. Base-isolation *onder gemeentehuis Loppersum met burgemeester Hans Engels. De grote afstand tussen de elementen en de extra versteviging met horizontale koppelingen tussen de balken is hier zichtbaar. Voor meer details over* base-isolation *zie Burgerboek. Foto's:* Dagblad van het Noorden *en* Bresser *(rechts).*



Figuren 111. In Groningen staan veel karakteristieke gebouwen en monumenten.
Links. Boerderij Zuidpool te Usquert. Na onderzoek 2015-2016 opgekocht door de NAM in 2017. (E.f.) Midden. Kerk Oostwijtwerd. Foto bron Eemskrant. Rechts. Rentenierswoning in Loppersum met fraaie plafondafwerking werd versterkt en verduurzaamd door Rijksdienst Cultureel Erfgoed (E.f.)



Figuren 112. Rijksmonument Borg Rusthoeve te Wirdum is op base-isolation gezet.
In de provincie Groningen is een flink aantal monumenten. Enkele monumenten zijn voor miljoenen euro's op base-isolation gezet op basis van de eerste NPR en PGA opgaven. Linker foto: bron Toegankelijk Groningen. https://gemeente.groningen.nl/toegankelijk-groningen Rechter foto: bron Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE) https://www.cultureelerfgoed.nl/

Het aantal gebouwen dat uiteindelijk op *base-isolation* werd gezet is beperkt omdat het een erg dure optie was. Wel zijn er in 2020 nog een paar monumentale gebouwen op *base-isolation* gezet omdat binnenzijdig versterken geen optie was. Op 2 februari 2015 werd de bouw van het Groninger Forum stilgelegd om de consequenties van de toen net gelanceerde NPR 9998:2015 met PGA 0,42g en met een berekende PGA 0,2g voor Groningen-stad te bestuderen.

De herberekening van de Forum constructie (nieuwbouw sinds 2013) in Groningen-stad tegen de hoge Mmax nam ruim een half jaar in beslag. De YouTube-video[342] geeft een idee van de complexiteit van de berekening. Dit soort berekeningen zijn echter niet van toepassing op de lage bakstenen woningbouw. De NPR geeft geen informatie over het retrofitten van bestaande gebouwen, alleen over nieuwbouw. Er zijn uiteindelijk wel versterkingen aangebracht in de kelder van het Forum, maar de berekeningen en vertragingen hebben miljoenen gekost, maar wel veel goedkoper dan het gebouw op *base-isolation* zetten.

8.2. Vulpaletten voor de verbreding van de fundering

Het door mij ontworpen vulpaletsysteem had als doelstelling om zwakke en te smalle funderingen op een eenvoudige manier te verbreden, op een zodanige manier dat er na het verbreden geen zetting meer plaatsvond. Een elementair probleem van de oude bakstenen woning bouw in Groningen is dat de funderingen ‘op staal’ (direct op de zandgrond of klei gebouwd) zwak zijn. De vaak te smalle funderingen zijn een van de grote of meest voorkomende gebreken in de Groningse woningbouw, waardoor veel zettingsscheuren ontstaan. Zettingen ontstaan zowel van natuurlijke inklinking, ontwatering, verkeerstrillingen als door aardbevingen. Bij het onderschuiven van zware betonplaten kan zetting bijna niet voorkomen worden omdat de grond onder de nieuwe betonplaten dan goed verdicht moet worden, hetgeen moeilijk is.

Omdat ten minste de helft van alle schadegevallen direct te maken had met zwakke funderingen en verzakkingen van funderingen ‘op staal’, is het voor bijna elke versterking van een gebouw noodzakelijk deze funderingen te versterken/verbreden. Dat had op zichzelf weinig te maken met de sterkte van de aardbevingen. Ook voor kleine trillingen en zettingen zou het nodig zijn om in het kader van het verduurzamen van de woningen de draagkracht van de funderingen te verbeteren.

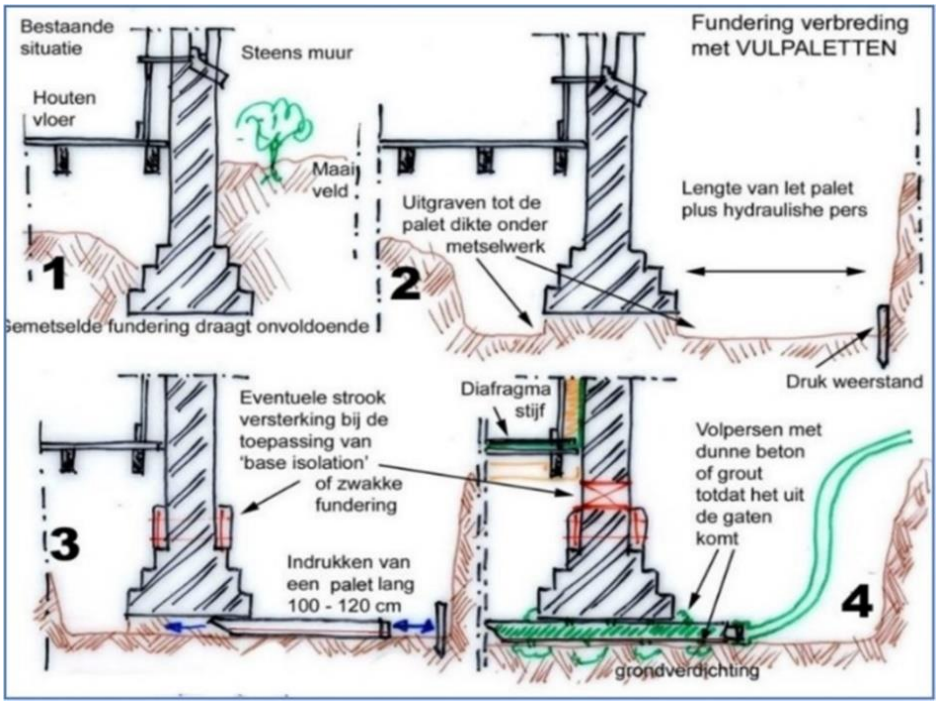
Een (op)vulpalet kan op eenvoudige (snelle) manier onder een bestaande fundering geplaatst worden en gewapend. Daarna kan het vol met beton geperst worden. Hierdoor ontstaat er een bredere en volledige ondersteuning op de grond en onder de fundering. De lege HDPE-paletten wegen minder dan 15 kg en kunnen daarom eenvoudig verwerkt worden in tegenstelling van tientallen kilo’s zware betonplaten. In de lege pallet-doos wordt betonwapening aangebracht.[343] De betonpersing in de vulpaletten (met gaten in de onder- en bovenkant) garandeert een goede onderstopping van de fundering waardoor er geen zetting kan optreden.

Op de verharde vulpaletten kan op eenvoudige wijze een verstijving tegen de fundering vast gestort worden. Aan de binnenzijde kan daarop meteen de nieuwe geïsoleerde begane grondvloer dragen. Deze vloer kan op dezelfde hoogte worden aangelegd als de oude houten vloer. De methode is ook geschikt voor het verbreden van de aanleg van de funderingen in regio’s zonder aardbevingen en daarom commercieel interessant, ook na de aardbevingen.

---

[342] In september 2015 werd er een akkoord bereikt nadat *base-isolation* was afgewezen vanwege de kosten. https://www.cementonline.nl/artikelen/groninger-forum-aardbevingsveilig-2

[343] Er bestaat een klassieke methode om een betonplaat onder een bestaande fundering te schuiven, maar dan kan de fundering enige zetting ondergaan als deze ondergeschoven plaat onvoldoende onderstopt wordt. Door het beton in de HDPE-plaat te persen wordt dat probleem voorkomen. Het is ook lichter werk.



Figuur 113. HDPE-vulpaletten voor het eenvoudig verbreden van funderingen.

8.3. Constructieve spouwmuurvulling met Hoge Dichtheid-PUR

In 2013 had ik aan Pluimers een extra harde constructieve en isolerende spouwmuurvulling met Hoge Dichtheid-PUR voorgesteld dat de sterkte van die spouwmuur verdrievoudigt, zodat er veel minder kans op scheuren bestaat**.** Tegelijkertijd werd dan spouwmuurisolatie aangebracht. De PUR-isolatie was in 2014 niet milieuvriendelijk vanwege het drijfgas en nu niet omdat de bakstenen van de aldus gevulde spouwmuren nauwelijks te recyclen zijn[344].

De mogelijke toepassing was niet erg groot, omdat de oudste gebouwen geen spouwmuren hebben. De meeste muren die zettingen en scheuren vertoonden waren van steens metselwerk. Woningen van na 1980 hebben al wat spouwmuurisolatie en kunnen niet worden bijgevuld. In 2014 werd in de provincie Groningen spouwmuurisolatie nog maar weinig toegepast. Als er toch scheuren in de HD-PUR versterkte spouwmuren zouden ontstaan, zouden die niet weggewerkt kunnen worden. De optie was dan alleen om het buitenspouwblad te verwijderen en een nieuw nog beter geïsoleerd buitenspouwblad erop te zetten. De stenen met PUR zijn dan afval en zijn nauwelijks economische te recyclen. Mijn HD-PUR-voorstel werd eerst in 2013 aan de firma Pluimers voorgesteld, die er echter voor de Design Competitie er een super-elastische verbindingspasta van maakte, zodat gescheurde muurdelen niet uit elkaar zouden vallen bij een aardbeving. Deze optie maakte de muren niet veel sterker, waardoor ze zelfs eerder zouden scheuren bij iets zwaardere bevingen; dus tegenstrijdig met de doelstelling voor de bevolking. Het super-elastische voorstel van de firma Pluimers werd bij de Design Competitie[345] afgekeurd. Na de introductie van de NPR 9998:2015 was een drievoudige muurversterking ook onvoldoende om instorting te voorkomen.

[344] Pas na 2016 wordt de PUR vervangen door UF-foam met een milieuvriendelijk drijfgas. Maar dan nog bevat het sterk plakkende stoffen en maakt de bouwmaterialen niet recyclebaar. **PUR is milieutechnisch een ongewenste toepassing**.

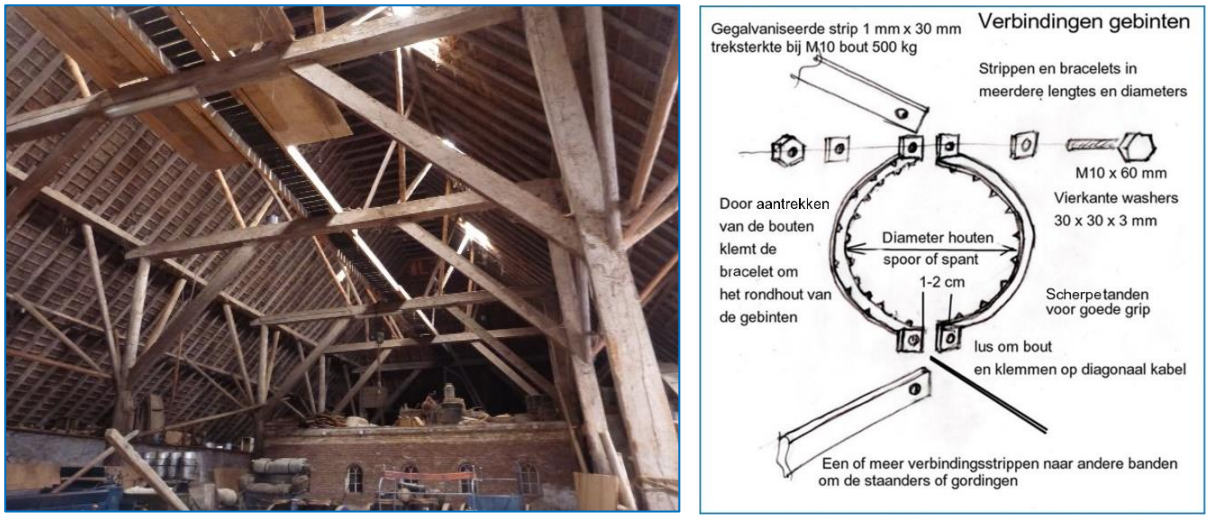
[345] De Design Competitie werd eind 2014 gelanceerd om ideeën te genereren voor de bouwwereld. Aannemers moesten zelf de kosten dragen en het product eventueel verkopen. Hier kwamen wel voorstellen uit, maar slechts de reeds bestaande technologieën werden uiteindelijk toegepast zoals het Helifix systeem.

8.4. Constructieve versterking gebintenschuren

In Hoofdstuk 9 Burgerboek worden enkele opties vermeld voor diagonaalversterking van daken en spanten. Hoofdstuk 10 van het Burgerboek, *De Grote Gebinten Schuur* vermeldt ook de diagonaal versterkingen. In de markt zijn enkele verbindingsmiddelen beschikbaar om spanten diagonaal te versterken, maar niet goed geschikt om diagonaaldraden tussen de knooppunten van de gebintenschuur aan te brengen. Daarom stelde ik voor om speciaal geproduceerde ringbanden en verbindingsstukken te maken die tussen de rondhouten spantonderdelen van de gebintenschuur bevestigd konden worden zodat de beweeglijkheid van het geheel sterk verminderd wordt.

De grote (rond)houten gebintenschuren zijn erg flexibel en bewegen ook onder wisselende windbelasting. In combinatie met het daaraan verbonden stijve metselwerk van de oude kopgevel muren zijn er veel problemen met deze schuren (Hoofdstuk 10 Burgerboek). Om de beweging van deze rondhoutspanten te verminderen is het niet wenselijk om daar aan de binnenkant stijve OSB-platen op te bevestigen. Door het afdekken aan de binnenkant van die houten spanten en daksporen zijn ze niet meer te controleren (op rot of houtworm). Ten behoeve van de controle zou isolatie slechts aan de buitenkant toegepast mogen worden. Om het buitenzijdig aan te brengen moet het hele dak vernieuwd worden, maar dan kan het ook meteen geïsoleerd worden. Slechts wanneer de grote schuren gebruikt gaan worden voor bewoning is isoleren relevant. Het versterken/verstijven zou in theorie wel door de NAM betaald worden, maar dak vernieuwen of isoleren niet.

Voor het verstijven kunnen diagonaalspandraden worden aangebracht. De ringbanden hebben bevestigingspunten voor de diagonaal lopende spandraden of metalen strips. Door de bouten van de ringbanden aan te draaien, klemmen de scherpe tanden zich vast in het hout. Omdat de staanders en spanten veel verschillende diameters hebben moeten de hulpmiddelen in verschillende maten geproduceerd worden. De diagonaal kabels of strips kunnen ter plaatse op maat gemaakt worden.



Figuren 114. Ringbanden (vierkante klemijzers) voor het verstijven van de grote schuur.

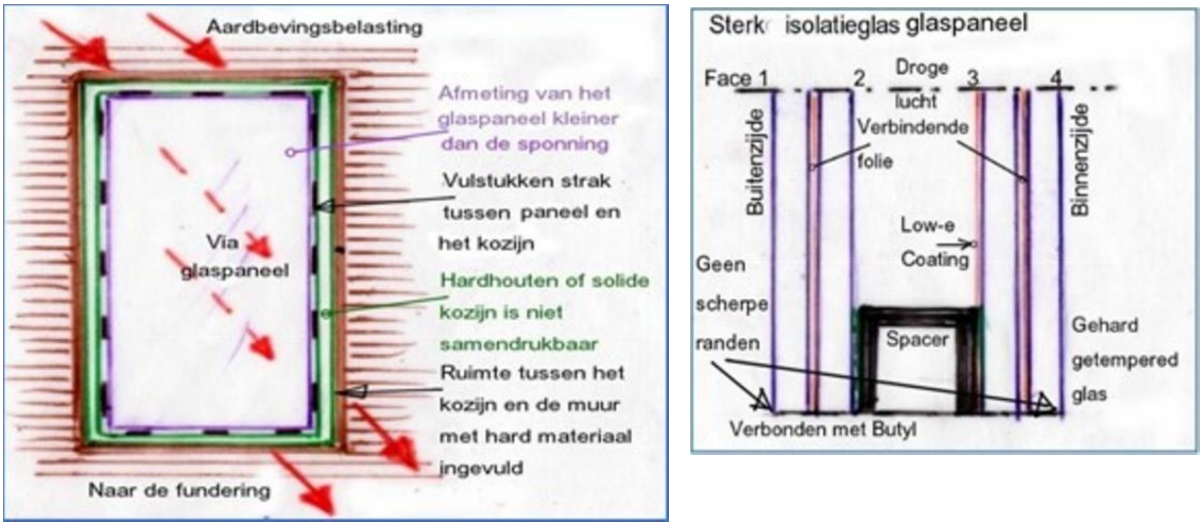
Door zowel op de staander als op de diagonale steunen ringbanden aan te brengen en onderling te verbinden, worden goede trekverbindingen tot stand gebracht, waardoor de hele schuur een stijvere constructie krijgt en dus de kopmuren minder/niet belast worden. Die hoge gemetselde kopmuren hebben echter wel hun eigen grote massa die ze kwetsbaar maakt bij aardbevingen.

8.5. Constructief sterke glaspanelen voor het verbreden van penanten

In eerste instantie was deze optie door de afdeling engineering als lachwekkend afgedaan. Echter, bij de uitwerking van het Burgerboek in 2020 kwam ik via prof. dr. ir. Mick Eekhout de toepassing tegen in zijn Octatube-werkplaats voor de constructie van grote en sterke glasoppervlaktes. Dat bevestigde het concept dat het een mogelijke seismische versterking was voor woningen met veel hoge ramen en rijtjeswoningen met brede ramen en te smalle penanten.

Door hun sterkte in het vlak van de muur maken ze een **praktische verbreding van de raampenanten en de verbetering van de gebouwsterkte in dat muurvlak**.[346] Met de lagere PGA sinds 2018 is dit een praktische optie die veel constructief versterkingswerk voorkomst. De in Nederland gebouwde projecten zijn van www.Octatube.nl . Sterke glaspanelen werden door Octatube gebruikt in Mexico en weerstonden vanwege hun sterkte de zware belastingen van aardbevingen.[347] Bij woningen worden ze direct belast met de (partiële) massa van het gebouw en op een slimme manier in de raamsponningen gezet. Het kozijn moet de druk op de muren overbrengen.

Veiligheidsglas, kogelwerend glas, gehard en gelamineerd hardglas (voorgespannen) zijn varianten van constructief belastbare en stabiliserende glaspanelen die grote belastingen kunnen opnemen. Constructief glas brengt de kosten van het verstijven en versterken van muren met grote raamopeningen in een project sterk omlaag, met name buitenmuren die erg smalle muurpenanten hebben. Een enkele thermisch voorgespannen glasplaat of -ruit is ongeveer vijfmaal zo sterk als gewoon *floatglas*. Dikkere glasplaten en meervoudig gelamineerde zijn ook meervoudig sterker.



Figuren 115. Constructieve glaspanelen.
Constructieve glaspanelen (gelamineerd, thermisch voorgespannen) zijn erg geschikt om de stabiliteit van Groningse woningen met grote raampartijen te vergroten, zoals bij veel doorzonwoningen (rijtjeshuizen). Het glas kan ook grote dwarskrachten op het vlak weerstaan. Je zou ook sterk isolatieglas kunnen maken.

De volgende overwegingen zijn relevant bij het ontwerp van het nieuwe kozijn voor het monteren van sterke glaspanelen ter versterking van de gevel.

---

[346] Erg geschikt voor de seismische versterking voor lage, oude, historische gebouwen met hoge raampartijen en smalle penanten, maar ook voor rijtjes- en andere woningen met veel ramen en smalle penanten. Er moeten dan wel thermisch isolerende ruitconstructies gebruikt worden.

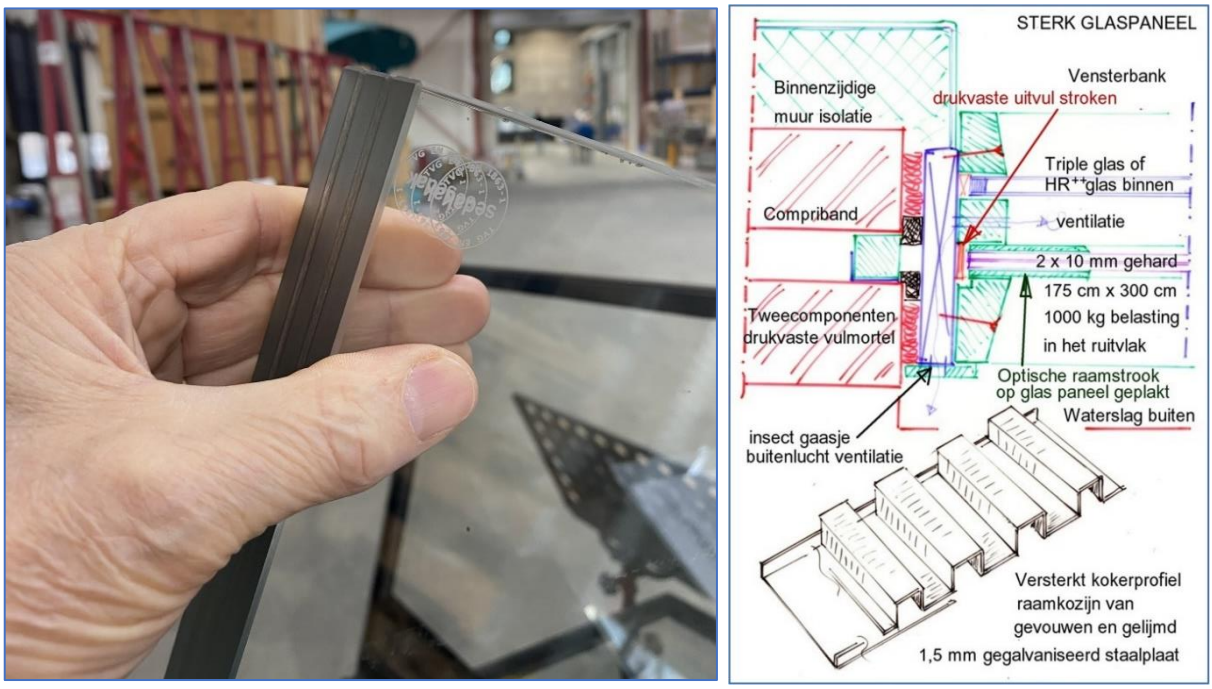
[347] In sterkte zijn er twee technische oplossingen. Het ene is dat de panelen niet beschadigen tijdens een zware aardbeving, vanwege hun sterkte en de ophanging of montage. Het andere is dat de sterke glaspanelen het gebouw vanwege hun sterkte overeind houden; dit is het hier voorgestelde principe.

- Het oude (houten) kozijn moet vervangen worden, want dat draagt meestal niet op beide spouwbladen. De nieuwe aanblik van de buitenkant zou moeten lijken op de oude situatie. Dit is vooral belangrijk bij monumenten.
- Het sterke glaspaneel moet beide spouwbladen ondersteunen. Het sterke nieuwe kozijn moet de krachten van het centraal geplaatste glaspaneel verdelen naar het midden van elk van de twee bakstenen spouwbladen.
- Bij een steensmuur hoeft het kozijn met het glaspaneel slechts in het midden te dragen.
- Bij monumenten, waarbij er een breed raamwerk in het kozijn zit, kan op de rand van het sterke glaspaneel een strook geplakt worden die even breed is als het eerdere raam, zodat de gevel er visueel hetzelfde uit blijft zien. Ook met roeden opplakken kan dit.
- Bij monumenten met antiek glas, kan het sterke glaspaneel aan de binnenzijde geplaats worden, met buitenluchtventilatie ter voorkoming van condens.
- Het sterke glaspaneel kan geen draaibare of openzetbare delen hebben. Voor de ventilatie zullen er andere opties aanwezig moeten zijn zoals decentrale ventilatie met WTW (warmteterugwinning) of een centraal systeem met balansventilatie.
- Het sterke glaspaneel is weinig isolerend en kan gecombineerd worden met een HR^{++} ruit/raam of een Tripleglas ruit/raam. Het isolerende binnenraam moet te openen zijn.
- Het nieuwe, sterke (metalen) kozijn moet 3 cm kleiner ingemeten worden dan de dag van de raamopening, waarbij na het plaatsen de 1,5 cm kier tussen het kozijn vol en zat ingevuld moet worden met drukvaste mortel (tweecomponenten, type Helifix). Er moet voorkomen worden dat de vulmortel in de spouw komt.
- Het sterke glaspaneel moet een 3-4 mm kleiner ingemeten worden dan de sponning van het stalen kozijn. De ongeveer 1,5 – 2 mm kier tussen glas en kozijn moet over de volle hoogte volledig drukvast dichtgezet worden met kunststof passtukjes.
- Het glaspaneel (eventueel met imitatie raamstrookjes) wordt aan de buitenkant geborgd door een hardhouten profiel dat over het metalen kozijn past.
- Op de binnenzijde van de buitenmuur wordt muurisolatie toegepast tot minimaal de nieuwbouwnorm (Rc minimaal 4,5 m^2.K/W) en een dampdichte laag aan de warme kant.

8.5.1. Voor de afmetingen zijn er minstens vijf hoofdcategorieën

1. **Doorzonwoningen** en rijtjeswoningen met grote raampartijen voor en achter. De ruitmaten zijn vaak 1,75 m hoog x 3 m breed. De brede glaspuien zijn vaak met onderverdelingen. De structurele onderverdeling is niet mogelijk bij de sterke glaspanelen, deze moeten van muur tot muur doorlopen. Aan de achterzijde van de woning bevinden zich vaak terrasdeuren, waarbij de zijruiten dan vervangen moeten worden door sterke glaspanelen.
2. **Grote winkelpuien**. Deze zijn groter dan de ramen van doorzonwoningen en moeten met sterkere kozijnen apart berekend worden. Door de dikkere ruit met de tussenfolies zal de isolatiewaarde iets beter zijn dan de eerste categorie. Warmtedoorgang remmende glasfolies kunnen worden toegepast.
3. **Kleine ramen**. Deze bevinden zich vaak op de etage en naast bredere raampenanten. Hier is muurversterking vaak niet nodig. Op basis van de gebouwbeoordeling kunnen een paar of meerdere etageramen van een sterk glaspaneel voorzien worden.
4. **Monumenten**. Vaak hoge ramen met een klassieke detaillering. Hier is het mogelijk om het sterke glaspaneel (met isolerende folie) binnenzijdig te plaatsen en het buitenaanzicht met het oude kozijn en raamwerk te behouden als extra isolerende laag.
5. **Beschermd stadsgezicht**. Hier zijn de eisen minder streng dan bij monumenten. Om het aanzicht van een kozijn- en raamwerk te behouden kan er op het sterke glaspaneel een strook geplakt worden die er van een afstand uitziet als een raamwerk.

De volgende schets is een voorstel van sterke glaspanelen 175 cm x 300 cm met kozijn. Op het glas is een imitatieraamwerk gemaakt met opplakstroken. Een isolerend binnen raamwerk is van HR^{++} of Tripleglas. Het is ook mogelijk om in plaats van een vaste ruit een draaibaar (isolerend) binnen raam te maken. Dat kan dan makkelijk worden schoongemaakt. Het vaste ontwerp heeft ventilatie met buitenlucht vanuit de spouw nodig ter voorkoming van condens tussen de ruiten.



Figuren 116. Voorbeeld van sterke glaspanelen en kozijndetail.
Bij grote ruiten betekent dit een dikker glaspaneel dan bij kleine ruiten om knik te voorkomen. Een doorzonwoningraam van 300 cm breed en 175 cm hoog heeft dan sterke glasplaat nodig van 2 x 10 mm dik (foto is 3 x 7mm dik).

Toepassing bij een doorzonwoning. Bij een gebouwmassa van 20 ton boven de begane grondvloer (bij een tussenwoning) en een PGA 0,1g is de totale horizontale aardbevingsbelasting 10% van de massa of 2 ton, dus ongeveer 1 ton per voor- of achtergevel. Een glasplaat moet dan een belasting in het vlak kunnen opnemen van minimaal 1 ton. De plaatdikte van het kozijn en de afstand tussen de gevouwen ribben wordt bepaald door de berekening. Bij het verlijmen van verzinkt staalplaat is de kans op corrosie zeer klein. De glaslatten of afstandshouders worden met schroeven op het kozijn vastgezet. Dikkere glaspanelen zijn mogelijk.

8.6. Elastische rubberen platform *base-isolation*

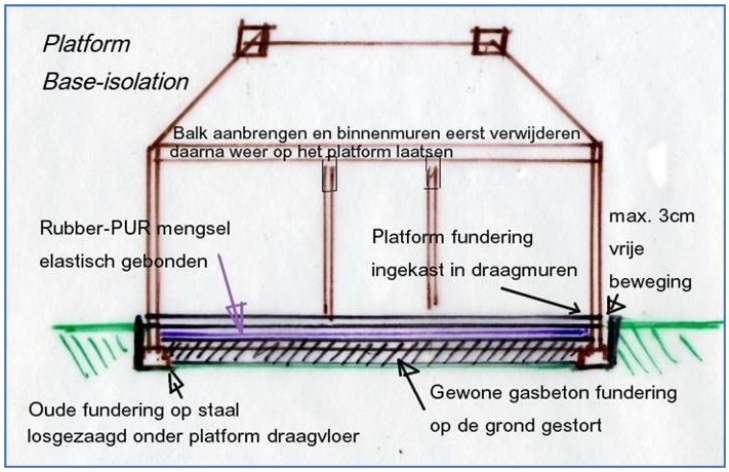
Onder een woning kan een schuimbeton fundering worden aangelegd, met daarop een laag elastisch rubber (10 cm dik) en daarop een gewapend betonnen vloerplaat (12 cm dik) die in de draagmuren rondom het gebouw is ingekast. Zie ook figuur 98.

De platformfundering werd in 2014 toegepast in de eerste testwoning om de problemen van een zwakke fundering met te weinig draagkracht te overkomen. Door de hele begane grondvloer op de grond te laten dragen wordt de belasting op de (klei)grond erg laag. In de dikke plaatfundering werden zware stalen frames en portalen geplaatst die de muren bij de topzware (PGA 0,42) overeind moesten houden. Bij een *base-isolation* worden er twee platen boven elkaar gestort.



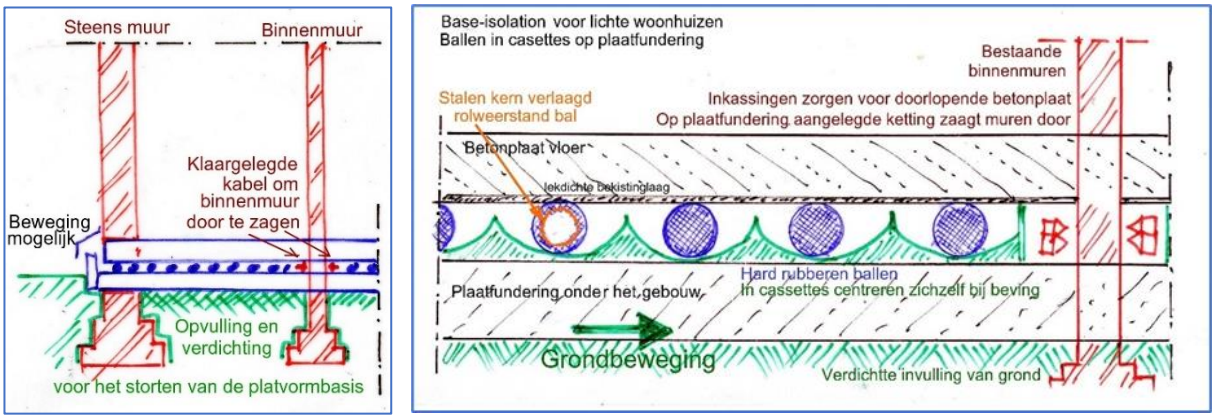
Figuren 117.Testwoning in Loppersum met volledige plaatfundering
Links: door inkassingen in de muren te maken loopt de dragende vloerplaat door in de muren.
Rechts: op de betonplaat werden zware staalconstructies gemonteerd die de muren en het dak vasthouden.

Na verharding van de bovenste betonplaat wordt de bakstenen muur direct onder die bovenste betonplaat doorgezaagd. De daarvoor noodzakelijke ketting wordt van tevoren rond de binnenmuren (vrij liggend) in de flexibele laag aangelegd. Het hele gebouw draagt dan op de bovenste betonvloer, op het rubber en op de onderste fundering. Hierdoor blijft de gronddruk erg laag. De rubbersnippers of ballen kunnen van gerecyclede autobanden worden gemaakt. De dragende vloer is een bekend systeem en wordt aangebracht zonder dat het gebouw eerst opgetild hoeft te worden. De gaten worden in de muren van buitenaf of van binnenuit aangebracht. Een dergelijk systeem is eenvoudig aan te brengen en dempt de initiële scherpe schok die typisch is voor de Groningse aardbevingen. Aan de zijkanten van de bovenste betonplaat moet een verend mechanisme zitten dat de plaat weer centreert naar de beginstand.



Figuur 118. Schets van sandwich base-isolation *op rubbersnippers.*
Elk base-isolation *systeem moet een mechanisme hebben dat ervoor zorgt dat het gebouw zich na de beving weer centreert op de dragende constructie.*

Een zelf-centrerende optie kan ook bestaan uit een tussenlaag die bestaat uit harde rubberen ballen in cassettes. De ballen kunnen worden gemaakt van recyclede autobanden. Door het indrukken van de ballen ontstaat weerstand tegen rollen. Met een stalen kern kan dit beperkt worden. Door het grote dragende oppervlak is bij de lage woningbouw de belasting op de ballen beperkt. De grootte, het aantal en de sterkte van de ballen dient berekend te worden. Door de ballen in prefab ovaal-holle cassettes te plaatsen zal bij een horizontale beweging van de ondergrond met de plaatfundering de bovenste vloer zichzelf tijdens en na de beving centreren.



Figuren 119. Rubberballen base-isolation op platformfundering
Nadat de vloeren verhard zijn worden de baksteen muren met een lange ketting doorgezaagd. Bij de buitenmuren kan dat ook met een slijpschijf. De zware betonmortel zal de iets slappe folie tussen de baltoppen indrukken. Hierdoor ontstaat en een omgekeerde komvorm die zorg draagt voor de centrering.

De beide vloerplaten lopen via openingen in de muren door over de hele lengte en breedte van het gebouw. De wapening in de bovenste plaat zal bij de inkassingen de negatieve belasting van de muren moeten dragen. Deze ballen/cassetten optie is goedkoper en eenvoudiger dan het inbouwen van klassieke base-isolation systemen of het maken van een dubbele balkenfundering onder een bestaande woning. Ook bij nieuwbouw van woningen op slappe grond kan dit een economische maatregel zijn.

8.7. De volgende observaties kunnen gemaakt worden

Hoofdletternummering continuering van paragraaf 6.17.

HH. De goedgekeurde voorstellen van de Design Competitie werden toegepast in de verschillende typologieën van de testwoningen.[348] Hier konden de betreffende ontwerpers hun producten of ideeën toepassen. Deze ideeën waren gerelateerd aan vloer-muurverbindingen en het versterken van de draagmuren, maar niet bij funderingen.

II. Er bestond geen interesse bij de NAM om zelf nieuwe technologieën te ontwikkelen en uit te voeren, vanwege mogelijke aansprakelijkheid. Wanneer de Mmax/PGA veel minder zou worden waren al deze ontwikkelingen ook niet nodig. Toch blijft het relevant om de sterke glaspanelen uit te voeren in monumenten en nieuwe rijtjeswoningen.

JJ. De schoorstenen op flexibele houten kapconstructies zijn met de topgevels de meest risicovolle gebouwdelen of elementen in een aardbevingsgebied. Bij verduurzaming van de woning en een herziening van het verwarmingssysteem kan de schoorsteen en open haard (mantel) geheel vervallen.[349]

KK. Het toepassen van binnenzijdige muurversterkingen van de gevels, zonder het tegelijk aanbrengen van een goede thermische isolatie is niet zinvol en leidt tot geldverspilling als dat op een later tijdstip alsnog moet worden aangebracht. Dat is dan een gemiste kans op goede CO_2-uitstoot vermindering.

[348] De designcompetitie resulteerde in een dertigtal ontwerpen, waarvan er een twintigtal werden uitgekozen om uit te werken. Van dat twintigtal werd er een dozijn in de praktijk uitgevoerd in de testwoningen, maar in de praktijk geen enkele.

[349] Het oude schoorsteenkanaal kan vaak dienstdoen als ventilatiekanaal voor de balansventilatie.

LL. Het inbrengen van **korte** spiraalwapening **over plaatselijke scheuren** is niet zinvol als er meer gelijksoortige of sterkere bevingen kunnen komen, omdat er dan naast de uiteinden van die wokkels nieuwe scheuren zullen ontstaan; bij seismische versterking moeten de wokkels rondom het hele gebouw doorlopen. Dat gebeurde bijna nooit.

MM. Het doorrekenen van veel kleine woningen met een zeer dure en tijdrovende software zoals de **NLTHA-methode is niet relevan**t wanneer de benodigde mate van versterken niet bekend is of de belasting PGA veel te hoog wordt ingezet.[350] Het is sneller en goedkoper om eenvoudige maatregelen per woningtypologie toe te passen op basis van algemene seismische principes.

NN. Aannemers die niet weten **waarom** en **hoe** een versterking moet worden aangebracht, kunnen makkelijk een "versterking" aanbrengen die niet werkt bij een beving en daarom zal leiden tot geld- en tijdverspilling. Begripsvorming en kennis bij aannemers is daarom erg belangrijk.

OO. Het opwaarderen van de Grote Gebinten Schuren is pas relevant als er ook een **duurzaam exploitatieprogramma** voor die gebouwen kan worden ontwikkeld. Dat betekent dan soms een aanpassing van het bestemmingsplan en het begrip 'agrarische doelstelling'. Kringloop- en recyclingbedrijven, gereedschappen-uitleendepot, voedselproductie industrie, dienstverlening, internetbedrijven, kleinindustrie en groepswoningen zijn dan verschillende opties.

PP. De aanwezigheid van demonstratiewoningen waar nieuwe technologieën zijn toegepast kan de woningeigenaar motiveren deze technologieën in de eigen woning toe te (laten) passen. Dit kunnen seismische herstel- of versterkingstechnieken zijn, maar ook thermische verduurzaming en de toepassing van sterke glaspanelen als alternatief op muurversterking.

QQ. De ontwikkeling van groepsmatige aanpak (en groepscontracten) van gelijksoortige woningen (zelfde typologie) in hetzelfde dorp zal de versterkingskosten sterk verlagen als er aannemers zijn die in een typologiewoning zijn gespecialiseerd en indien de woningeigenaars dat gezamenlijk willen laten uitvoeren.

RR. Bij de toepassing van een flexibel isolatiemateriaal op de binnen- of buitenmuren die scheuren hebben van minder dan 1 mm breed hoeft die na-geïsoleerde kant van de muur niet versterkt te worden. Deze kleine scheuren hebben geen invloed op de gebouwsterkte.

SS. Voor het thermisch of levensloopbestendig verduurzamen van de door de aardbevingen beschadigde gebouwen moet een toegankelijke en langdurige financiering mogelijk zijn tegen een nul-rentetarief[351], die bij overdracht van het gebouw wordt afgelost en de investeerder procentueel meeprofiteert van de waardevermeerdering van de woning.

TT. De wetenschappelijke onderzoekers van de NAM zijn vooral binnen hun eigen domein gebleven en hebben geen poging gedaan om de bevolkingsrespons te onderzoeken. Wetenschappelijke onderzoekers moeten in staat zijn om het resultaat van hun onderzoek dat direct betrekking heeft

[350] Gedurende 2017 en 2018 werden door de ingenieursbureaus duizenden woningen doorgerekend op basis van een feitelijk achterhaalde erg hoge PGA uit 2016, terwijl de toen al bekend was dat de Mmax al naar beneden was bijgesteld vanwege de gewijzigde en verminderde gaswinning uit het gasveld. Het doorrekenen van enkele typologieën is wél relevant wanneer dat gebeurt om de PGA-acc te bepalen. Gelijksoortige woningen kunnen dan op dezelfde manier preventief worden versterkt.

[351] In 2024 worden in verschillende gemeentes deze opties aangeboden voor het verduurzamen van de woning. Het Nationale Warmtefonds heeft deze opties. Woningeigenaren kunnen de informatie op de verschillende websites vinden, maar hebben soms begeleiding nodig om wegwijs te worden tussen alle opties.

op het leven en welzijn van de bevolking op een eenvoudige inzichtelijke manier voor die doelgroep uit te dragen.

UU. Vanwege de dreigingskaart met extreme waarden die bij de NPR 9998:2015 hoorde, had die NEN-NPR-commissie zich kunnen afvragen of dat voor de Nederlandse situatie wel reëel was en de NAM kunnen aanspreken op de uitkomsten en om de gaswinning te herzien, of het extreemhoge dreigingskaartje niet met de NPR 9998:2015 te presenteren. Door de NPR samen met de dreigingskaart als norm (zonder commentaar) te presenteren werd een foutief perspectief aan de bevolking en ingenieurs gepresenteerd.

****



DE VOLKSKRANT VRIJDAG 11 JULI 2025

NAM keert 3 miljard euro uit aan aandeelhouders Shell en Exxon

De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) keert in totaal 3 miljard euro uit aan de eigenaren Shell en het Amerikaanse ExxonMobil, blijkt uit de jaarrekening over 2024. Het is de eerste uitkering aan de twee aandeelhouders sinds 2017. Beide ontvangen 1,5 miljard euro. In diezelfde periode, tussen 2018 en 2024, droeg de NAM 12,9 miljard euro aan Nederlandse overheden af. Dat is exclusief de betalingen voor aardbevingsgerelateerde kosten van het Instituut Mijnbouwschade Groningen (IMG) en de Nationaal Coördinator Groningen (NCG), die de gevolgen van de gaswinning in Groningen behandelen.

De NAM boekte in 2024 een nettowinst van bijna 1,3 miljard euro, tegen 224 miljoen euro een jaar eerder. De hogere winst is het gevolg van de resultaten van GasTerra. Vorig jaar was voor de NAM historisch, omdat het Groningse gasveld definitief werd gesloten. GasTerra is de leverancier van Gronings aardgas. Doordat de gaswinning uit het Groningenveld is gestopt, zou dat bedrijf eind 2024 worden opgeheven. Door verplichtingen vanuit langlopende contracten is dat uitgesteld en blijft GasTerra nog tot eind 2026 bestaan.

Eind 2024 had de NAM 9,6 miljard euro in kas. Deze 'sterke kaspositie' stelt het bedrijf naar eigen zeggen in staat om naast de uitkering aan de aandeelhouders ook de toekomstige kosten, inclusief de opruimkosten en kosten van de afhandeling van de schade- en versterkingsopgave in Groningen, te betalen. De NAM-aandeelhouders hebben hierover in 2018 en 2019 afspraken gemaakt met de overheid. Over de uitvoering van deze afspraken en de kosten bestaat echter onenigheid en de aandeelhouders hebben onafhankelijke arbiters verzocht om een oordeel te vellen.

Figuur 120. Krantenbericht Volkskrant 11 juli 2025

9. Belangrijkste vaststellingen en conclusies

Deze vaststellingen en conclusies[352] zijn een antwoord op de onderzoeksvraag:

Waarom heeft het hele herstel- en versterkingsprogramma van het Groningse aardbevingsdossier zoveel problemen gehad en waarom is de schade afhandeling voor de bevolking jarenlang zo slecht verlopen met angst en stress? Dat leidt tot de vraag over wat de achtergronden waren van de zware Mmax berekening en superzware PGA-uitkomsten in de NPR. Wat had er wel gedaan moeten worden?

Deze dissertatie is echter ontstaan zonder onderzoeksopdracht van de Technische Universiteit Delft. Na het uitwerken van het bouwkundige Burgerboek bleef bij mij de algemene vraag waarom het hele herstel- en versterkingsprogramma van het Groningse aardbevingsdossier zoveel problemen had en waarom de schade afhandeling voor de bevolking voor jaren zo slecht was verlopen met vooral veel stress en angstgevoelens bij de bevolking. Dat leidde tot de vraag over wat de achtergronden waren van de zware Mmax berekening en superzware PGA-uitkomsten in de NPR. Immers in de praktijk van de jaren erna tot aan vandaag bleken die Mmax- en PGA-waarden helemaal niet te kloppen.

Een belangrijke observatie is dat er vanaf het begin veel misleiding heeft plaatsgevonden door de publicatie van de hoge Mmax- of Richter-waarden voor toekomstige aardbevingen, die door bijna niemand werden begrepen. Die waarden hadden niet gepubliceerd mogen worden. Een essentieel probleem was dat op basis van de verschillende Mmaxen er een verkeerde PGA-berekening heeft plaatsgevonden die vervolgens als rekenbasis in de NPR verplicht werd.

De voorspelde zeer hoge kosten voor gebouwversterking op basis van de verkeerde NPR-PGA veroorzaakte de terughoudendheid (en daarna veranderende regels) van de NAM om gebouwen te versterken of om de gebouwschade ruimschoots te vergoeden en de woningeigenaren goed te compenseren. De bureaucratie rond de schadeafhandeling veroorzaakte extra stress bij de bevolking.

A. **De Mmax is niet voor publieke informatie**. De Mmax berekeningen zijn hoofdzakelijk slechts door seismische wetenschappers en wiskundigen te begrijpen[353]. Voor bouwkundigen zijn die grotendeels onbegrijpelijk, laat staan voor de bevolking en de media. De angst bij de bevolking werd gecreëerd door de extreme Mmax- en Richterpublicaties van de NAM/KNMI, misinterpretatie van het begrip ‘veiligheid’, en door het toenemende aantal bevingen en de berichtgeving in de media[354]. De Mmax heeft invloed op de PGA-berekening en heeft het

[352] Deze vaststellingen of conclusies trek ik op basis van mijn uitgebreide onderzoek, redenering, logica en met 40 jaar ervaring met het aardbevingsthema, inclusief directe betrokkenheid bij de Groningse aardbevingen en de NAM. Het zijn tevens aanbevelingen voor toekomstige berekeningen en maatregelen bij geïnduceerde aardbevingen of mijnbouw. Er zit een subjectief element in, omdat ik de vergaarde kennis heb geanalyseerd, maar het is niet slechts ‘een mening’. Ze zijn gebaseerd op gefundeerde en gedetailleerd omschreven argumentatie. Een bewijs is wat anders. Het bewijs dat de conclusies juist zijn, kan echter alleen geleverd worden indien de aanbevelingen van mijn bevindingen worden uitgevoerd en daarna vergeleken met de huidige situatie.

[353] Een bepaalde sterkte kan pas een Mmax genoemd worden als de Gutenberg-Richter-regel voorspelt dat die in een bepaalde periode minstens driemaal had moeten voorkomen. Dat wil zeggen dat je toch wel dertig bevingen moet hebben van een magnitude Mmax – 1. Zulke data waren er niet. De geponeerde hoge Mmaxen waren dus luchtfietserij, hetgeen is aangetoond in deze dissertatie. Het KNMI noemde die rekenarij dan ook ‘speculatief’. Met andere woorden: het KNMI had zo beleefd mogelijk gezegd dat die hele Mmax-rekenarij onzin was. Het was te meer onzin omdat door gaswinning geïnduceerde bevingen zich niet volgens een poissonproces gedragen. Dit proces geldt alleen voor tektonische aardbevingen, waarbij het verschuiven van aardlagen onverstoorbaar voortgaat en op een tijdschaal van miljoenen jaren verandert. De GBB begreep dit goed: “Gaskraan eerder dicht → met meteen effect”

[354] De angstgevoelens bij de bevolking werden waarschijnlijk mede gecreëerd door de aangerichte schade en het toenemende aantal en frequentie van de bevingen; het is goed voorstelbaar dat de Mmax- en Richterpublicaties van de NAM en KNMI of

herstelproces bemoeilijkt en heel duur gemaakt. **De Mmax komt nooit voor** en die extreem hoge aardbevingswaarden zijn **sociaal én juridisch totaal ontoelaatbaar**. De Mmax en PGA-max prognoses zijn theoretische speculaties en dus **niet voor publieke informatie**.

Referenties: Begrippen, pagina 21'Mmax'. Begrippen, pagina 25 'Herhalingstijd'. Voorwoord, pagina 29 vierde alinea en in de box. Hoofdstuk 1, pagina's 52-54, punten b, c, d, e en g. Paragraaf 1.2 pagina 60 vierde alinea. Pagina 64 Tabel 6 en de volgende tekst. Paragraaf 1.4.2 pagina 67 en de tekst van de eerste drie alinea's op de volgende pagina. Paragraaf 1.4.3 pagina 69 punt e. Paragraaf 1.4.4 pagina 7.1 eerste twee alinea's. Paragraaf 1.5 pagina 75 tweede alinea en box op pagina 79. Paragraaf 5.8 pagina 149 eerste alinea. Paragraaf 5.11 pagina's 158-160.

B. Bètawetenschappers moeten hun sociale verantwoordelijkheid nemen bij hun publicaties door de juiste context van hun speculatieve theoretische berekeningen aan te geven en de mogelijke consequenties voor de maatschappij, vooral wanneer de uitkomsten van hun beweringen extreem belastend zijn voor de bevolking. Diepgravende onderzoeken van ingewikkelde materie zijn niet goed mogelijk te begrijpen voor de gemiddelde burger of actiegroepen en de kleine media hebben meestal niet de capaciteit de berekeningen te controleren.

Referenties: Begrippen pagina 25 'Wetenschap'. Paragraaf 1 pagina 59 de box. Paragraaf 1.4.2 pagina 68 alinea's drie en vier. Pagina 69 derde alinea. Paragraaf 1.4.4 pagina 71 laatste alinea. Paragraaf 1.4.5 pagina 72 eerste en derde alinea. Paragraaf 3.3 pagina 104 eerste alinea. Paragraaf 5.1 pagina 126 punt 10 en op pagina 128 punt 22. Paragraaf 5.14 pagina 163 punten S, R en U. Paragraaf 6.17 pagina 189 punten BB en CC. Paragraaf 7.1 pagina 196 laatste alinea.

C. De schadeveroorzaker dient de aardbevingen te beheersen zodat er geen voor de bevolking ontoelaatbare schade ontstaat. Een voorbeeld van goede beheersing van geïnduceerde aardbevingen is het *Traffic Light System (TLS);* een beter systeem is de PGA-acceptabel berekening. **Het acceptatieniveau van de bevolking hangt samen met de geboden (financiële) compensatie**. Theoretisch (met de NTLHA-methode) kunnen de schadeniveaus per aardbevingssterkte worden bepaald per woningtypologie en de daarbij behorende PGA. **Uit het acceptatieniveau van de bevolking volgt de PGA-acceptabel.** Alle gebouwen die een verhoogd schaderisico hebben (groter dan DS1) dienen eerst (seismisch) versterkt te worden, alvorens de mijnbouwactiviteiten worden uitgevoerd of opgevoerd. De schadeveroorzaker mag dan geen bevingen veroorzaken boven die PGA-acceptabel.

Referenties: Begrippen pagina 21 'Mmax'. Voorwoord pagina 30 Ten eerste. Pagina 31 Deel 2. Hoofdstuk 1 pagina 53 punt e. Paragraaf 1.2 pagina 60 eerste twee alinea's. Paragraaf 1.3 pagina 65 een na laatste alinea. Paragraaf 1.5 pagina 80 de box. Paragraaf 1.8 pagina 82 en pagina 83 alinea's twee en drie. Paragaaf 3.5 pagina 108 de box. Hoofdstuk 7 pagina 191-192 Ad (1) en Ad (2). Paragraaf 7.1 pagina 196 eerste tekst alinea onder de tabel.

D. Het veiligheidsrisico mag niet verlaagd worden bij geïnduceerde aardbevingen. Zware geïnduceerde aardbevingen zijn een nationale ramp met mogelijk honderden doden, en tien tot honderdduizenden huishoudens die zwaar en langdurig onder de gevolgen zullen lijden. Dat vereist het kleinste veiligheidsrisico van 10^{-7}. **Het veiligheidsrisico bij geïnduceerde aardbevingen mag niet hoger worden bijgesteld van 10^{-6} naar 10^{-5}** doden per capita per jaar

---

de berichtgeving in de media deze angstgevoelens creëerden of versterkten. Verwarring over het begrip 'veiligheid' (de officiële definitie net-niet -instorten), en wat de bevolking dacht/vond wat veiligheid was (veiligheidsgevoel) droeg waarschijnlijk evenmin bij tot vermindering van de vermeldde angstgevoelens. Gebouw beoordelingen van het NCG over sloop versterkte waarschijnlijk de angstgevoelens, zeker als de bewoners in die woningen moesten blijven wonen.

om een industrie of de overheid minder verantwoordelijk te maken. Geïnduceerde aardbevingen zijn regelbaar door de veroorzaker en geen onvermijdbaar natuurgeweld.

Referenties: Begrippen pagina 27 ‘Onzekerheid en Risico’. Paragraaf 1.1 pagina 59 Ad 26. Paragraaf 1.4 pagina 74 eerste alinea. Paragraaf 3.5 pagina 109 punt B. Paragraaf 6.16 pagina 185 punt 14. Paragraaf 1.16 pagina 188 Ad punt 14. Paragraaf 6.17 pagina 189 punt FF.

E. De Eurocode 8 is voldoende voor Nederland, maar retrofitting kan toegevoegd worden. In Nederland komen slechts zeer sporadisch lichte tektonische aardbevingen voor, en die hebben een PGA kleiner dan 0,2g. De grenswaarde van de Eurocode 8 voor het versterken van gebouwen ligt bij PGA 0,2g; daarboven is seismische versterking nodig.[355] **Geïnduceerde aardbevingen mogen daarom niet groter worden dan PGA 0,2g.** Hiervoor hoeft de Eurocode 8 of de huidige nieuwbouwcode niet te worden aangepast. De Eurocode 8 is daarom volledig accepteerbaar en hoefde voor Nederlands gebruik niet te worden vertaald of verfijnd. Het toevoegen een hoofdstuk over retrofitting van oude metselwerkbebouwing is wel nuttig.

Referenties: Voorwoord pagina 36 tweede hele alinea. Pagina 38 voetnoot 25. Hoofdstuk 1 pagina 47 tweede alinea. Paragraaf 2.6 pagina 91 punten c en d. Paragraaf 2.7 pagina 93 laatste twee alinea’s. Paragraaf 4.2 pagina 118 punten L en M. Paragraaf 5.9 pagina 151 figuur 72. Paragraaf 5.15 pagina 162 eerste twee punten. Paragraaf 6.16 pagina 186 Ad punt 5. Paragraaf 6.17 pagina 188 punt Y.

F. Mijnbouw moet naast gebouwschade ook de milieuschade volledig compenseren.[356] Mijnbouw (zoals de gaswinning in Groningen) kan een algemeen en economisch belang dienen, maar ook milieuaantasting veroorzaken (bodemdaling, grondwater niveauverandering, CO_2-uitstoot). Bij mijnbouw dienen daarom grote (financiële) reserves te worden opgebouwd om zowel de bevolking als de eventuele toekomstige milieuschade te kunnen compenseren. De realisatie zou niet door commerciële winst-gedreven bedrijven moeten plaatsvinden, maar door non-profit bedrijven. De lokale bevolking in het mijnbouwgebied dient bij voorkeur naast de volledige compensatie van de geleden schade ook een voordeel te hebben bij die mijnbouw.
Bij mijnbouw naar fossiele brandstoffen dient **direct alle de toekomstige CO_2-uitstoot van die fossiele brandstoffen volledig gecompenseerd te worden**[357]. Dit zal de prijs van de brandstoffen opdrijven, waardoor er zuiniger mee wordt omgesprongen (benzine, diesel, plastic, elektra), en het huidige energie-consumptieve gedrag van de mensheid verminderen.

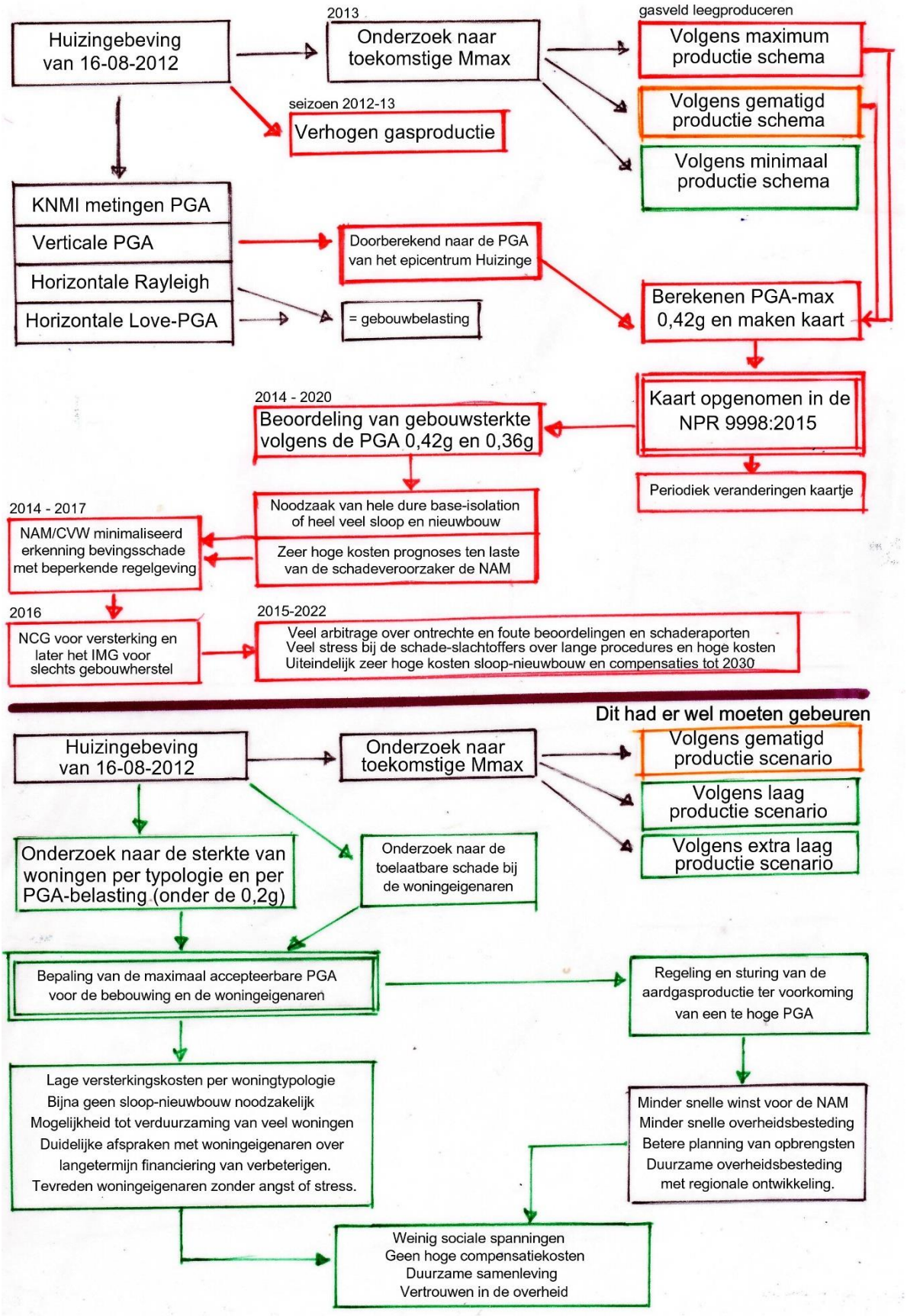
Referenties: Voorwoord pagina 35 derde en vierde alinea’s. Tussenpagina 84 met foto en tekst. Paragraaf 5.14 pagina 164 punten X en Y. Paragraaf 6.17 pagina 189 en 190 punt HH. Hoofdstuk 7 pagina 191 alinea twee en de box. Paragraaf 7.1 pagina 196 derde alinea van onderen.

---

[355] Dat wil niet zeggen dat er bij een PGA 0,2g in de provincie van Groningen niet heel veel schade zal ontstaan, wellicht zelfs viermaal zoveel als bij de PGA 0,1 van Zeerijp.

[356] Bètawetenschappers moeten…; De schadeveroorzaker dient…; Het veiligheidsrisico mag niet…; Mijnbouw moet…; Al deze zinnen zeggen hoe iets hoort te zijn. Misschien is er een wet die vertelt wat mijnbouw of schadeveroorzakers moeten doen of nalaten, maar zeggen hoe iets hoort te zijn is wat anders dan constateren hoe de feiten liggen. Hoe iets hoort te zijn, kun je niet door feitenonderzoek vaststellen.

[357] Dit onderdeel van de bevinding is mijn mening, gebaseerd op meer achtergrondinformatie en gerelateerd aan het Rapport van de Club van Rome ‘Grenzen aan de Groei’ uit 1972 en de vele onderzoeken en rapportages sindsdien. Dat gaat echter veel te ver buiten het thema van deze dissertatie. Bij de exploitatie van mijnbouw door non-profit bedrijven en de compensatie verplichting zal de economische of commerciële druk van winstmaximalisatie niet aanwezig zijn en dientengevolge ook niet de behoefte om de schadevergoedingen met oneigenlijke regels proberen te verminderen, omdat anders die dikke winst in gevaar zou komen.



Figuur 121. Bovengedeelte zoals het ging, onderste gedeelte zoals het moet.

9.1.Key Findings and conclusions

These findings are the summary conclusions of the research question:
Why did the entire recovery and reinforcement program for the Groningen earthquake dossier encounter so many problems, and why was the damage claims settlement so poor for many years, resulting in fear and stress for the population? This raises the question about the underlying reasons for the high Mmax calculations and the extremely high PGA results in the NPR. What needed to be done?

This dissertation, however, was written without a research mandate from Delft University of Technology. After completing the Civil Engineering Citizens' Book, I was left with the general question of why the entire recovery and reinforcement program for the Groningen earthquake dossier had so many problems and why the damage claims process had been so deficient for years, and above all with a lot of stress for the population. This led to the question of the underlying reasons for the excessive Mmax calculation and the extremely overrated PGA results in the NPR. After all, in practice considering the years until today, those Mmax and PGA values turned out to be completely incorrect.

An important observation is that, from the outset, there was considerable deception due to the publication of the high Mmax or Richter values for future earthquakes, which were hardly understood by anyone. These values should not have been published.
A crucial problem was that, based on the various Mmaxes, an incorrect PGA calculation was made, which was subsequently required as a calculation basis in the NPR.

The evidently high costs of building reinforcement according to the wrong NPR-PGA caused the NAM (Netherlands Petroleum Company) to introduce restrains (changing rules) about the building repair or to fully compensate the building damage in a generous way or properly compensate the homeowners. The bureaucracy surrounding the claims settlement process caused considerable stress among the population.

A. **The Mmax is not for public information.** The Mmax calculations are primarily only understandable by seismic scientists and mathematicians. For structural engineers, they are largely incomprehensible, let alone for the public and the media. Public fear was created by the extreme Mmax and Richter scale publications of the NAM/KNMI, misinterpretation of the concept of ‘safety’, and the increasing number of earthquakes and media reporting. The Mmax influences the PGA calculation. This has complicated the recovery process and made it very expensive. The Mmax never occurs, and these extremely high earthquake values are socially and legally completely unacceptable. The Mmax and PGA-max forecasts are theoretical speculations and therefore not for public information.

References: Definitions, page 21 ‘Mmax’. Definitions, page 25 ‘Repetition time’. Foreword, page 29 fourth paragraph and in the box. Chapter 1, pages 52-54, points b, c, d, e and g. Section 1.2 page 60 fourth paragraph. Page 64 Table 6 and the following text. Section 1.4.2 page 67 and the text of the first three paragraphs on the following page. Section 1.4.3, page 69, point e. Section 1.4.4 page 7.1 first two paragraphs. Section 1.5 page 75 second paragraph and box on page 79. Section 5.8 page 149 first paragraph. Section 5.11 pages 158-160.

B. **Scientists must take social responsibility in their publications by providing the correct context for their speculative theoretical calculations and the possible consequences for society,** especially when the outcomes of their claims are extremely burdensome for the public,

by providing the proper context for their speculations. In-depth investigations of complex matters are difficult for the average citizen or activist groups to understand, whereas the small media outlets do not have the capacity to assess those calculations.

References: Concepts page 25 ‘Science’. Section 1 page 59 the box. Section 1.4.2 page 68 paragraphs three and four. Page 69 third paragraph. Section 1.4.4, page 71 last paragraph. Section 1.4.5 page 72 first and third paragraphs. Section 3.3 page 104 first paragraph. Section 5.1, page 126 point 10 and on page 128 point 22. Section 5.14, page 163 points S, R and U. Section 6.17, page 189 points BB and CC. Section 7.1, page 196 last paragraph.

C. **The party that causes the damage must control the earthquakes so that no unacceptable damage occurs for the population.** An example of good control of induced earthquakes is the Traffic Light System (TLS); a better system is the calculation of the PGA- acceptable. **The public's level of acceptance is related to the (financial) compensation offered**. Theoretically (using the NTLHA method), the damage levels per earthquake magnitude can be determined for each housing typology and the associated PGA. **The PGA follows from the public's level of acceptance**. All buildings with an increased risk of damage (greater than DS1) must first be (seismically) reinforced before mining activities are carried out or increased. The party that causes the damage may then not cause earthquakes above the PGA.

References: Definitions page 21 ‘Mmax’. Preface page 30 Firstly. Page 31 Part 2. Chapter 1 page, 53, point e. Section 1.2 page 60 first two paragraphs. Section 1.3, page 65 second to last paragraph. Section 1.5, page 80 the box. Section 1.8, page 82 and page 83 paragraphs two and three. Section 3.5, page 108 the box. Chapter 7, pages 191-192 Ad (1) and Ad (2). Section 7.1, page 196 first text paragraph below the table.

D. **The safety risk may not be reduced in the case of induced earthquakes**. Major induced earthquakes are a national disaster with potentially hundreds of deaths, and tens to hundreds of thousands of households will suffer severely and long-term consequences. This requires the smallest safety risk of 10^{-7}. **The safety risk with induced earthquakes may not be increased from 10^{-6} to 10^{-5} deaths per capita per year** to reduce the responsibility of an industry or the government. Induced earthquakes are controllable by the perpetrator and not natural disasters.

References: Definitions page 27 ‘Uncertainty and Risk’. Section 1.1, page 59 Ad 26. Section 1.4 page 74 first paragraph. Section 3.5, page 109, point B. Section 6.16, page 185 point 14. Section 1.16, page 188 Ad point 14. Section 6.17, page 189, point FF.

E. **The Eurocode 8 is adequate for the Netherlands, but retrofitting can be added.** In the Netherlands, mild tectonic earthquakes occur only very rarely, and these have a PGA of less than 0.2g. The Eurocode 8 limit for strengthening buildings is PGA 0.2g; above this, seismic reinforcement is required. **Induced earthquakes may therefore not exceed PGA 0.2g**. This does not require any amendments to the Eurocode 8 or the current new construction code. Eurocode 8 is therefore fully acceptable and did not require translation or refinement for use. For the Netherlands adding a chapter on retrofitting old masonry buildings would be useful.

References: Foreword page 36 second full paragraph. Page 38 footnote 25. Chapter 1 page 47 second paragraph. Section 2.6, page 91 points c and d. Section 2.7, page 93 last two paragraphs. Section 4.2, page 118 points L and M. Section 5.9, page 151 figure 72. Section 5.15 page 162 first two points. Section 6.16 page 186 Re point 5. Section 6.17, page 188, point Y.

F. **Mining must fully compensate for environmental damage in addition to structural damage.** Mining (such as gas extraction in Groningen) can serve a general and economic interest, but it can also cause environmental damage (soil subsidence, groundwater level changes, CO_2 emissions). Therefore, large (financial) reserves must be built up during mining to compensate both the population and any future environmental damage. This should not be done by commercial, profit-driven companies, but by non-profit organizations. Ideally, the local population in the mining area should also benefit from the mining, in addition to receiving full compensation for the damage suffered. **When mining fossil fuels, all future CO_2 emissions from those fossil fuels must be fully offset immediately**. This will drive up the price of the fuels, leading to more efficient use of them (gasoline, diesel, plastic, electricity), and reduce current energy consumption.

References: Foreword page 35 third and fourth paragraphs. Intermediate page 84 with photo and text. Paragraph 5.14, page 164 points X and Y. Paragraph 6.17 pages 189 and 190, point HH. Chapter 7, page 191 paragraph two and the box. Paragraph 7.1 page 196 third paragraph from the bottom.

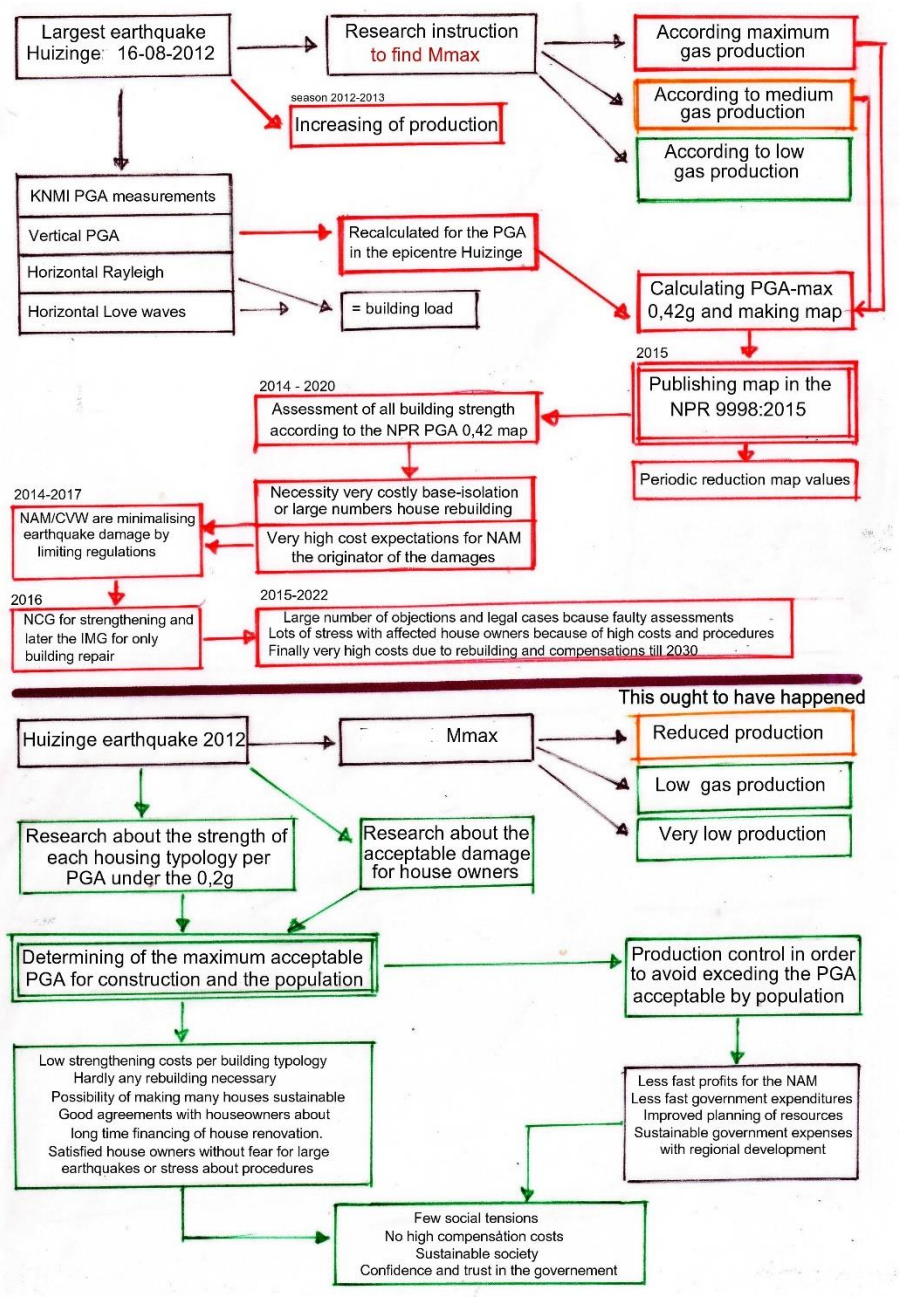


Figure 122. Flow charts of existing situation and what should have been done.



Figuur 123. Toepassing van de reparatie van een steensmuur met Helifix rvs wokkels. Bron NAM.
Bij een kleine zettingsschade is dit een goede methode ter voorkoming van uitbreiding van een scheur. Echter wanneer de scheur eerst is ontstaan door een aardbeving en er worden zwaardere aardbevingen voorspeld dan is het verstandig om de drie lagen wokkels rondom het hele gebouw toe te passen. De toepassing van korte stukken zal dan een scheur langs de uiteinden van de ingebrachte wokkels opleveren.

****

DEEL 3

Dankbetuiging, CV en eindnoten

Dankbetuiging.

Veel Groningers, waaronder de heer Jan Munnike, eigenaar van een beschadigde boerderij in Krewerd, hadden kennisgenomen van de eerste modules die ik in 2015 aan Groningse aannemers en andere geïnteresseerden heb gestuurd. In 2020 werd emeritus prof. dr. ir. Mick Eekhout door Jan Munnike op de hoogte gesteld over deze informatiebron, waarna er tussen prof. Mick Eekhout en mijzelf een levendige correspondentie ontstond over de inhoud en achtergronden van het ondertussen behoorlijk ontspoorde (en slecht uitgevoerde) seismische versterkingsprogramma.

De suggestie van Mick Eekhout was dat van deze praktijkgerichte en praktische modules over seismisch resistent bouwen en repareren in Nederland een enkel samenvattend boek werd gemaakt, iets waar ik me gedurende de Covid-periode van gekweten heb. Dit is uiteindelijk het Burgerboek geworden dat in 2020 klaarkwam.



Figuren 124. Jan en Liefke Munnike met foto van gesloopte boerderij.
Links: Jan en Liefke Munneke uit Krewerd met foto van de inmiddels gesloopte boerderij. Midden: Em. prof. dr. ir. Mick Eekhout. Rechts: Sjoerd Nienhuys

Mijn dank gaat dus in de eerste plaats uit naar emeritus prof. dr. ir. Mick Eekhout die mij belangeloos gestimuleerd heeft om de verschillende hoofdstukken/thema's te re-editen tot ongeveer de helft van het oorspronkelijke tekstvolume, en in een enkel bouwkundeboek samen te vatten dat voor niet-bouwkundigen ook te begrijpen was.

Toen het document "*Herstel en Versterking van Woningen in Groningen*" klaar was, heeft Mick het voor elkaar gekregen dat de toenmalige directeur van het NCG (Nationale Coördinator Groningen) Peter A. Spijkerman en Henk van de Berg een honderdtal exemplaren van deze draftversie bestelde. De reacties op het Burgerboek waren 'interessant en leerzaam'.

Na het printen van de draftversie van het Burgerboek was het zijn suggestie om op het thema van de Groningse aardbevingen te promoveren. Omdat de Groningse geïnduceerde aardbevingen en het beleid van de NAM een typisch Nederlands probleem waren, zou deze dissertatie ook in het Nederlands moeten gebeuren. Ofschoon de aardbevingsproblematiek van de baksteenbouw wel een typisch Nederlands probleem is, zijn ook de problematiek van deze geïnduceerde aardbevingen, de verkeerde Mmax en PGA-projecties en het schadebeleid van de NAM belangrijke thema's die niet vergeten mogen worden. Temeer, omdat er weinig documenten zijn waarin al deze problemen aan de kaak worden gesteld en de verschillende commissies het probleem van de Mmax en PGA niet herkend hadden.

In de ontwikkeling van deze dissertatie wil ik dan ook mijn verdere dan uitspreken aan alle personen die direct en indirect hebben bijgedragen. Te beginnen aan collega Kees Tanis met wie we in 2014 al uitgebreid hebben nagedacht over de invloed van het Zechstein en de zoutsteenkolommen (onder de terpen) op de aardbevingen die aan het oppervlak zich voordeden.

Ook aan de schadedossierbeoordelaars van wie ik honderden dossiers kreeg om die te bestuderen en daar de nodige praktijkvoorbeelden uit te halen. En niet te vergeten, de ingenieurs van ARUP en Arcadis met wie we verschillende gebouwen hebben bezocht en doorgerekend.

Voor het Burgerboek had ik feedback gekregen van onder anderen:

- Jan F. Van Elk, Development lead Groningen Asset, NAM over het Burgerboek.
- Ir. Jelle Pama, Hanze Hogeschool Groningen, die onderwijs gaf in de berekeningen van de NPR 9998:2015 en met commentaren in een vroege fase van het Burgerboek.

Voor de eerste draft van de dissertatie heb ik inspiratie opgedaan van:

- A. J. (Charles) Vlek, emeritus prof. dr. omgevingspsychologie en besliskunde RUG, die al in een vroeg stadium kritiek had op de overtrokken projecties van de KNMI – NAM en in 2023 met verschillende publicaties[lxix] en later een gedetailleerd document publiceerde, gebaseerd op de verschillende meningen van experts.[lxx] In deze dissertatie probeer ik vanuit een andere hoek deze te zware prognoses te bekritiseren.
- Hilda Groeneveld (secretaris GBB) met haar kritische en goed gedetailleerde rapport uit 2014 op https://ondergroningen.nl/de-onderwereld-van-groningen/ een inspiratie voor mijn verslag en ook haar gedocumenteerde rapport: 'Indirecte zettingsschade en bevingen/trillingen', met tientallen referenties, waarvan ik vele kon onderschrijven.
- Albert Heidema van www.Onslandonslu.nl te Appingedam die verhelderende informatie gaf over de stress en de reacties van de bevolking en ambtelijke betrokkenen bij het Gasdossier.
- Prof. dr. Tom Postmes van de RUG die mij als eerste wees op de noodzaak om de uitspraken van de getroffen bevolking (elk woordelijk verslag van gefrustreerde bewoners was doorspekt met krachttermen) [358] netjes te formuleren voor een wetenschappelijk document. Zijn opmerkingen over de angstgevoelens bij de bevolking zijn meegenomen.
- Sam Gerrits, geochemicus, aardwetenschapper en onderzoeksjournalist met het uitstekende boek *De aarde en het Gas*, *een geschiedenis van de fossiele brandstoffen geld en macht*. https://klimaatweb.nl/winkel/product/de-aarde-en-het-gas/ Uitgeverij Passage, Groningen 2022. Meer op https://www.ftm.nl/auteur/sam-gerrits
- Em. prof. dr. ir. J. J. N. (Jos) Lichtenberg, TU-Eindhoven, Dep. Architecture, Building and Planning met advies over de eerste en laatste opzet van de dissertatie.

[358] "Over het boren naar olie en gas wordt veel geschreven en er worden zelfs met emoties en weggepiepte vloeken dooraderde televisieseries over gemaakt," …. Bron: Shellvenster mei/juni 2009.

In eerste instantie had ik woordelijk enkele uitspraken geciteerd, maar dat zou niet in een dissertatie thuishoren.

- De Parlementaire Enquête Commissie Aardbevingen Groningen, onder leiding van Tom van der Lee, heeft sinds 2021 ook als inspiratiebron gediend, omdat de hele problematiek van de verkeerde Mmax en te hoge PGA daar niet werd opgemerkt of besproken.

- Dr. Ihsan E. Bal van de RUG die na consultatie bevestigde dat je de lichte geïnduceerde aardbevingen van Groningen niet makkelijk een-op-een kan vergelijken met zware tektonische aardbevingen (30 verschillen tabel) uit de rest van de wereld, zoals de pers deed.

- Mijn begeleider prof. dr. ir. Arjan van Timmeren van de Faculty Architecture and the Built Environment TUDelft en Em. prof. architect ir. M. F. Asselbergs TUD, mijn promotoren, bedank ik voor de ondersteuning gedurende 2023 tot in 2025 met advies bij het uitwerken van de dissertatie, een beter gestructureerd formaat, taalgebruik en de inhoud.

- Mijn broer Dr. Jan Willem Nienhuys (oud docent wiskunde van de TU Eindhoven) heeft in januari, februari en maart 2025 zich verdiept in de rapporten en berekeningen van de Mmax en veel werk verzet in het editen, inclusief de discussies over mogelijke onjuistheden in de formulering van de Mmax door de KNMI en het SodM met hun kans- en risicoberekeningen.

- Dr. ir. Julian. J. Bommer, met wie ik een gedetailleerde briefwisseling heb gehad over de berekening van de Mmax en de PGA. In deze dissertatie gaat het echter niet over de juistheid van de wiskundige berekeningen, maar over de achterliggende logica van de mogelijke invloed van geïnduceerde aardbevingen en hoe de NPR tot stand is gekomen.

- Mijn zuster Klarissa Nienhuys had ook een aantal editingsuggesties en stuurde mij regelmatig knipsels van het *Dagblad van het Noorden*.

- En ten slotte aan mijn echtgenote Doreen die twee jaar als doordeweekse weduwe heeft moeten doorbrengen in de periode dat ik van 09-2013 tot 09-2015 op het NAM-kantoor in Assen werkte aan de trainingmodules. Voor beide documenten heeft ze ook geholpen met softwareperikelen op te lossen.

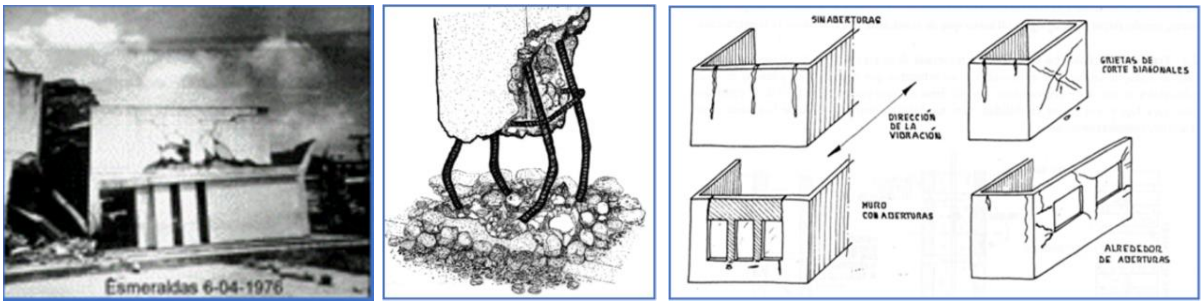
Financiering.
De ontwikkeling van het Burgerboek en deze dissertatie is tot stand gekomen zonder enige subsidie of externe financiering zoals omschreven in het uitvoeringsbesluit van het promotieregelement 2023 van de TUDelft, artikel 1.6. Praktisch gesproken dus een vijfde geldstoom uit persoonlijk inkomen.

Annex 1. Curriculum Vitae Sjoerd Nienhuys (1944)

Tot/met 1967 Lyceum, LTS, UTS, HTS Bouwkunde Utrecht.

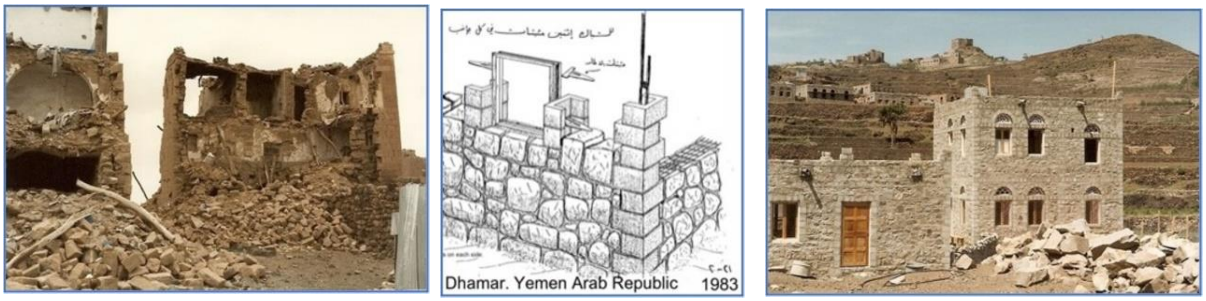
1967 - 1969 SNV Zambia – demografisch onderzoek, planning, bouw van farmtraining centers.
1970 - 1972 BREDERO bouwbedrijven, assistent werkorganisatie. Bouw kerncentrale te Borssele.
1973 - 1975 UNESCO, Bureau Regional de Educacion en Afrique (BREDA), Sudan, Senegal & frans West- Afrika, planning, onderzoek, scholen ontwerp, short span design Nianning.
1975 - 1978 DGIS, Directorate-Generaal Internationale Samenwerking, Ecuador, INEN Instituto de Normalización, **Código Construcción Sismo-resistente gebaseerd op ACI 318-71** en ontwikkeling van populaire uitleg en richtlijnen over seismisch resistent bouwen.

Sjoerd Nienhuys en Ing. Carlos Naranjo van het INEN deden onderzoek van de 1967 aardbeving (6,7 Mw. 47 km diep) te Esmeraldas. Niet alleen constructieve fouten, maar ook gebrek aan kennis, slechte regelgeving en bouwplanning, corruptie en slechte bouwmaterialen. Opstellen van Ecuadoraanse aardbevingscode. Wat zijn de belangrijkste maatregelen waren om veiliger te wonen. Voor bredere bewustwording hebben we toen een geïllustreerde gids gemaakt die aangaf wat je WEL en NIET moest doen in gewapend beton.



Figuren 125. Afbeeldingen Esmeraldas aardbeving en uit de periode in Ecuador.

1979 - 1982 DGIS, Honduras, Instituto de Vivienda, Desarrollo Programa Vivienda Rural.
Campesinos ervan overtuigen hoe ze **seismisch bestendige woningen konden bouwen** en ontwikkeling van een nieuwe toepassing van gestabiliseerde adobe bouwblokken en fiber-cement dakplaten.
1983 - 1985 DHV, Yemen Arab Republic, Dhamar, **post aardbeving reconstructieprogramma. Ontwerp van nieuwe techniek voor aardbevingsbestendig bouwen en uitvoering.**



Figuren 126. Afbeeldingen uit de periode in Yemen Arab Republic.

In Yemen was de vraag in hoeverre kon je aardbevingsbestendig bouwen met hand-gekapte natuursteen. Demonstratiewoningen van de gekozen bouwtechniek werden gebouwd.
Aanvullend werd met het maken van een serie geïllustreerde handleidingen voor de grotendeels analfabete bevolking (zelfbouwers) en een serie instructie videofilms de basis kennis overgebracht. Op basis van de aangeleverde technologie konden de eigenaar-bewoners zelf hun woningen in de toekomst uitbreiden.
1985 - 1986 IHS, Rotterdam, Institute for Housing Studies, assistant lecturer.
1986 - 1991 UNCHS-DANIDA, Kenya en Zambia, CTA housing & coordinator training programme.
1992 - 1995 DGIS, Ambassades Colombia en Peru, Poverty Alleviation Programme. SME.
1995 - 1998 TOOLConsult-ILO, Amsterdam & West Afrika en Bolivia, SME-development.
1998 - 2001 DGIS, Pakistan, Aga Khan Building and Construction Improvement Programme.



Figuren 127. Afbeeldingen uit de periode in Pakistan, Tadzjikistan

Aardbevingsbestendige goedkope woningbouw, isolatie en hernieuwbare energie.
In dit project stond aardbevingsbestendige bouw voorop met daarnaast energiezuinigere en gezondere bouw. Daarnaast de kennisoverdracht voor zelf-help bouw. De ontwikkeling en uitvoering hield demonstratiemodellen, modelwoningen en scholenbouw in. De warmtevoorziening en thermische isolatie kregen speciale aandacht. Een grote serie geïllustreerde documenten in het Engels waren het resultaat. Een aantal van deze documenten staan op mijn website www.nienhuys.info

2001 - 2002 Huys Advies, Hilversum, Energy Performance Analysis EPA, energie-labels.
2002 - 2005 SNV, Nepal, Senior Renewable Energy Advisor, incl. Biogas Support Programme.
Hernieuwbare energie, efficiëntie kooktoestellen, **aardbevingsrisico van gebouwen.**
Oktober 2005 Pakistan, **assessment Balakot earthquake damage for Aga Khan Foundation**.



Figuren 128. Afbeeldingen uit Pakistan (links) en Nepal, ruraal en stedelijk.

2006 - 2007 Trocaire, Sri Lanka, Jaffna, Tsunami reconstruction programme implementation.



Figuren 129. Tsunami disaster en reconstructie, combinatie vloedgolf en aardbeving.

Sri Lanka, wederopbouw. Indonesia, Aceh, earthquake & tsunami reconstruction programme evaluation. Uitvoering van tsunami en aardbevingsresistente woningen en projectevaluatie.
In het Sri Lanka project was het in de eerste plaats om veiliger woningen te bouwen die zo georiënteerd en geconstrueerd waren dat een volgende tsunami minder dodelijke of schadelijke gevolgen zou hebben. Daarbij waren dorpsplanning, economische sanitaire voorzieningen en betere voorzieningen van drinkwater en kookgelegenheden belangrijke onderdelen. In Indonesië was nieuwbouw van de aardbevingsresistente woningen een belangrijker focuspoint.

April 2007 Caritas, Peru, Ica. **Evaluatie aardbeving reconstructieprogramma**



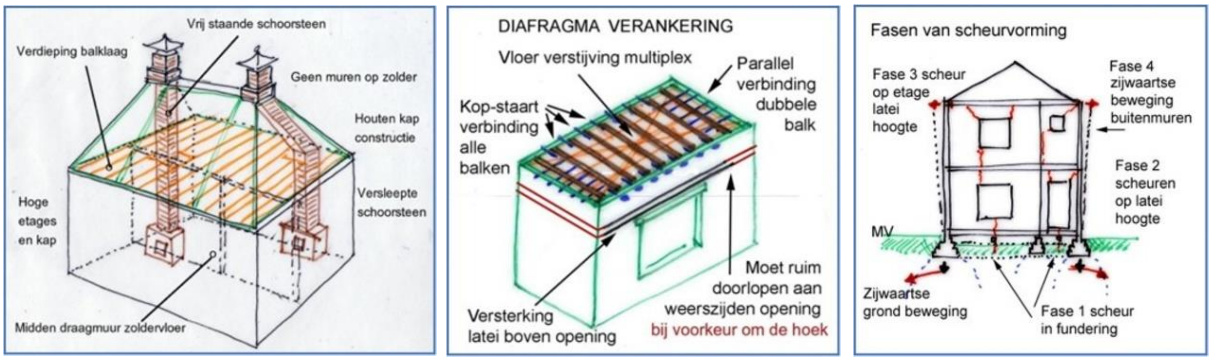
Figuren 130. Onderzoek Peru aardbevingsresistente woningbouw.

Door goede bouwinformatie op verschillende niveaus kon elke aannemer samen met de woningeigenaar seismisch resistente woningen bouwen of uitbreiden.

2008 - 2012 Huys Advies. Energielabels maken. AKF-consultaties in Tajikistan en Afghanistan voor woningverbetering. Mozambique over bamboeconstructie. Waste in India op het gebied van droge sanitatie. Voor de PUM in Jordan over klimmaat- en energie-efficiënt ontwerpen. Kameroen voor ondersteuning kleine bouwindustrie. Indonesië voor een eco-bungalow dorpsontwerp in de heuvels. Philippijnen voor de bouw van een zonneoven installatie om hout te drogen. Honduras voor kleine waterkrachtcentrales.

April 2013 New-Zealand, Christchurch. **Studie van schade 22-02-2011 aardbeving 6,3 Mw.**

2013 - 2015 NAM, Senior Project Engineer. **Aardbevingsschade herstelprogramma Groningen.**



Figuren 131. Afbeeldingen uit het Burgerboek 2014.

Augustus 2015 Practical Action UK, **Nepal. Earthquake reconstruction programme**. Document: Building Better and Safely: Stimulating the Private Sector for Sustainable Solutions.

April 2016 Technisch ontwerp kleine PV-stations in Pakistan.

2018 - heden Hilverzon (Hilversum), energiecoach en advies over isolatie en verduurzamen.

2020 – heden Herordening van de oorspronkelijke opleidingsmodules uit 2013-2015 en ontwikkeling van het Burgerboek en deze dissertatie.

****

De nieuwe aardbevingscode

Mijn eerste aardbevingsonderzoek was direct na 9 april 1976 te Esmeraldas in Ecuador van Mw 6,7 waar slechts 10 doden vielen te betreuren[359]. Deze tektonische aardbeving bevond zich op 47 km diepte en resulteerde in het instorten van verschillende nieuwbouwblokken en andere gebouwen. Samen met ing. Carlos Naranjo van het INEN (Instituto Nácional Ecuatoriano de Normalisación) brachten we verslag uit aan de directeur van het INEN. Niet alleen verkeerde constructiemethoden werden gedetecteerd, maar ook uitvoeringsfouten, verkeerde ontwerpen, slechte bouwvolgorde van de aannemer, gebrek aan bouwcontrole en zelfs corruptie. Het basisprobleem was dat er geen duidelijk bouwregelgeving was en er geen gecontroleerd referentiekader was om de bouwprojecten goed of af te keuren, anders dan de steekpenningen van de aannemers aan de ambtenaren.

Bij verder onderzoek naar de bouwmethoden in de hoofdstad Quito, gelegen in het actieve aardbevingsgebied van het Andesgebergte, bleek dat grote woningbouwprojecten zoals de tientallen nieuwe woontorens van het Pensioenfonds (van de Seguridad Social) dezelfde seismisch constructieve bouwfouten hadden als die we in Esmeraldas constateerden. **Dit mocht niet bekend worden**, want daar was het pensioengeld van de hele overheid in belegd. De gekozen oplossing was om een seismische code op te stellen, zodat deze verplicht werd en moest worden opgevolgd voor alle nieuwbouw.



Figuren 132. Afbeeldingen van de aardbeving in Esmeraldas in 1976.

Een goede seismische code bestond al sinds kort in Mexico en Venezuela en was in 1976 in Peru in ontwikkeling. Al deze codes waren een afgeleide van de Amerikaanse ACI 318-1971 die sinds vijf jaar in de Verenigde Staten verplicht was. Een probleem was dat deze wel door Ecuador geadopteerd kon worden, maar omdat de code in het Engels was gesteld, was deze seismische code alleen te gebruiken door de een klein aantal ingenieurs die de nodige talenkennis en rekenkundige ervaring hadden. Architecten hadden een artistieke opleiding en tekenden wat hun opdrachtgever mooi vond, maar of het sterk genoeg was, was het probleem van de ingenieur. De opleiding verplichtte geen seismische kennis. De verantwoordelijkheid voor de gebouwsterkte verviel zodra het gebouw van eigendom veranderde. Meer dan 90% van de woningbouw was informeel.

Voor de zelfbouwers, architecten, aannemers en gemeentelijk toezicht moest er duidelijke documentatie komen over seismisch resistent bouwen. Hetzelfde gold voor de miljoenen zelfbouwers van de urbane en rurale bevolking. In de dorpen, waar meer dan 60% van de nationale bevolking woonde, bouwde men met kleine aannemers in combinatie met zelfbouw. Deze categorie was laag-geletterd met meestal niet meer dan lagere school en had behoefte aan visueel educatief informatiemateriaal dat gratis ter beschikking gesteld werd.

De problematiek in Zuid-Amerika

In 1975 in Latijns America zijn het vooral de dorpen die onder het seismische geweld te lijden hadden, waarbij het falen van de meerdere etages gewapend betonconstructies in het bijzonder opviel. Deze woningen waren vaak ‘op ervaring’ gebouwd, zoals er bij de buren werd gebouwd.

[359] Voor Ontwikkelingssamenwerking was ik door DGIS uitgezonden als bouwtechnische deskundige.

Een nationale seismische code zonder populaire educatieve versie zou de rurale bevolking niet bereiken. Tegelijkertijd met het vertalen van de ACI 318-71 werd ook daarom meteen de Guía Popular de Construcción Sismo Resistente gemaakt [lxxi], gevolgd door meerdere geïllustreerde instructie documenten zoals Mampostería Reforzada. [lxxii en andere 360]

Een paar jaar eerder (31-05-1970) was er een aardbeving in Áncash, Chimbote, Peru waar 100% van de woningen in adobe en ongewapend metselwerk instortte. Hierna nam de overheid het besluit om landelijke de seismische code in te voeren.[lxxiii] Gedurende vier jaar werd er door 25 studenten voor 600 manmaanden gewerkt aan een project voor Albañilería Confinada [lxxiv] (omsloten metselwerk). De daaraan verbonden publieke verspreiding, promotie en onderwijs zorgde ervoor dat de rurale en stedelijke bevolking van Peru beter wist hoe men aardbevingsresistent moest bouwen, ook als er **geen architect of ingenieur** aan te pas kwam. Dit was ook de opzet voor Ecuador, echter met minder overheidscapaciteit en visie. Het resultaat van de Peruaanse actie sinds 1975 werd bij de meer recente aardbevingen sinds 2000 duidelijk, waar relatief weinig slachtoffers vielen omdat de juiste bouwmethode op breed niveau bekend was én goed was ingevoerd.

Tijdens mijn onderzoek in 2009[361] naar de herbouwactiviteiten na de aardbeving van 15 augustus 2007 Mw 8,0 en PGA 0,49g in de dorpen Pisco en Ica van Peru, bleek de noodzaak van nationaal onderwijs opnieuw. Met bijna 500.000 daklozen en 33.000 verwoeste woningen (veel adobe) en na twee jaar nog eens 45.000 onbewoonbare woningen, waren er 16 doden per 1000 ingestorte woningen (= 510)[362] te betreuren. De publieke verspreiding en educatie van de seismische code was kennelijk nog onvoldoende doorgevoerd.

In Illapel, Chili, op 16 september 2015 was er een aardbeving met Mw 8,3 en PGA 0,25g waar slechts 270 huizen instortten en **geen enkele persoon overleed.** [363] Chili had in 1972 de seismische code al ingevoerd, maar beter dan Peru gezorgd dat de rurale bevolking op de hoogte was van de regels door een breed spectrum van documenten en voorlichtingsmateriaal te produceren. Er was wel een verschil van 6 jaar tussen de Chili en Peru bevingen, maar de algemene opinie was dat de woningen **beter geconstrueerd waren dankzij breed gedragen onderwijs**. Dit in tegenstelling tot de aardbeving van 16-01-2010 te Léogâne, Haïti, Mw 7,8 met PGA 0,25g waar meer dan 222.000 doden waren te betreuren. Er was hier een groot verschil in overheidsbeleid en kennis onder de bevolking.[lxxv] Een seismische code was daar helaas nooit geïntroduceerd en voor de gewone bouw was geen enkele kwaliteitscontrole.

De lessen uit Zuid-Amerika

In een land waar erg veel door kleine aannemers en de bewoners zelf wordt gebouwd, is het belangrijk dat die woningeigenaren als opdrachtgevers, zelf ook een redelijk inzicht hebben in de constructieve veiligheid van hun gebouw. In een aardbevingsgebied kan voor laagbouw zonder uitgebreide berekeningen seismisch goed gebouwd worden, waardoor de veiligheid van de constructie voldoende zal zijn. In een gebied met tektonische aardbevingen is het echter moeilijk om die maximale aardbeving per locatie vast te stellen, anders dan op ervaring (over vele jaren het meten van schokken) en diepgaand geologisch onderzoek.

De directie van de NAM had eerst wel goed gezien dat er voor een brede groep basisonderwijs nodig was over seismisch resistent bouwen, waarbij de focus op het MBO en de kleine aannemers lag en het herstel van de opgelopen gebouwschade. Die algemene voorlichting voor de bevolking kwam echter niet van de grond:

- ⊗ Vanwege de hoge NPR 9998:2015 was er alleen een training voor ingenieurs en nieuwbouw. Er was geen training voor retrofitten.
- ⊗ Het onderwijsnetwerk van het MBO - ROC was te star om een ad-hoc basisinformatie programma op te zetten.
- ⊗ Naar het publiek toe werd er geen andere voorlichting opgezet of gegeven.

---

[360] In de zoektocht naar relevante documenten vonden we informatie uit India (het ISET en NICEE, IIT Roorkee. Caritas en Turkije), die op zeer illustratieve wijze de principes uitlegden met oplossingen.

[361] In opdracht van Caritas Internationaal.

[362] Belgisch nieuwsblad https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf17082007_009

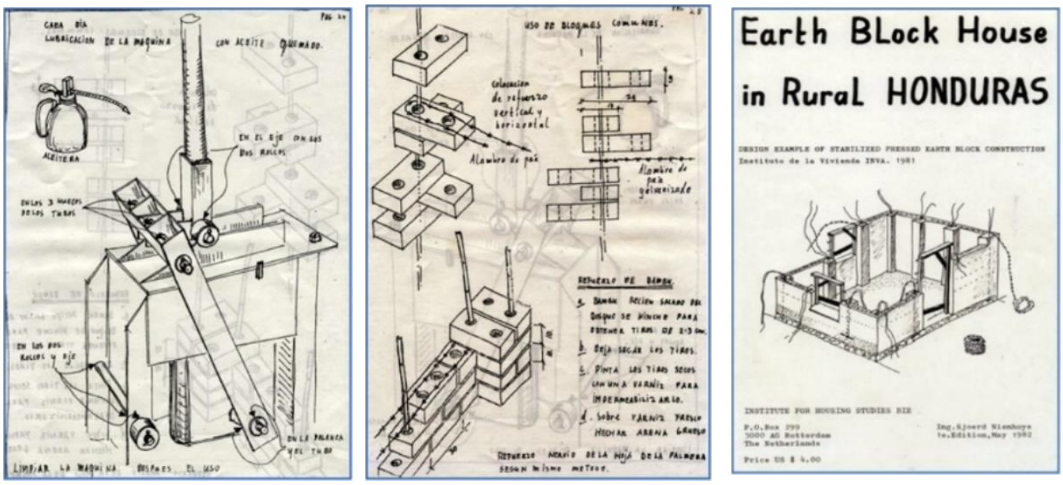
[363] Tijdens dit onderzoek ontdekte ik dat Peru al ver gevorderd was op het terrein van publieke informatie over aardbevingsresistent bouwen. Dat was in 1976 nog niet bekend en ook niet toegankelijk zonder Internet.

- ⊗ Er bestond een grote vermenging van oude schade vanwege de sterk verouderde woningbouw en schade door de geïnduceerde bevingen.
- ⊗ Er was in de provincie geen BoWoTo capaciteit of kennis om iets te beoordelen.
- ⊗ De NAM is een commerciële partij die kosten wil besparen.
- ⊗ Er was geen controle op de seismische kwaliteit van de herstelwerkzaamheden aan beschadigde woningen.

Bouwen met Campesinos in Honduras

Bij het Instituto de Vivienda in Honduras heb ik deze kennis en communicatiemethode verder uitgewerkt voor een dozijn nieuw te bouwen dorpen. Hier werden met zelfbouw seismisch sterke woningen gebouwd. Er werd gebruik gemaakt van samengeperste soil-cementblokken met interne verticale en horizontale prikkeldraad wapening (methodologie Caritas)[364]. Hiervoor had ik een aanpassing op de destijds bekende CINVA-RAM[365] gemaakt, door het blok uit te voeren met twee holle kernen waardoor verticale muurwapening kon worden geplaatst (dat werd de INVA-RAM).

Deze INVA-RAM is in 2014 gedocumenteerd als CETA-RAM.[366] De rurale bevolking vond echter de soil-blok-productie te zwaar en tijdrovend werk en wilde met de beschikbare financiering geen aannemers voor die blokkenproductie betalen. Het resultaat was dat een aantal dorpen aan de seismisch actieve Pacific Coast (grens met El Salvador) wel die methoden toepasten, maar die aan de Caraïbische zijde niet.



Figuren 133. Ontwikkelingen in Honduras. Gestencilde handleidingen 1981.

---

[364] Barbed wire wall reinforcement for adobe houses. Care technology Guatemala 1975.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjp6PHe883uAhXSDewKHS7HA3YQFjAKegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.humanitarianlibrary.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2014%2F02%2FGalvanisedWireReinforcement.pdf&usg=AOvVaw3NnjbECkHoty7VFR3B46A3

[365] CINVA RAM, designed by Raul Ramirez, an engineer, at the Inter-American Housing Center (Centro de Investigación de America- CINVA) of the Organization of American States in Bogota, Colombia 1966
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjJ8YOW88_uAhWqxoUKHSA7D8IQFjAQegQIARAC&url=https%3A%2F%2Farc456.files.wordpress.com%2F2015%2F02%2Fmaking-building-blocks-with-earth.pdf&usg=AOvVaw13Kqk0jyGu69L5oSEWzfS8

[366] CETA-RAM. Thesis COMPRESSED EARTH BLOCK (CEB) CONSTRUCTION: A viable building alternative for Olancho, Honduras, by Milt Brown, 2014.
https://mountainscholar.org/bitstream/handle/10217/82584/Brown_colostate_0053N_12327.pdf?sequence=1

Ook ontwikkelde ik met John P. M. Parry een Sisalfiber-cementen dakpan die op eenvoudige wijze zelf gemaakt kon worden. 25 jaar later kwam ik dit product weer tegen, gemaakt in kleine fabriekjes gedurende het Tsunami reconstructieprogramma in Indonesië. Deze eenvoudig te produceren dakpannen werden met gegalvaniseerde ijzerdraadjes aan de dakconstructie verbonden.



Figuren 134. Dakpanontwikkeling in Honduras 1981 en later in Indonesië 2016.

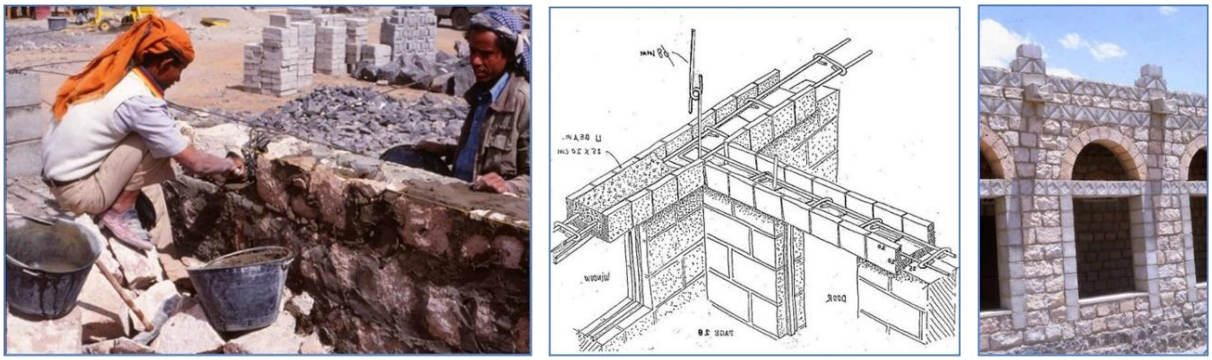
In dit Honduras project was het mogelijk om nieuwe werkmethoden of producten te ontwikkelen die gunstig waren voor de verbetering (veiliger en sneller) van de bouwmethode. Daarnaast was er aandacht voor watervoorziening, beter sanitair en meer efficiënte kookinstallaties. Het project had aandacht voor alle aspecten van beter wonen, niet alleen maar seismisch resistent.

Vooral wanneer de bouwmethoden simpel zijn en er is een **voorbeeldgebouw aanwezig**, dan kan DHZ een grote financiële bezuiniging opleveren. Het zo duidelijk mogelijk uitleggen van het voor de doelgroep meest relevante bouwsysteem is hierbij erg belangrijk. Stap-voor-stap geïllustreerde handleidingen zijn hierbij essentieel. Een financiële bezuiniging kan echter ook worden gevonden door een grotere hoeveelheid en seriematig werk bij één aannemer te contracteren. De aannemer kan dan de benodigde materialen meestal goedkoper inkopen en werkt efficiënter.

In de situatie in Groningen werden wel demonstratiewoningen versterkt, maar die versterking was op de verkeerde Mmax gebaseerd. Bovendien konden de woningen maar beperkt bezocht worden. De woningeigenaren hadden geen behoefte of de capaciteit voor zelfbouw, immers de schade was door de NAM veroorzaakt.

Afgelegen berggebied in Yemen. Zelfbouwers, maar nu seismisch bestendig

Na de 13 december 1982 aardbeving in Dhamar, Yemen Arab Republic met Mw 6,3 en ongeveer 3000 doden en ondanks massale internationale (financiële) hulp, moesten de bewoners op de duur toch hun eigen huis weer opbouwen. Het bouwsysteem ontwikkelde kon grotendeels door zelfbouw gerealiseerd worden, terwijl veel van de materialen van het ingestorte huis gebruikt konden worden.



Figuren 135. Afbeeldingen uit YAR, bouwsysteem met U-blokken.
Met het U-cementblok kon strak met natuursteen gemetseld worden en wapening ingebracht.

De bouwmethode was '*assisted self-help'* waarbij er een beperkt aantal materialen zoals cement, wapeningsijzer en waterdichte folie door het project geleverd werden, maar alle steen bouwmateriaal door de woningeigenaren.

Om de communicatie met de grotendeels analfabete bevolking op gang te brengen bouwden we modelhuizen, en maakte ik een serie handleidingen en videofilms waarin het systeem van bouwen werd uitgelegd.



Figuur 136. Quat sessie in Yemen. 's Middags bouwoverleg met de videotraining.

Tabel 11. Vergelijking tussen Yemen zelfhelp programma en herstel in Groningen.

#	Yemen Assisted Self-help	Groningen schadedossiers
1	Geen rapporten, niet moeilijk doen, restanten slopen en nieuwbouw.	Veel procedures en dure analyses. Nieuwbouw is slechts een economische overweging.
2	3000 doden en veel meer gewonden.	Geen doden of gewonden.
3	Getroffen bevolking werkte mee waar ze maar konden, transport, planning en arbeid.	Getroffen bevolking alleen betrokken bij schademelding en aansturen contra-onderzoek.
4	Ruim financieel budget voor kern- of basis-huis	Gelimiteerd budget, niet voor 'eigen gebrek'.
5	Wekelijkse prettige vergaderingen en overleg met de dorpshoofden	Meerdere keukentafelgesprekken per woning en onder spanning over verschillende inzichten en rapporten.[367]
6	Mogelijkheid om nieuw ontwerp te maken en toe te passen met de uitvoerende organisatie.	NAM wil geen aansprakelijkheid voor productontwerp.
7	Informatie voor werknemers in de bouwactiviteiten.	Niet delen van bouwinformatie over versterken en geen opleidingen van aannemers of bouwvakkers.
8	Visueel stap voor stap informatiemateriaal van een basis of kern-huis	Geen beschikbare informatie voor woningeigenaren over constructies of versterkingsopties.
9	Na participatie konden woningeigenaren zelf uitbouwen.	Alleen werk door aannemers. Geen kennisopbouw bij de woningeigenaren.
10	Woningeigenaren tevreden na uitvoer van de bouw, en een veiligheidsgevoel voor de toekomst.	Woningeigenaren tevreden na de uitvoer van herstel, maar onzeker over wat de toekomst zou brengen.

Het grote verschil in de problematiek en de oplossingsgezindheid is gelegen in het verschil tussen de tektonische aardbevingen en de geïnduceerde aardbevingen. Bij geïnduceerde bevingen zal de schade-veroorzaker de woningen moeten herstellen. Bij commerciële bedrijven probeert men de verantwoordelijkheid te reduceren en kosten te beperken.

Tsunami reconstructie Indonesië 2005-2006.

Op 26 december 2004, op 160 kilometer ten westen van Sumatra was er een beving van Mw 9,3 (10 km diep) die resulteerde in 280.000 doden, echter voornamelijk door de drie vloedgolven of tsunami's. Wereldwijd werd er zo'n 11,5 miljard euro aan hulpgeld ingezameld.[368]

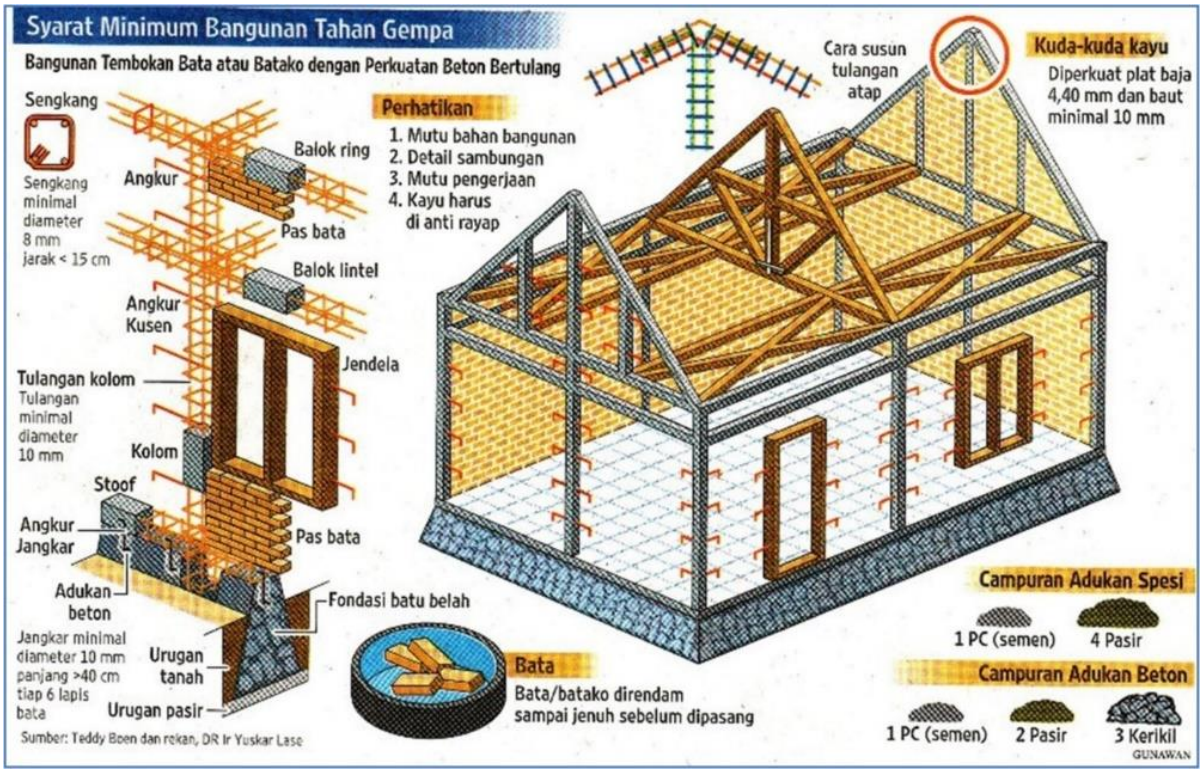
[367] De schade-coördinatoren werden door de NAM speciaal getraind voor hun contact met de bewoner om te zorgen dat de woningeigenaar het reeds genomen besluit over reparatie zou accepteren.

[368] Zie nieuws bericht van 10 jaar herinnering. https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20141224_01445610 Het bedrag van lijkt erg groot, maar het gaat hier over een half miljoen slachtoffers in 24 landen. Omdat het lage-inkomen landen zijn kon je ruim 20x zo veel bouwen als in Nederland mogelijk is.

Bij de reconstructie na de tsunami hadden de overheid en de donoren een andere visie.

- ✓ In Indonesië was men bekend met aardbevingen en het belang van seismisch resistent bouwen.
- ✓ De overheid van Indonesië deed veel aan de verspreiding van technische informatie over seismisch-resistente bouw. Informatie was vrij beschikbaar voor de aannemers. Vooral Teddy Boen en vele UNCRD-collega's hebben duidelijke informatie die door de overheid ontwikkeld werd alom beschikbaar gemaakt.[369]
- ✓ Veel mensen waren hun huis kwijt; de urgentie was hoog.
- ✓ Er waren in Indonesië geen juridische problemen om te overwinnen.
- ✓ De bevolking in Indonesië was blij met de geleverde inspanning van de hulporganisaties.
- ✓ De opbouw in Indonesië was gericht op het verschaffen van woningen waarbij ook rekening gehouden moest worden met sanitair, koken en *livelihood* ontwikkeling en niet alleen reparatie. Het ging hier bij de tsunami over een integrale aanpak voor duurzame woningbouw.
- ✓ De woningeigenaren in Indonesië hielpen mee in alle wederopbouw activiteiten. Hiervoor werd op korte termijn veel visueel informatiemateriaal ontwikkeld.

Bij seismisch resistent bouwen in gebieden met een PGA groter dan 0,2g zoals het geval is in Indonesië, is internationaal vastgelegd dat gewapend en omstoten metselwerk verplicht is voor de nieuwbouw. De 3D-manuals laten duidelijk zien hoe en waar dat moet worden aangebracht. Daar komt bij lage woningbouw verder geen berekening meer aan te pas.



Figuur 137. Methode van informatief tekenen Indonesië uit de manual van Teddy Boen.

[369] Teddy Boen website structural engineer Indonesia. Guidelines for non-engineered seismic resistant construction https://teddyboen.com/Membangun_Rumah_Tembokan_Tahan_Gempa.html

Teddy Boen, Indonesia in https://www.preventionweb.net/files/14264_14264NewsletterV16No120105B15D1.pdf Lessons from the Reconstruction of Houses in Aceh after the Tsunami of December 26, 2004. Pag 23 e.v. Voorbeeld op: https://www.uncrd.or.jp/content/documents/masonryhousesindonesiaguide.pdf

In Indonesië werden er duidelijke geïllustreerde instructies in lokale taal gemaakt. Zo moet je het doen, met 3D-overzichten en details. Geen dure berekeningen. Bekende bouwtechnieken, alleen een stuk beter en seismisch-resistent. Rechtsonder de mengverhoudingen van metselspecie en beton.

In Nederland komt er na jaren in 2021 wel een gedetailleerd rapport van de NCG met 30 detailtekeningen van seismische versterkingen, maar die zijn niet toegankelijk voor de burgers. Het TNO maakt ook een rapport[370] *Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen - Typologisch toedelen,* maar dat geeft voor de burgen slechts basisinformatie en geen concrete maatregelen voor de betreffende woning typologie.

Het Burgerboek geeft een redelijk goed overzicht van de seismische problematiek van de woningen in Groningen en de verschillende maatregelen die nodig zijn voor een duurzaam herstel. Die informatie kan verder worden uitgewerkt tot een compleet werk voor aardbevingsresistent bouwen en retrofitten voor bakstenen woningen.

****

Lijst publicaties op website en researchgate.

Researchgate. Consultant Huys Advies. https://www.academia.edu/confirm_mention/112543567662

Articles 6.

- Fridge-freezer combination and good ventilation Insufficient ventilation makes the refrigerator inefficient. January 2023.
- Temploo – UDT, September 2013. Temporary Loo.
- Reinforced concrete construction failures exposed by earthquake: examples of design mistakes in reinforced concrete constructions. January 2010.
- Pressure Cooker Training, Chinese language by Yoyo. November 2009.
- Pressure cooker training. January 2009. www.Hedon.info/HJTA
- Genealogy of Chitungula Valley, NW Province, Zambia 1968

Books 30

- Fear and Safety, October 2024.
- Angst en Veiligheid, oktober 2024. Onnodige angst voor de aardbevingen in Groningen.
- THIN BAMBOO CULMS FOR TRUSSES. Use of 2 and 3 Culms in Composite Beams, Oct. 2012.
- Calculation Examples of Thermal Insulation. Technical working paper - number 2. Sept. 2012
- Urine Diversion Toilet (UDT) Urine Diversion Dry (Dehydration) Toilet (UDDT). Working Paper - number 13. Ecological Sustainable Sanitation in Himalayan Conditions. August 2012.
- EARTHQUAKE RETROFITTING NON-ENGINEERED LOW-RISE BUILDINGS. Including Non-Engineered Retrofitting of Traditional Pamiri Houses in Pakistan and Tajikistan. Technical Working Paper - Number 12. June 2012.
- MARKETING OF HOUSE IMPROVEMENTS. A Training Outline on Product Marketing for Small Entrepreneurs. April 2012.
- HOW TO MAKE A HEAT RETENTION BOX (HRB). For two pots saving 50% cooking fuel. Technical Working paper - Number 21. April 2012.
- Improved Cooking Stoves (ICS). Technical Working Paper - Number 10. April 2012.
- Windows and Thermal insulation. Technical Working Paper - Number 8. Himalayas, Pakistan, Afghanistan and Tajikistan GBAO. April 2012.
- Roof Hatch Window and Thermal Insulation. Technical Working Paper - Number 7. Pakistan Himalayas and Tajikistan GBAO. March 2012.
- 19 Examples of Wall Insulation. Technical Working Paper - Number 6. February 2012.
- 34 Examples of Roof insulation. Technical working paper - Number 5. February 2012.

[370] https://www.nationaalcoordinatorgroningen.nl/diverse-onderwerpen/documenten/rapporten/2023/06/26/tno-rapport---typologisch-toedelen

- TABLES FOR THERMAL INSULATION IN HIGH ALTITUDE AREAS OF THE HIMALAYAS Technical Working Paper ~ Number 3 with Adjusted Values for Reflective Foils. February 2012.
- BASICS OF THERMAL INSULATION in high altitude areas of the Himalayas. January 2012.
- CURRICULUM DEVELOPMENT Framework for Vocational Training Modules. October 2011.
- Client Focussed Product Development. A guide on Business Development. September 2011.
- YOUR Water and YOUR Health. Part One – Flipchart. Part Two –. August 2011.
- The Beehive Charcoal Briquette Stove in the Khumbu Region, Nepal. March 2011.
- Improved Cooking Stoves (ICS). Metal One Pot (MOP). August 2010.
- GALVANISED WIRE REINFORCEMENT (GWR) TECHNOLOGY. Earthquake Reinforcement for Non-Engineered Stone and Earth Constructions. December 2010.
- GALVANISED WIRE REINFORCEMENT (GWR) TECHNOLOGY. Earthquake Reinforcement for Non-Engineered Stone and Earth Constructions. When Good Quality Reinforced Concrete is NOT an Option. November 2010.
- Example of Cooking Energy and Curriculum Design. Potato Cooking as Science Education for Primary and Secondary Schools. August 2009.
- Design of Primary School Buildings for Remote Mountain Areas. Design for Off-Road Construction in Remote Mountain Areas of the Northern Areas of Pakistan. August 2008.
- Technical Advice Reinforced Concrete Tsunami Reconstruction Aceh ~ Indonesia. May 2007.
- Kashmir Mission Report. Galvanised Wire Reinforcement (GWR)For Earthquake-Resistant Adobe and Semi-dressed Stone Masonry. Pakistan. January 2006.
- TOP – ICS. Terra Cotta One Pot, Caritas, Hudec, Trocaire. November 2006.
- 21 Examples of Floor Insulation. Technical Working Paper - Number 4. February 2005.
- Options for Reconstruction and Retrofitting of Historic Pagoda Temples. Example of the Narayan Temple, Kathmandu Durbar Square. September 2003.
- Dhamar Aided Self-Help Reconstruction Project. Post 1982 Earthquake: Site Selection. 1984.
- UNESCO-BREDA, Structure Porte Courte, Short span design, Senegal 1976

Chapters, 2.

- Chapter 1. Alphabetic listing of terminology and abbreviations related to the induced earthquakes in Groningen from Accelerometer to Zechstein. April 2023.
- 0 = Intro Repair of Brick houses, part 0. April 2023.

Technical reports 17.

- Shower water HRS with a house refurbishment or new built Shower water Heat Recovery System for new building or renovating a house. January 2023.
- Heat pump for residential heating Comparisons and observations. January 2023.
- Small PV Power Station in a Hot Climate Zone Analysis and Design Parameters for a small PV Station for Karak in Pakistan. December 2018.
- Small scale PV Energy Storage in a HOT Climate, July 2016.
- Evidence on Demand. Seismic Building Codes in the Himalaya Region Questions & Answers Related to the 2015 Nepal Earthquake. July 2016. [371]
- Basis Regels voor Seismisch Bouwen en Versterken. August 2015.
- Conditions and Prerequisites for Base Isolation for Buildings in Groningen. August 2015.
- A-Frame School chair design, October 2013.
- Galvanised wire reinforcement, earthquake, Russian. September 2010.
- Dhamar Aided Self-Help Reconstruction Project 1983-1985 Building techniques, final report no 5. Phase 1. December 1983.
- Dhamar Aided self-help earthquake reconstruction project 1983-1985. Foreman manual. Part FOUR, Completion. November 1983.

[371] This document was removed from the website of Practical Action (UK), most likely under pressure of the Chinese Government, related to the references about the devastating earthquake in Yunnan.

- Dhamar Aided self-help earthquake reconstruction project 1983-1985. Foreman manual. Part THREE, Roof level. October 1983.
- Dhamar Aided self-help earthquake reconstruction project 1983-1985. Foreman manual. Part TWO, Walls. September 1983.
- Dhamar Aided self-help earthquake reconstruction project. Foreman manual part ONE, Foundation. August 1983.
- Colombia, Manizales. Photo report of 1981, Urban Settlement and Slope Control and Bamboo Housing. August 1981.
- Colombia, Bucaramanga, Urban Settlement and Slope Control. August 1981.
- Colombia, Manizales. Report of 1981, Urban Settlement and Slope Control. August 1981.

Research 2.

- Hybrid shower water, energy and cost comparison Excel sheet. May 2017.
- General Rules for Seismic Strengthening of Buildings.pdf. September 2015.

Andere. Met het Instituto Nacional Ecuadoriano de Normalizacion, 1976. https://web.archive.org/

- INEN, Codigo de construccion Sismo resistente ACI 318-71. 1976
- INEN, Gúia Popular de Construccion Sismo-Resistente. 1976
- INEN, Mamposteria Reforzada. 1976
- INEN, Bambu Guadua en la construccion. 1976
- INEN, Asoleamiento. 1975

Documenten die alleen op mijn website staan www.nienhuys.info

The A-Frame School Chair. Ergonomic design in different heights for primary schools. Manufacturing in series and small package transport. Self-assembly on site with only a screwdriver. Manual for manufacturing. 12 pages, 1,68 MB. October 2013.

MARKETING OF HOUSE IMPROVEMENTS. A Training Outline on Product Marketing for Small Entrepreneurs. Low-cost housing. BACIP programme. Sjoerd Nienhuys 2012, 28 pages illustrated. 1.92 MB.

Manual on Entrepreneur "Host" Training Visits. Low-Cost housing programme, Project Director Sjoerd Nienhuys, November 2012, 26 pages illustrated. 550 kB.

High Altitude Biogas Reactor. Construction options for the Nepal Biogas Support Programme. SNV field mission report May 2003. 19 pages illustrated 1 MB. Sjoerd Nienhuys, senior renewable energy advisor.

The Beehive Charcoal Briquette Stove in the Khumbu Region, Nepal. 2003 Sjoerd Nienhuys, senior renewable energy advisor to SNV, 22 pages, illustrated, 763 kB.

SOIL BLOCK FOUNDATIONS? A basic guide on building techniques with soil blocks. Zambia settlement improvement programme, April 1991. Sjoerd Nienhuys, chief technical advisor UNHCS for Ministry of Decentralization, 14 pages B&W, only illustrations, low-literacy manual, 7,39 MB.

UNCHS/DANIDA community participation training programme for 1985-1990, Kenya, Zambia, Bolivia and Sri-Lanka. Development and implementation of over 20 training modules, from very simple for low-literacy to more advanced educational levels.

Aga Khan Award for Architecture 1980. Architectural Record, Nov. 1980, article 7 pages. Kamal El Jack, Pierre Bussat, Oswald Dellicour, Sjoerd Nienhuys, Christoporus Posma, Paul de Walick, mason D'Lallo.

Vers une meilleure utilisation des ressources locales en construction. Centre de formation agricole à Nianning, 1978, UNESCO, 160 pages illustree, 10,7 MB. French.

Prototype: Structure de Portee Courte, manuel suite des expériences faites sur un prototype construit a Dakar, mai 1975. UNESCO-BREDA, 1976. 76 pages illustrée, 8,9 MB. French.

****

Eindnoten.

Deze eindnoten zijn weergegeven met de weblink.

---

[i] Bourne, S. J. (2022). Proponent assessment for Mmax in the Groningen field, Compact Presentation in NAM 2022, Amsterdam, The Netherlands, 13–17 June.
Oates, Stephen & Landman, Anke Jannie & van der Wal, Onno & Baehr, Hermann & Piening, Harry Geomechanical, seismological, and geodetic data pertaining to the Groningen gas field: a data package used in the "Mmax II Workshop", on constraining the maximum earthquake magnitude in the Groningen field. Report on the Second Workshop on Mmax for Seismic Hazard and Risk Analysis in the Groningen Gas Field. https://www.google.com/search?q=Report+on+the+Second+Workshop+on+Mmax+for+Seismic+Hazard+and+Risk+Analysis+in+the+Groningen+Gas+Field%2C+Main+Rept&rlz=1C1GCEA_enNL1019NL1019&oq=Report+on+the+Second+Workshop+on+Mmax+for+Seismic+Hazard+and+Risk+Analysis+in+the+Groningen+Gas+Field%2C+Main+Rept&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBCDE5NDBqMGo3qAIAsAIA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

[ii] Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013 Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard Analysis in the Groningen Field Date: November 2013. https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-537293.pdf

[iii] NAM, Special Report on the Zeerijp Earthquake – 8th January 2018. Taco den Bezemer and Jan van Elk en: SodM. Advies Groningen-gasveld n.a.v. aardbeving Zeerijp van 8 janauri 2018.

[iv] BRG. Bundes Anstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Geozentrum Hannover den 24-11-2006. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefaehrdungsanalysen/Seismologie/Downloads/statement_erdbeben_rotenburg.pdf?__blob=publicationFile&v=2

[v] Dr. Katherine Stroebe et al. Eindrapport Gronings Perspectief fase 2. Stand van zaken. Februari 2021 https://www.groningsperspectief.nl/eindrapport-gronings-perspectief-fase2/ en bijlagen.

[vi] Tom van der Lee et al. 24 februari 2023. Rapport parlementaire enquêtecommissie aardgaswinning Groningen. Vijf delen, 2000+ pagina's. https://www.tweedekamer.nl/Groningen/rapport
Persbericht: https://www.tweedekamer.nl/kamerleden-en-commissies/commissies/parlementaire-enquetecommissie-aardgaswinning-groningen

[vii] NWO, DeepNL. An integrated research programme to understand subsurface dynamics caused by human activities. Annual report I – 2018. Zie Introduction.
https://www.nwo.nl/sites/nwo/files/media-files/Deep%2BNL_UK%2BVERSIE_5-6-19.pdf

[viii] Al 26 jaar aardschokken in noorden van Nederland. 8 februari 2013.
https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/al-26-jaar-aardschokken-in-noorden-van-nederland~b36e5194/

[ix] KNMI. Uitleg over Aardbevingen door gaswinning. In Noord-Nederland komen geregeld geïnduceerde bevingen voor. Veel gestelde vragen over aardbevingen door gaswinning. Update t/m 2023.
https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/aardbevingen-door-gaswinning
Met uitleg aardbeving Roermond 1992 en aardbevingen wereldwijd.

[x] Sam Gerrits, Boek: 'De Aarde en het Gas'. Uitgever Passage Groningen 2022, Sint Jansstraat 15, 9712 LM Groningen www.uitgeverijpassage.nl ISBN 97890 5452 394. Hierin wordt de geschiedenis van de gaswinning verhaald en de actie om de waarheid boven tafel te krijgen, die door de gaswinningsbedrijven werd ontkend.

[xi] Bijlage: Hazard and Risk Assessment for Induced Seismicity in Groningen. Interim Update November 2013, Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard Analysis in the Groningen Field. Confidential report.
https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2015D50761&did=2015D50761

[xii] Interview op de televisie van de NOS met Shell topman van Beurden over Groningen gaswinning. https://nos.nl/nieuwsuur/video/2085259-shelltopman-van-beurden-het-uitgebreide-interview

[xiii] H. M. Wentinck and M. Kortekaas. Induced seismicity in the Groningen gas field – arrest of ruptures by fault plane irregularities. Netherlands Journal of Geosciences, Volume 102, e11. https://doi.org/. 10.1017/njg.2023.9

[xiv] Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013 Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard Analysis in the Groningen Field Date: November 2013 https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-537293.pdf . pagina 11.

[xv] TNO-rapport 2013 R11953. Toetsing bodemdalingsprognoses en seismic hazards… 23 december 2013 http://www.namplatform.nl/wp-content/uploads/2014/01/ref-02-13-11-25-review-tbo-onderzoek-5.pdf of https://www.nlog.nl/sites/default/files/tno_rapport_groningen_15-01-2014_gelakt_pre-scan.pdf

[xvi] Poisson's ratio uitgelegd. https://en.wikipedia.org/wiki/Poisson%27s_ratio

[xvii] Buijze L., H. Weng and P. Ampuero (2022) Physics-based constraints on maximum manitudes in the Groningen field. *Compact presentation in NAM 2022*, Amsterdam, The Netherlands, 13-17 June.

[xviii] Janneke van Ginkel, Elmer Ruigrok, Jan Stafleu, and Rien Herber. Development of a seismic site-response zonation map for the Netherlands. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 22, 41–63, 2022 https://doi.org/10.5194/nhess-22-41-2022 © Author(s) 2022.

[xix] JSR Scientific and Technical Report: A review of the Seismic Hazard Zonation in National Building Codes in the Context of Eurocode 8. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC48352

[xx] Nieuwsbericht 5 november 2014. https://www.storax.nl/nieuws/aardbevingsbestendig-bouwen/

[xxi] European Commission. Eurocode 8. Design of structures for earthquake resistance. EN 1998. https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/EN-Eurocodes/eurocode-8-design-structures-earthquake-resistance en specifiek hoofdstuk 9 SPECIFIC RULES FOR MASONRY BUILDINGS, pagina 194 -200 Zie ook: https://www.eaee.org/Media/Default/2ECCES/2ecces_eaee/2165.pdf

[xxii] Monitoring induced seismicity in the North of the Netherlands: status report 2010 ,Bernard Dost, Femke Goutbeek, Torild van Eck and Dirk Kraaijpoel, De Bilt, 2012 | KNMI Scientific report. https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdn.knmi.nl/knmi/pdf/bibliotheek/knmipubWR/WR2012-03.pdf

[xxiii] Mevr.Dr. A.G. Muntendam-Bos and Dr. J.A. de Waal. Reassessment of the probability of higher magnitude earthquakes in the Groningen gas field, 16 januari 2013, State Supervision of Mines.

[xxiv] J.W. de Jong, M.Eng. SodM. Aanbieding advies 'Wijziging Winningsplan Groningen 2013' en 'Meet- en Monitoringsplan' 13 januari 2014.

[xxv] NAM, Technical Addendum to the Winningsplan Groningen 2013. Subsidence, Induced Earthquakes and Seismic Hazard Analysis in the Groningen Field, november 2013. Paragraaf 0.13 Independent review of 'Report to the Technical Guidance Committee (TBO) on alternative production measures and hazard analysis' (part 2).

[xxvi] De Eurocode 8. *Design of structures for earthquake resistance* (abbreviated EN 1998 or, informally, EC 8) bestaat al sinds 23 april 2004 en is toepasbaar voor heel Europa. https://en.wikipedia.org/wiki/Eurocode_8:_Design_of_structures_for_earthquake_resistance

[xxvii] De Minister van Economische zaken Dhr. H.G.J. Kamp, Loppersum, 17 januari 2014. De minister en 9 gemeenten en de NAM. Rapport 'Vertrouwen op Herstel en Herstel van Vertrouwen' https://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Dossiers/Gaswinning/17-januari-2014-Akkoord-Vertrouwen-op-herstel-en-herstel-van-vertrouwen.pdf inclusief budget.

[xxviii] Sweco. Onderzoek funderingsproblematiek Groningen Projectnummer: 51010307. Ref: NL23-648800269-40465. Datum: 12-01-2023. SodM, Instituut Mijnbouwschade Groningen. https://www.schadedoormijnbouw.nl/media/ab5hbjbk/nl23-648800269-40465-rapport-funderingsproblematiek-groningen-fase-1-inventarisatie-img_definitief-d03_20230119def.pdf

[xxix] Trillingsrichtlijn SBR A. Schade aan bouwwerken. SBRCURNET; Carel Ostendorf. December 2017 https://www.building.nl/kennisplatform/kennisbank/overig/sbr-trillingsrichtlijn-a-schade-aan-bouwwerken

[xxx] Rapport SodM 2019. https://www.schadedoormijnbouw.nl/schade-gebouw/verdiepende-informatie/toepassing-bewijsvermoeden

[xxxi] Den Haag: Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) rapporten 2023/07/03. www.sodm.nl/documenten/rapporten/2023/07/03/voortgang-van-de-versterkingsopgave-en-de-afbouwvan-de-gaswinning--22-23.

[xxxii] Gronings perspectief (Stroebe et al) 2019. Sociale samenhang, samenwerking en veerkracht in het Groningse gaswinningsgebied https://www.groningsperspectief.nl/wp-content/uploads/2019/07/Rapport-Sociale-samenhang-samenwerking-en-veerkracht.pdf
en https://www.groningsperspectief.nl/wp-content/uploads/2019/07/Bijlagen-rapport-Sociale-samenhang-samenwerking-en-veerkracht.pdf

[xxxiii] Eindadvies Handelingsperspectief voor Groningen. Adviescommissie 'Omgaan met risico's van geïnduceerde aardbevingen' (Commissie-Meijdam). 14-12-2015. https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-646523.pdf

[xxxiv] ANP, Manuel Sintubin, aardbevingsgeoloog Leuven en Hoogleraar Christopher Spiers 22-05-2019 https://www.topics.nl/de-groningse-bodem-blijft-nog-wel-twee-twintig-of-tweehonderd-jaar-onrustig-a12874465trouw/?context=playlist/s-0eaadab946704423a63a5bf4bcc7b017/&utm_source=redactie&utm_medium=email&utm_campaign=DPN_ED_TOPICS_Newsletter_PERSO_API_20190523&utm_content=link&utm_term=&ctm_ctid=50170936b2fd060e557e978dd59d1599

[xxxv] Hans Vijlbrief, Staatssecretaris voor de Mijnbouw, november 2024. Uitgeverij Prometheus. https://www.pa-academie.nl/boekrecensie-de-groningers-hadden-altijd-gelijk/

[xxxvi] Arup 2013, structural upgrading study Groningen verschillende versies: https://www.tweedekamer.nl/downloads/document?id=98e96ecf-e39c-4b01-86fb-ca8d953b0741&title=Arup%20Project%20Title%3A%20Groningen%202013%20Structural%20Upgrading%20Strategy.pdf

[xxxvii] Originele Seismic Risc Study: Arup Project Title: Groningen 2013 Seismic Risk Study - Earthquake Scenario-Based Risk Assessment REP/229746/SR001 Issue | 29 November 2013.

[xxxviii] April 2021 bevingen: https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/zwerm-aardbevingen-in-zuid-limburg

[xxxix] Uit: rapport van de Onderzoeksraad voor veiligheid: Aardbevingsrisico's in Groningen. 19959-2014. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj1hM_63LbuAhUItKQKHT4NDUwQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.onderzoeksraad.nl%2Fnl%2Fpage%2F3190%2Faardbevingsrisico-s-in-groningen&usg=AOvVaw0U7S0asoVssiSWDDlcY5e7

[xl] Arup. (2013). Groningen 2013, Seismic Risk Study - Earthquake Scenario-Based Risk Assessment. De link verwijst naar de zevende versie, maar de eerste versie lag al in 2013 bij de NAM. https://www.nam.nl/algemeen/mediatheek-en-downloads/documentatie-besluit-gaswinning/_jcr_content/par/expandablelist/expandablesection_1552281671.stream/1453374454012/fb8ac8b9b6160060d36da00bdfa5b6a48555fd4b/ref-09-review-of-arup-report-on-scenario-based-seismic-risk-assessment-v7.pdf

[xli] Onderzoeksraad voor de veiligheid. Aardbevingsrisico's in Groningen 1959-2014 https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj1hM_63LbuAhUItKQKHT4NDUwQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.onderzoeksraad.nl%2Fnl%2Fpage%2F3190%2Faardbevingsrisico-s-in-groningen&usg=AOvVaw0U7S0asoVssiSWDDlcY5e7

[xlii] *SodM. Rapport aan de tweede kamer, Reassessment of the probability of higher magnitude earthquakes in the Groningen gas field, 16 January 2013.*
En: Mevr. Dr. A.G. Muntendam-Bos and Dr. J.A. de Waal. Reassessment of the probability of higher magnitude earthquakes in the Groningen gas field Including a position statement by KNMI by State Supervision of Mines. 16 January 2013.

[xliii] Jan van Elk and Dirk Doornhof. Study and Data Acquisition Plan Induced Seismicity in Groningen.Update July 2020. Closing out the Research Programme. Part 2: Research into Earthquake processes in the Subsurface.

[xliv] Aardbeving tussen Rotenburg en Neuenkirchen, Lüneburger Heide. 20 oktober 2004. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Erdbeben-Gefaehrdungsanalysen/Seismologie/Seismologie/Erdbebenauswertung/Besondere_Erdbeben/Ausgewaehlte_Erdbeben/rotenburg.html

[xlv] Samenvatting eindrapport multidisciplinair onderzoek Aardbevingen Groningen, november 1993 https://cdn.knmi.nl/knmi/pdf/bibliotheek/knmipubDIV/Samenvatting_eindrapport_BOA_relatie_aardbevingen_en_gaswinning_NNL1993.pdf

[xlvi] https://www.nemokennislink.nl/publicaties/zoutlaag-temt-aardschokken-in-groningen/ 17 april 2014. Met opmerkingen van prof Chris Spiers, hoogleraar geologie aan de universiteit van Utrecht, gespecialiseerd in gesteenteformaties.

[xlvii] Afbeelding uit: Beheersprotocol voor Borging van het Seismisch Risico binnen grenzen, NAM, Nov. 2013 https://www.nam.nl/oil-and-gas-production/groningen-gas-field/significance-of-the-production-plan/_jcr_content/root/main/section_998695721/promo_1349258685_cop_205894970/links/item0.stream/1672060380932/c973bc048794cf39d79d712f1fdaf970ee1f66bb/gewijzigd-winningsplan-groningen-openbaar-deel-zonder-contactgegevens1.pdf

[xlviii] Afbeeldingen uit: document: geology_of_the_groningen_field_an_overview.pdf van Jan de Jager en Clemens Visser met abeeldingen uit NAM-research bronnen. Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw |96 – 5 | s3–s15 | 2017. Downloaded from: https://www.cambridge.org/core https://www.researchgate.net/publication/322565129_Geology_of_the_Groningen_field_-_An_overview/figures?lo=1

[xlix] Bourne, S. J., and S. J. Oates (2020). Stress-dependent magnitudes of induced earthquakes in the Groningen gas field, J. Geophys. Res. 125, no. 11, 1–34. https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020JB020013

[l] NAM, Seismic Hazard and Risk Assessment Groningen Field update for Production Profile GTS - raming 2020. March 2020. https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/04/A03-NAM-HRA-March-GTS-raming-2020.pdf

[li] Bron: Universiteit Utrecht 19 oktober 2019. https://www.uu.nl/nieuws/minder-energie-voor-aardbevingen-door-permanent-samengedrukt-gesteente

[lii] K. van Thienen-Visser (TNO), J. P. Pruiksma, and J. N. Breunese. Compaction and subsidence of the Groningen gas field in the Netherlands. Published: 12 November 2015. Proc. IAHS, 372, 367–373, 2015, proc-iahs.net/372/367/2015/. doi:10.5194/piahs-372-367-2015.

[liii] Uit GeoScienceWorld= SEG library. Deep learning fort he end-to-end subsurface modelling and interpretation: An example from Groningen gas field. https://library.seg.org/doi/epub/10.1190/tle41040259.1

[liv] Report on Mmax Expert Workshop 8-10 March 2016 World Trade Centre, Schiphol Airport, The Netherlands https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/groningen/en/cef44262-323a-4a34-afa8-24a5afa521d5

[lv] Reacties op de beving van Zeerijp (8 jan. 2018) Voorlopige resultaten van het panel Gronings Perspectief Tom Postmes, Babet LeKander, Allard Roest, Daniella Vos, Justin Richardson, Katherine Stroebe, Guido Lammerts 31/1/2018 https://www.groningsperspectief.nl/wp-content/uploads/2018/01/bijlage_Zeerijp.pdf

[lvi] G. Solomos, A. Pinto, S. Dimova . A REVIEW OF THE SEISMIC HAZARD ZONATION IN NATIONAL BUILDING CODES IN THE CONTEXT OF EUROCODE 8. Support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes. https://op.europa.eu/mt/publication-detail/-/publication/d501c141-7e3a-446e-9175-f65055257fc7

[lvii] Julian J. Bommer*, Jan van Elk, and Mark D. Zoback. Bull. Seismol. Soc. Am. XX, 1–19, doi: 10.1785/0120240054. Estimating the Maximum Magnitude of Induced Earthquakes in the Groningen Gas Field, the Netherlands.

[lviii] Trauma's en psychologische schade: https://www.rtlnieuws.nl/nieuws/nederland/artikel/4794891/groningen-echtpaar-aardbevingen-schade-trauma-aansprakelijk

[lix] Rapportage Reporters online. https://reportersonline.nl/psychische-genocide-in-de-provincie-groningen/

[lx] NCG-rapport: https://www.nationaalcoordinatorgroningen.nl/onderwerpen/typologieen-overzicht TNO-rapport: 2021 R11002D. Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen

[lxi] Dr.Ir. C.P.W. Geurts, Prof.Dr.Ir. R.D.J.M. Steenbergen, Ir. N. Altinga TNO 2021 R11002E Typologie-gebaseerde beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen - Typologisch toedelen. Datum 5 april 2023.

[lxii] Zie: "Materialen en technieken in historische metselwerkconstructies". https://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/367/226/RUG01-002367226_2017_0001_AC.pdf

[lxiii] Omkering bewijslast bij aardbevingsschade, november 2015. https://www.njb.nl/nieuws/omkering-bewijslast-aardbevingsschade-in-groningen/

[lxiv] Commissie Meijdam 2015. https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-646523.pdf

[lxv] Oldenhuis, F. (Red. 2019). Juridische aspecten van gaswinning: een 'Groningse' verkenning. Deventer: Wolters Kluwer https://www.wolterskluwer.nl/INTERSHOP/web/WFS/WoltersKluwer-ShopNL-Site/nl_NL/-/EUR/ViewProductAttachment-OpenFile?LocaleId=nl_NL&DirectoryPath=Product+Attachments%2FBijlagen+2019+juli-augustus&FileName=9789013153682_Inkijkexemplaar_Juridische_aspecten_2019.pdf&UnitName=WoltersKluwer-ShopNL

[lxvi] Document “Seismic Risk Study: Earthquake Scenario-Based Risk Assessment” Julian Bommer, Helen Crowley & Rui Pinho. REP/229746/SR001 Issue | 29 November 2013.
https://wwww.Tweedekamerdocument.nl

[lxvii] TR-205 rapport "Seismisch risico in Noord-Nederland" is geschreven door Th. De Crook, H.W. Haak en B. Dost van de Afdeling Seismologie van het KNMI in De Bilt.
Https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdn.knmi.nl/knmi/pdf/bibliotheek/knmipubTR/TR205.pdf

[lxviii] Eerste advies panel van hoogleraren over risicobeleid en veiligheidsmaatregelen geïnduceerd aardbevingsrisico datum: 02-07-2018 is bijlage bij brief regering; Adviesrapport van de Mijnraad over de veiligheidsrisico’s en de versterkingsopgave in Groningen. 33.529, TK, 498. 2 juli 2018.
https://www.eerstekamer.nl/9370000/1/j4nvjlhjvvt9eu4_j9vvkfvj6b325az/vkpqkkzwqrzq

[lxix] Charles Vlek. Induced Earthquakes from Long-Term Gas Extraction in Groningen, the Netherlands: Statistical Analysis and Prognosis for Acceptable-Risk Regulation: Risk Analysis, Vol. 00, No. 0, 2018 DOI: 10.1111/risa.12967 en : https://milieu.vvm.info/milieu-2023-5-clean-air-for-europe/milieu-dossier-wordt-het-groningse-gasveld-langzamerhand-veilig-genoeg/

[lxx] Charles Vlek. Reflections and Some Questions about Assessing the Maximum Possible Earthquake in the Long-Exploited Groningen Gas Field. https://research.rug.nl/en/publications/reflections-and-some-questions-about-assessing-the-maximum-possib Volume 49 Number 5 September 2023.
En.
Charles Vlek. https://milieu.vvm.info/milieu-2023-5-clean-air-for-europe/milieu-dossier-wordt-het-groningse-gasveld-langzamerhand-veilig-genoeg/

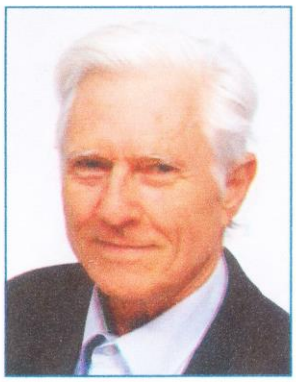
[lxxi] Sjoerd Nienhuys, Carlos Naranjo. Guia Popular de Construccion Sismo Resistente, Ecuador 1976. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwivnPKDxMvuAhWMHOwKHc8RCsUQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fconstruccionesuce.files.wordpress.com%2F2020%2F01%2Fguia-de-construccion-inen.pdf&usg=AOvVaw0eovCoGBPIKnkQoSVqB2Fw

[lxxii] Sjoerd Nienhuys, Carlos Naranjo. Guia de Practica: Mamposteria reforzada, INEN, Ecuador 1976.
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/GPE-21.pdf

[lxxiii] Manual para la Reduccion del Riesgo Sismico de Viviendas en Peru.
http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/MINISTERIOS/Manual%20para%20la%20Reduccion%20del%20Riesgo%20Sismico%20de%20Viviendas%20en%20el%20Peru.pdf

[lxxiv] Albanería confinada, PUCP, Perú. Version 2018. Autor ÁF San Bartolomé Ramos del Libro "*Albañilería Confinada*". Libro 4 de la. Colección del Ingeniero Civil.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi4gpHCxsvuAhUMH-wKHSEFAFsQFjAaegQICBAC&url=http%3A%2F%2Frepositorio.pucp.edu.pe%2Findex%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F72%2Fconstr_albanileria.pdf&usg=AOvVaw2LmGQajknP9oo7zs-nci8T

[lxxv] Zie rapport
file:///D:/Earthquake%20international/EoD_HDYr3_59_November2015_Seismic_Building_Codes.pdf



Medio 2024, twaalf jaar na de geïnduceerde aardbeving door de gaswinning van 16 augustus 2012 te Huizinge in de provincie Groningen, zijn er nog steeds 20.000 schademeldingen niet verwerkt.

Een jaar na die aardbeving in 2012 kwamen de KNMI en de NAM met zeer zware Mmax aardbevingsprognoses, waarna er een Nationale Praktijk Richtlijn kwam.

Die NPR had extreem hoge belastingen van PGA 0,42g, vijfmaal zo zwaar als de verticale Huizingebeving. Daarmee zouden ongeveer 200.000 gebouwen in de provincie Groningen zwaar beschadigd raken en wellicht 10.000 woningen instorten met honderden slachtoffers als gevolg; een nationale ramp.

Deze dissertatie gaat over een principiële fout om de feitelijk onmogelijke Mmax uit te rekenen. Slechts de accepteerbare PGA moet berekend worden. Wat wél uitgerekend moest worden is de maximale PGA die de gebouwde omgeving aan kon zonder te veel gebouwschade, en die de bevolking kon accepteren (als er een goede compensatieregeling was).

Die PGA-acceptabel berekeningen waren goed mogelijk, maar de zwaar overschoten Richterwaarden en de daaropvolgende media-informatie jaagden de bevolking waarschijnlijk **angstgevoelens** aan. De zogenaamd 'ruimhartige schaderegeling' en gebouwherstel van de NAM en CVW waren gedeeltelijk foutief, en dermate bureaucratisch dat duizenden Groningers er zwaar van in de **stress** raakten. De berekeningen van de NCG in combinatie met de NPR-norm resulteerden onnodig in duizenden indicaties voor sloop en nieuwbouw.

Deze op praktijkervaring, logisch denken en seismische bouwtechniek gebaseerde dissertatie geeft een kort overzicht van waar het fout ging en wat de wenselijke maatregelen zijn bij geïnduceerde aardbevingen.

ISBN: 978-94-6491-870-0

Met nur code 955

www.nienhuys.info

9 789464 918700