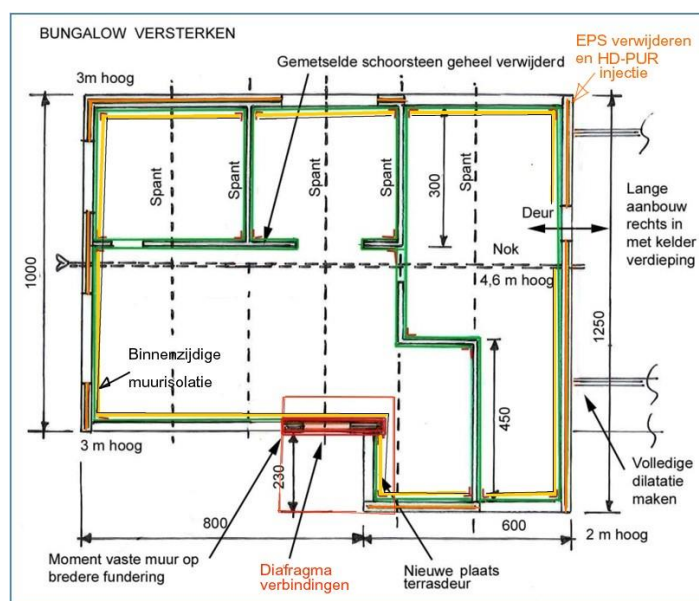


Duurzaam Herstel en Versterking van Woningen in Groningen

Hoofdstuk 11

DRIE TYPISCHE PROJECTEN

Na de aardbevingsproblematiek en de afbouw van de aardgasproductie



Abstract: Drie Typische Projecten zijn nader beschreven: Overmatig versterken, Slopen en Verkeerde beoordelingen. De analyse geeft aan dat er meerdere oorzaken zijn van gebouwschade en dat deze in veel situaties met de fundering te maken hebben. Het verbeteren of versterken van de fundering is daarom een voorwaarde voor het verder verduurzamen van de woning. Geïllustreerd met foto's¹ en schetsen.

Kernwoorden: aardbeving, baksteen, beton, diafragma, duurzaam, metselwerk, muur-vloer verbindingen, houten vloeren, seismisch versterken, spouwmuur, verbouwen, verduurzamen, vloeren, woningbouw,



Door: Sjoerd Nienhuys
Bouwkundig, seismisch ingenieur
mei 2021.

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



¹ De foto's zijn uitsluitend als illustratie en voorbeeldmateriaal bedoeld. Gebouweigenaren die in de foto's hun gebouw of gebouwonderdeel herkennen, kunnen of mogen hier geen consequenties aan verbinden.

Inhoud

DRIE TYPISCHE PROJECTEN.....	1
11.0. Inleiding	3
11.1. Kleine vrijstaande woning	4
11.2. Seismische versterking	9
11.3. Uitgevoerd versterkingsprogramma	10
11.4. Alternatief licht versterken.....	13
11.5. Bungalow met twee vloerhoogten.....	14
11.6. Veranderen van raam/deur indeling ter versterking	17
11.7. Het versterken van de dragende binnen- en buitenmuren	19
11.8. Alternatief licht versterken bungalow.....	22
11.9. Garage op zandvulling achter de woning.....	23

Voorwoord.

De drie projecten die hier in het kort besproken worden zijn voorbeelden van schadestudies en voorgestelde en uitgevoerde maatregelen overeenkomstig de werkmethode van de consultants in 2014, gebaseerd op een hoge PGAg van de NPR9998:2015.

Het zijn ook typische voorbeelden van onvoldoende bouwkundig onderzoek naar de oorzaken van de bevingsschade. Hoewel men met zeer zware (en dure) versterkingsmiddelen kleine gebouwen seismisch kan versterken zijn dit geen maatregelen die voor de burger te financieren zijn, wanneer deze zelf de kosten van de versterking of reparaties moet betalen.

Door de aardbevingen zal bij oude of slechte bouw vaak schade ontstaan, maar om een verdeling te maken tussen eigen gebrek schade en aardbevingsschade is moeilijk. De mogelijke arbitrage die kan ontstaan vanwege verschillende gezichtspunten was voor de NAM destijds de reden om dan maar het gehele gebouw te versterken of te slopen, want de NAM betaalde in 2014 ook de arbitragekosten van de tegenpartij.

11.0. Inleiding

Na de aardbeving van 16 augustus, Huizinge (PGA_g 0,085 en Richter 3,6) moest er bij de NAM kennis worden opgebouwd over de geleden schade en hoe de woningen structureel te herstellen of veiliger² te maken. Hiervoor werd eerst een duidelijk schade identificatieprotocol opgesteld en werden er na de schaderapportage verschillende voorstellen gedaan over de mogelijke muurreparaties.

In het begin werden er aannemers gemobiliseerd die hoofdzakelijk de scheuren dichtsmeerden, maar met de eerstvolgende beving stond die scheur weer open en begon het werk weer overnieuw met: Schademelding, rapportage, taxatie, en “reparatie”.

Het zoeken naar de beste fundering- en muren-herstelmethode en het voorkomen van schades bij de geprojecteerde zwaardere aardbevingen, leidde er toe dat er een dozijn verschillende woningtypes in de provincie van Groningen gecatalogiseerd werden, grotendeels volgens verschillende bouwperiodes³. Elke bouwperiode van 20 jaar heeft in Nederland duidelijke constructieve eigenschappen met bijbehorend type fundering, lichte houten of zware betonnen vloeren, rijtjeswoningen, meer-etage woningen en boerderijen of monumenten. Voor elk van het 12-tal bakstenen gebouwtypen is dan een eigen versterkingsmethode nodig⁴. Was eenmaal die methode bepaald, dan zouden alle woningen van hetzelfde type volgens dezelfde versterkingsmethode behandeld kunnen worden, zonder dat voor elke woning weer opnieuw dure en langdurige analyses en berekeningen gemaakt hoefde te worden.

Op basis van deze strategie werden er van elk bouwtype woning een schadevoorbeeld aangewezen om volgens de toen geldende NPR9998:2015 seismisch te versterken. Vervolgens werden er enkele testwoningen van een bepaald type aangekocht en seismisch (over de top volgens de 2015 NPR) versterkt om ervaring op te doen in de organisatie, versterkingsmethoden en kostenaspecten. Groningse bouwondernemingen konden daar muur- of vloerdiafragma versterkingen uitproberen. Deze woningen deden tevens dienst als demonstratieobjecten.

Reeds in 2015 was het duidelijk dat de per eind-2014 voorgestelde maximale aardbevingssterkten, extreem hoog waren bepaald en dat dergelijke zware aardbevingen (PGA_g 0,42 en later 0,36) catastrofaal voor het kwart miljoen gebouwen in de provincie Groningen zouden zijn, met een daarbij behorend zeer groot aantal slachtoffers. Tegelijkertijd werden wel enkele woningen op die basis individueel doorgerekend. Dankzij het precies opmeten en doorrekenen van deze woningen was er veel data beschikbaar, waarvan hier gebruik is gemaakt.

De drie typische voorbeeldprojecten die in dit hoofdstuk worden besproken, worden op een andere manier belicht dan de in 2013 en 2014 uitgevoerde versterkingsplannen of nieuwbouw. Bij slechts lichte en steeds minder voorkomende aardbevingen zoals voorgesteld sinds 2018, is echter een geheel andere werkmethode mogelijk dan wat er werd tot die tijd werd uitgevoerd.

De observaties zijn niet om kritiek te leveren op de genomen beslissingen van 2014, maar om een voorbeeld te geven van het uitdiepen van de oorzaken en mogelijke oplossingen die relevant kunnen zijn bij slechts lichte aardbevingschokken.

² Het begrip veiliger van de NPR houdt in dat het gebouw ‘net niet instort’, dat is dus niet zonder schade. Uitgebreidere toelichting op deze en andere terminologie is in de woordenlijst van hoofdstuk 1.

³ In 2020 zijn dit er 60 en per type wordt er een versterkingsvoorstel gemaakt (niet openbaar).

⁴ Uiteraard zullen binnen elke typologie veel kleine verschillen bestaan, maar die kleine verschillen zullen geen grote veranderingen in de versterkingsmethoden vereisen. Het gaat hier over de schoorstenen en de drie hoofd elementen van seismische versterking zijnde: funderingen, muur-vloer verbindingen en diafragma's.

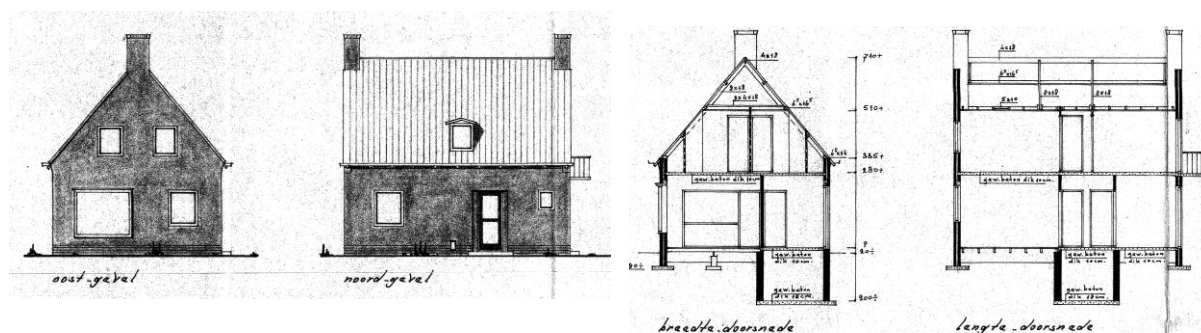
11.1. Kleine vrijstaande woning

Dit voorbeeld van een kleine vrijstaande woning met een 1963 ontwerp, beschrijft de verschillende overwegingen en opties die zich kunnen voordoen bij een analyse voor seismisch versterken.

Kenmerken van de woning:

Bouwjaar 1963, woonoppervlakte⁵ op de begane grond 53 m² en op de etage 40 m².

Niet na-geïsoleerde spouwmuren, on-geïsoleerde begane grond vloer of dak. Kleine dakkapel aan een zijde. Twee gemetselde topgevels met schoorstenen. In dit gebouw zit onder een klein gedeelte bij de zijdeur een keldertje. De betonbalken en strokenfunderingen zijn ontworpen op de belastingen. Boven het keldertje, doorlopend in de bijkeuken is een betonvloer. De begane grondvloer is verder van hout met een ondiepe kruipruimte. De etagevloer is doorlopend en slechts 10 cm dik gewapend beton.



Figuren 1. Oostgevel en noordgevel met links naast de voordeur (tweede tekening) een kleine kelder.

De woning heeft aanzienlijke scheurschade aan twee kanten in de bijkeukenkoek en is in de rechterhoek aan de buitenkant ondersteund (zie plattegrond). Naast de kelder bevindt zich een septic-tank, terwijl de regenwaterafvoer langs de hele zijgevel loopt, en verder naar het riool.



Figuren 2. Opname van de schade aan de buitenmuur van de bijkeuken en binnen. De plattegrond van de begane grond geeft de positie van de kelder aan en de locatie van de scheurvorming in de gevel. Stempels.

Na de beving van 16 augustus 2012 werd door de bewoner extra schade gemeld en werd er in 2013 een schaderapport opgemaakt, en in 2014 een contra-expertiserapport over die bevingsschade.

⁵ Het netto woonoppervlak heeft een minimale vrije hoogte van 150 cm. Op zolder is dat kleiner dan het vloeroppervlak.



Figuren 3. Voorzijde met eerder gevelherstel en positie septic-tank naast de voordeur. Achtergevel met balkon, en bijkeukendeur. Verzakkingsschade in de hoek van de bijkeuken.



Om te beoordelen hoe dit gebouwtje seismisch versterkt moest worden, werd een precieze meting gedaan, waarbij de scheuren en zettingen in alle gevels en binnenmuren werden vastgelegd. Nieuwe (verse) scheuren zijn te herkennen aan scherpe randen en geen vervuiling in de scheur zoals huisvuil of spinnenwebben.

Tijdens de keuring werd een onderscheid gemaakt tussen:

A-scheuren = nieuw of aardbeving gerelateerd;

B-scheuren, oorzaak onduidelijk en waarschijnlijk vergroot door de trilling, maar wel vergoed als aardbevingsschade; en

C-scheuren, niet gerelateerd aan de aardbeving, niet vergoed.

In deze woning werden binnen en rondom wel veel scheuren genoteerd, maar geen C-categorie.



Figuren 4. Zowel nieuwe als oude scheuren rondom het gebouw werden fotografisch vastgelegd. Verse scheuren hebben scherpe en schone randen.

De beschadigingen en originele bouwtekeningen resulteerden in de volgende conclusies:

- a. De bouwperiode 1963/4 is kenmerkend voor een snelle en weinig robuuste bouwkwaliteit, waarbij de gewapend betonnen funderingsstroken (op staal) op minimale breedte werden uitgerekend. Bij een dergelijk ontwerp is te verwachten dat de woning in het eerste jaar na de bouw zettingen zal ondergaan en daardoor scheurvorming kan optreden.
- b. De gewapend betonnen etagevloer fungeert wel als een vloerdiafragma omdat deze volledig doorloopt en op de binnenmuren is vast gestort. Dit is seismisch een gunstige situatie.
- c. De raampenanten hebben een redelijke breedte en zouden de geleden bevingen makkelijk kunnen weerstaan, tenzij er reeds andere spanningen in het metselwerk waren t.g.v. zetting.
- d. De binnenmuren zijn halfsteens en nemen nauwelijks de aardbevingskrachten van de bovenliggende betonvloer op, of van de topgevels en het dak. De aardbevingsbelasting zal daardoor geheel op de buitengevel komen. Seismisch nadelig.
- e. De gemetselde topgevels met schoorstenen kunnen door het ingedroogde houten dakbeschot loodrecht uit het vlak van die gevels gaan bewegen en op hun basis scheuren. Seismisch fout.
- f. Het uitkragende balkon zit aan de etagevloer vast en zal door een verticale trilling extra belasting op de achtergevel geven. Seismisch fout.
- g. De regenwaterafvoer en de septic-tank zijn aangelegd met gresbuizen. Wanneer die lekken (na 40 jaar meestal het geval), zal water in de grond naast de fundering infiltreren en de draagkracht van die grond negatief beïnvloeden. Gerelateerd aan de bouwmethode destijds.

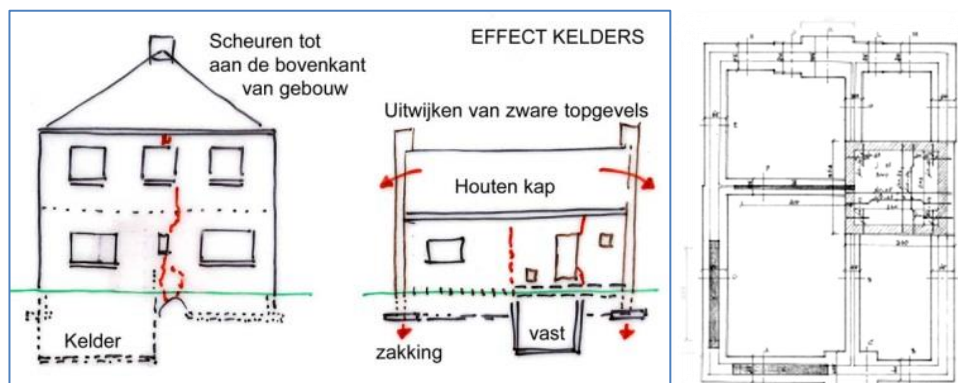
De straatgevel was al eens eerder gerestaureerd vanwege verschillende verzakkingsscheuren. Er werd geen sonderingsonderzoek gedaan, maar de algemene conclusie over het grote aantal scheuren rondom en in het gebouw is dat de fundering onvoldoende draagt en dat het hoogst waarschijnlijk is dat de kleine en grotere bevingen het zettingsproces weer gestart of versneld hebben. Resultaat: B-schades. De relatie met de wasmachine in de bijkeuken werd niet opgemerkt.

In aanvulling op de bovenstaande zeven punten a-g kunnen de volgende opmerkingen gemaakt:

- h. De kleine kelder naast de entree heeft een andere funderingsdiepte dan de rest. Bij slechte bouwcontrole kan het gedeelte naast de kelder onvoldoende verdicht zijn, waardoor daar extra (snel) zakking kon optreden. Dit is seismisch en bouwkundig een nadelig ontwerp.
- i. De topgevels zijn in dit gebouw zwaarder dan de zijgevels. De topgevels zijn 34 mm naar buiten gaan uitwijken, vanwege een grotere zetting van hun funderingen dan de funderingen onder de zijgevels. Dit is mogelijk omdat de houten kapconstructie niet stijf is en de verankering van de gordingen aan de topgevel waarschijnlijk iets beweging toelaat. Seismisch onwenselijk.
- j. De aanleg van de diepe septic-tank kan ná die van de funderingsstrook zijn gemaakt, waardoor de grondslag vlak naast de fundering door het uitgraven ondermijnd werd. De locatie van die septic-tank kan foutief genoemd worden.
- k. Een oud model septic-tank is bodemloos; hierdoor is er waterinfiltratie naar beneden, hoofdzakelijk onder het gedeelte naast de kelder, waardoor verweking van de grond kan optreden⁶. Dit zou ook kunnen vallen onder een "ontwerp"-probleem. De septic tank had veel verder buiten het gebouw aangelegd moeten worden.

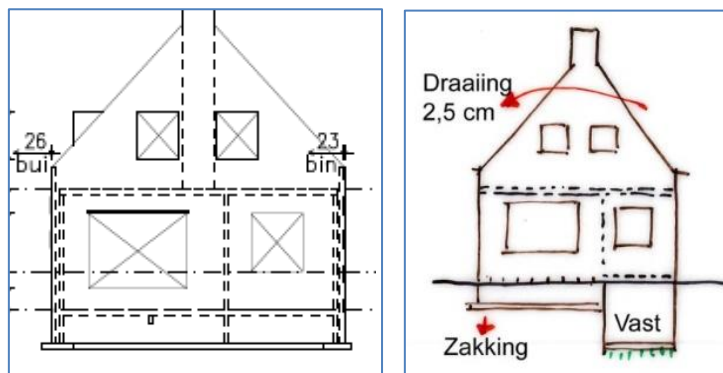
⁶ Kleine trillingen in vochtige grond kunnen verdichting van die grond veroorzaken. Het vocht verdwijnt dan tussen de zandkorrels uit. De zand korrels worden dan vaster aangedrukt. Dit leidt tot zetting van de fundering. Bij kleigrond wordt het water langzaam uit de klei geperst, hetgeen ook zetting tot gevolg heeft.

Figuur 5. In de meeste bakstenen woningen op staal, met een plaatselijke kelder treden scheuren op die vanaf de zijwanden door de gevel naar het dak lopen. In dit geval leidt dit tot het wijken van de topgevels.



De combinatie van de marginaal gedimensioneerde fundering op staal met de kelder die aan één zijde onder het gebouw zit, en de betonvloer op de etage die het kleine gebouw bij elkaar houdt, resulteerde niet alleen in het wijken van de topgevels, maar tevens de draaiing van de woning.

Figuren 6. De tekeningen van de funderingsbalken laat zien dat de aanlegbreedte van die fundering gerelateerd is aan de boven-belasting. Onder de schoorstenen en de zwaardere kopgevels is de fundering breder. Omdat het grond draagvermogen onder de kelder hoger is, kantelde het hele gebouw 23-26 mm.



In de achtergevel (bijkeuken) zitten grotere scheuren van een veel oudere zetting, reden waarom hier de muur ondersteund werd (Figuren 2). De vraag is waarom dit het geval is?

Het verzakken van de hoekfundering ten gevolge van de belasting van de topgevel is niet het geval, want anders zou er geen grote scheur in alleen die hoek zitten. Deze scheur zou dan door het gewicht van de topgevel dicht gedrukt worden. Ook zijn er geen diagonaal scheuren in de topgevel. De betonnen etagevloer houdt de topgevel feitelijk omhoog, terwijl de bijkeuken vloer verder wegzakt.

- I. Op het betonnen bijkeukenvloertje bij de achterdeur staan zowel een wasmachine en een droogmachine. Deze leveren allebei bij het centrifugeren een sterke trilling op waardoor de gehele vloer, gebouwhoek en gebouw gaat meetrillen. Ofschoon een nieuwe wasmachine gebalanceerd en grotendeels trillingvrij kan zijn opgesteld, zal er ongetwijfeld apparatuur hebben gestaan dat trillingen op het gebouw heeft uitgeoefend. Deze trillingen zullen bij een oorspronkelijk in evenwicht zijnde fundering op staal veroorzaken dat deze langzaam verzakt. Dit is een gebruiksprobleem. Noch de fundering, noch de dunne betonvloer werden ontworpen op de trillingbelasting van huishoudelijke apparaten. Dit is de meest waarschijnlijke oorzaak van de grote scheuren in de muren van de bijkeuken⁷.

⁷ Een (sterke) aardbeving duurde anno 2012 ongeveer één seconde. Met ongeveer 50 kleine bevingen gedurende dat jaar is de beving belasting hooguit 1 minuut, wel voldoende om zettingen in de fundering te veroorzaken. Een ouder type wasmachine die de centrifuge aanzet, draait minstens 5 minuten. Met één keer per week één was draaien is dat 250 minuten per jaar, dus ook **250 x zoveel trilling belasting dan alle aardbevingen bij elkaar**. In 10 jaar is de belasting dan ongeveer 2000 keer meer belastend de paar van de grotere bevingen die zich in 2012 hebben voorgedaan. .

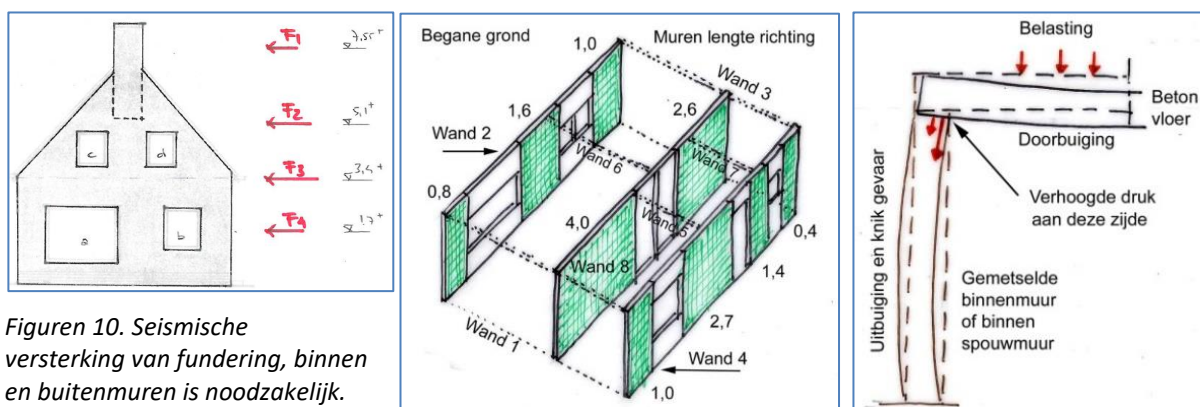
Figuur 9. Er bestaan verschillende methoden om verzakte vloeren en funderingen op te drukken.

Hoofdstuk 4. Diepe injectie kan hier niet mogelijk zijn (slappe kleigrond), en zou bij deze woning onder de hele fundering van de woning plaats moeten vinden.



11.2. Seismische versterking

Seismische gebouwbelastingen zijn horizontaal en verticaal. Deze horizontale krachten moeten in het vlak van onderliggende muren worden opgevangen. De onderliggende binnenmuren en binnen spouwmuren hebben echter deur- en raamopeningen die de sterkte beïnvloeden. Het gebouw heeft in de lengterichting (Y-as) drie muren; wand 2, wand 8 en wand 4, en in de X-as wand 1, wand 6 en wand 3.



Figuren 10. Seismische versterking van fundering, binnen en buitenmuren is noodzakelijk.

In Hoofdstuk 6 Versterking van Muren werd van deze woning de berekening van de binnenmuren aangegeven, ten behoeve van het opnemen van de horizontale gebouwbelastingen. Een doorbuigende betonnen etagevloer kan bij verticale bevestigingsbelastingen een excentrische belasting op de buitenmuren geven (Figuur 10 rechts), en voor de binnenmuren extra belasting op de funderingen.

Bij een keuze voor seismisch versterken moeten de verschillende krachten worden opgevangen, overeenkomstig met de werkelijk optredende $PGA_g < 0,05$ (na 2020). Echter, in 2014 bestond er het idee dat toekomstige maximale aardbevingen zouden kunnen oplopen tot een $PGA_g 0,42$ in het epicentrum (gemeente Loppersum), en ongeveer $PGA_g 0,32$ ter plaatse van deze woning. Op basis van deze onwaarschijnlijk hoge belasting werd er een ontwerp gemaakt met een doorlopende funderingsplaat en de reconstructie van de achtergevel.

De doorlopende funderingsplaat is in alle versterkingsoperaties een logische operatie, want bij deze woning is de fundering het zwakke element. Dat zal ook in 2021 het geval zijn. Om de betonnen stroken fundering overal te verbreden, ook onder de binnenmuren, is waarschijnlijk even kostbaar als een doorlopende fundering onder het gebouwtje te maken. Het keldereffect met de plaatselijke betere draagkracht wordt dan geneutraliseerd, want de hele nieuwe platformvloer draagt dan beter.

Omdat in 2021 de aardbevestigingsbelastingen onder de $PGA_g 0,05$ uitvallen, zijn bij dit model woning de raampenanten rondom het gebouw voldoende breed en sterk om de belastingen van het zoldervloer diafragma op te vangen, met uitzondering van de verzakte achtergevel, vooral rondom de bijkeuken.

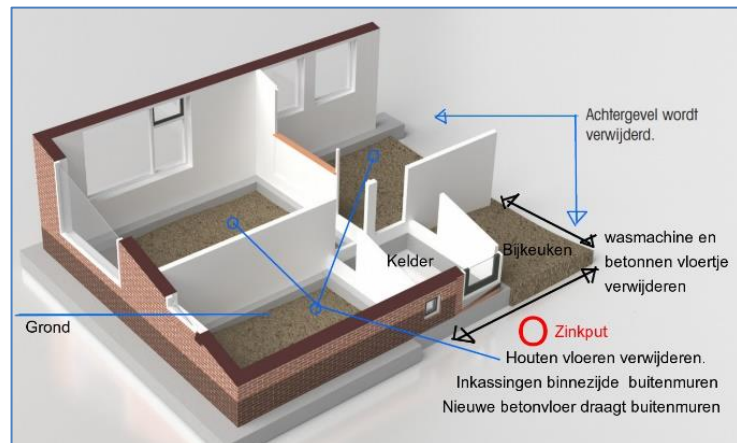
De spouwmuur kan dan verder versterkt worden door deze vol te spuiten met HD-PUR, waardoor de twee spouwbladen met elkaar verbonden worden. (+5 cm isolatie is $+R_c = 1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).

Het aan de binnenzijde versterken en isoleren (+15 cm glaswol = $R_c 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) van de buitenschil zal de begane grondvloer van de huidige 50 m^2 met ongeveer 5 m^2 verkleinen, hetgeen relatief veel is. Op de etage wordt het dan slechts 2 m^2 kleiner. Samen met de spouwmuur na-isolatie wordt de buitenschil dan ongeveer $R_c = 5,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en voldoet dan aan de 2021 BENG norm-waarden.

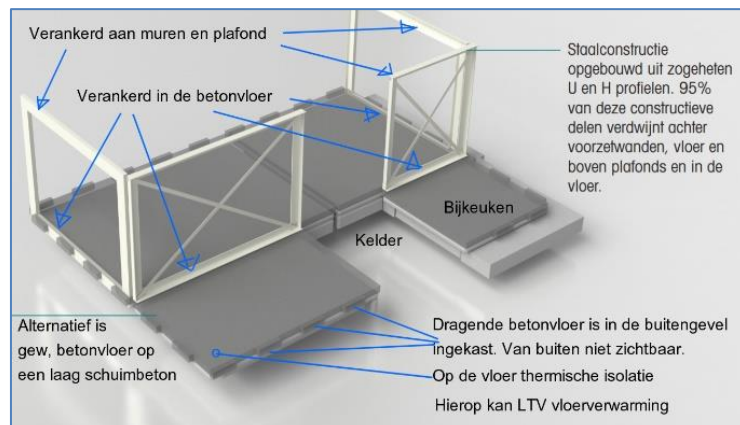
11.3. Uitgevoerd versterkingsprogramma

Op basis van dit hoge jaar 2014 NPR-waarde van PGAg 0,32 voor de gegeven locatie, werd er een versterkingsplan opgesteld. De volgende 3D-ontwerpen van Arcadis lichten dit toe.

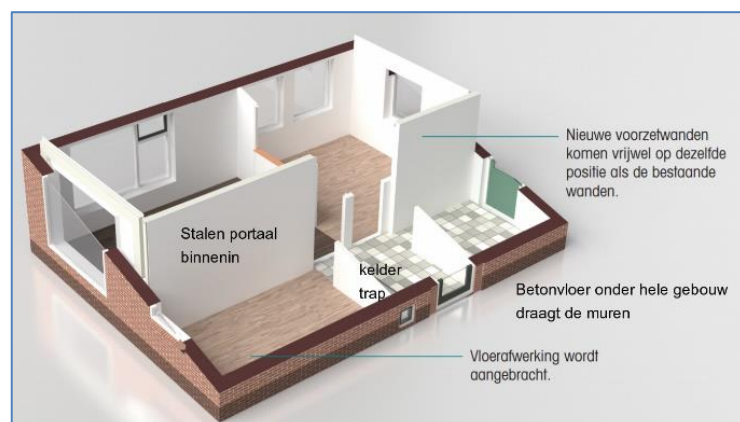
Figuur 11. De achtermuur en de hele begane grondvloer (hout) wordt verwijderd. Net boven de bestaande betonnen balken van de fundering worden inkassingen in de muren gemaakt. Op de zandgrond, afhankelijk van de hoogte van de kruipruimte wordt een laag gasbeton (schuimbeton) gestort tot aan de inkassingen.



Figuur 12. In de bovenkant van de betonvloer komt de negatieve wapening bovenin de inkassingen. Ook onder de binnenmuren wordt deze negatieve geplaatst. In de betonvloer kunnen ankers geplaatst worden waar de portalen aan worden bevestigd, of de portalen worden in de betonvloer ingestort. De portalen zijn strak tegen de buitenmuren aan geplaatst.⁸

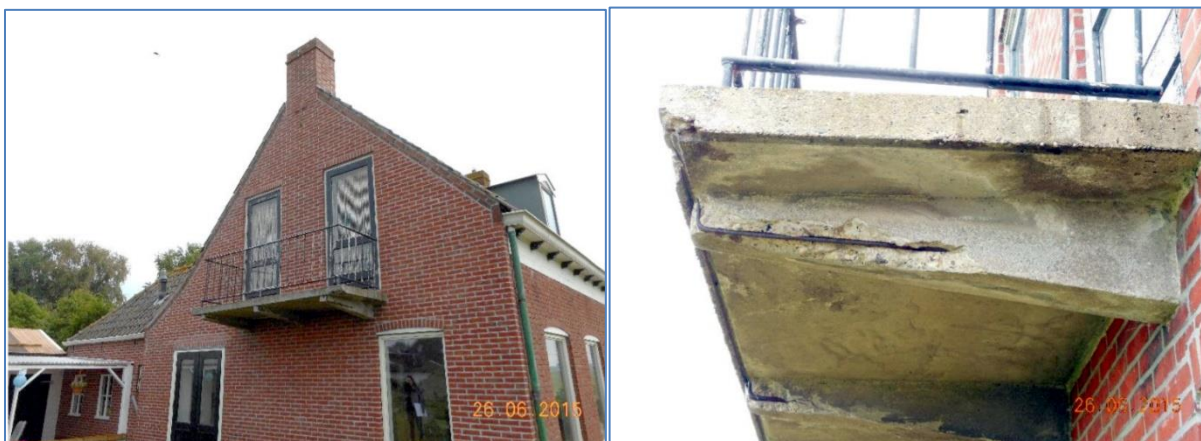


Figuur 13. De portalen worden in de binnenmuren opgenomen en tegen de buitenmuren komt een houtskelet constructie om deze te versterken. Ook op de etage wordt de borstwering versterkt.



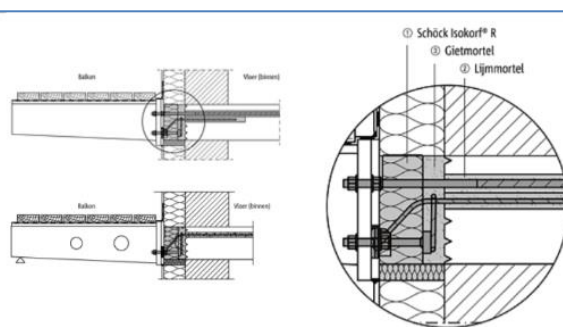
⁸ Het is ook mogelijk om de betonnen etagevloer te stempelen en de hele binnen muren te vervangen. Met de portalen op de plaats van de binnenmuren worden deze dan afgewerkt met voorzetwanden.

De achtergevel werd geheel vernieuwd vanwege de grote horizontale scheuren in de gevel en het balkon dat constructief aan de etagevloer zit vast gestort. Het balkon was verweerd.



Figuren 14. Overzicht en detail van het balkon. De bouwtekening van figuur 8 laat zien dat het aan de vloer is vast gestort. De slechte staat gaf aanleiding op het niet te reconstrueren.

Illustratie 3: Voorbeeld lichtgewicht balkon met of zonder kolom.
Bron: Isokorf



De bovengenoemde methode was gebaseerd op de verantwoordelijkheid van de NAM om het gebouw seismisch voldoende sterk te maken en de opgelopen muurschade te herstellen. In deze versterkingsoptie wordt de woning wel structureel verduurzaamd in sterkte, maar niet of nauwelijks op andere manieren. Om deze woning in haar geheel te verduurzamen zijn nog een aantal maatregelen nodig zoals het goed thermisch isoleren⁹.

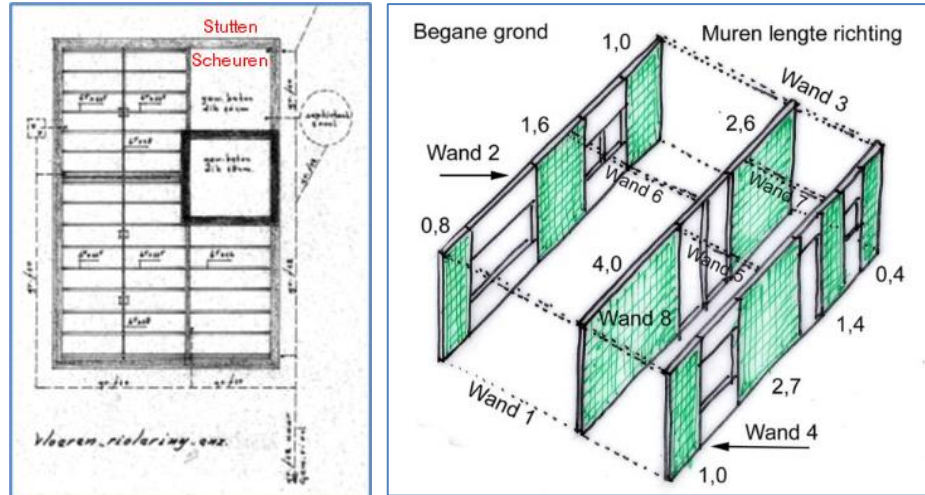
	Uitgevoerde maatregelen	Niet uitgevoerde maatregelen
1		Sonderingsonderzoek van de grond
2		Analyse van het effect van de wasmachine
3		Navragen waarom de straatgevel van het gebouw werd vernieuwd
4		Verwijderen/vervangen/verplaatsen van de septic-tank die waarschijnlijk mede oorzaak is van de verzakkingen.
5	Verwijderen van de hele achtergevel inclusief balkon.	Permanent verwijderen van de twee schoorstenen op de topgevels.
6	Slopen vloeren en maken van een platform fundering	Rekening houden met de noodzaak om een LTV vloerverwarming aan te leggen. Isoleren van de begane grondvloer.
7	Versterken van de binnenmuren	
8	Nieuwbouw geïsoleerde achtergevel	Vervangen van de topgevels boven de etage betonvloer met een lichtgewicht geveltop.
9	Nieuwe aanleg van alle elektra en andere leidingen binnen het gebouw.	Aanleg van warmtepomp, balansventilatie of andere maatregelen voor verduurzaming.
10	Versterken van de binnenzijde van de buitenmuren met een houtskelet.	Isoleren van de buitenschil van het gebouw. ¹⁰ Het verbeteren van de isolatiewaarde van de ramen.

⁹ Dit was uiteraard niet de opdracht of taakstelling van de NAM, maar wel onlogisch. Er was ook niet over gedacht om een financieringsmodel te ontwikkelen die een totale verduurzaming mogelijk maakte. Wanneer er sprake is van een ingrijpende verbouwing, zou de isolatie waarde van de woning opgewaardeerd moeten worden naar de dan geldende bouwnorm van 2015. Het was mij niet duidelijk of dat wel of niet was gebeurd.

¹⁰ Het was op basis van de tekeningen niet te zien of er wel extra isolatie werd toegepast.

11	Binnen afwerking van de muren en nieuwe keuken.	Aanpassing gang en toilet?
12	Versterken van borstwering op etage.	Isoleren van de borstwering op de etage. Isoleren van het dak.
13		Vergroten dakkapel voor meer woonruimte op zolder. (installaties).
14		Installatie PV of zonneboiler of PVT op het dak.
15		Eindresultaat publiceren

Figuren 15. Op basis van de grote horizontale scheuren in wand 3 en in wand 4 (rechts 0,4 breed) kan geconcludeerd worden dat de verticale belasting op wand 8 (breed 2,6) bij aansluiting wand 3 erg hoog moet zijn, omdat de etage betonvloer met het balkon aan de linkerkant hier op draagt.



Op basis van het getoonde plan is de woning wel sterker geworden, maar nauwelijks thermisch verduurzaamd. Door de vloer en de muren niet tegelijkertijd optimaal te isoleren (m.u.v. schuimbeton en de nieuwe achtergevel), komt de woningeigenaar straks voor extra kosten te staan indien deze dit alsnog wil doen. In het slechtste geval moet dan eerst de muurafwerking eerst verwijderd worden, geïsoleerd en later teruggeplaatst.

De woning (gebruiksoppervlak 136 m²) zal in 2014 zonder de grondwaarde (500 m²) wellicht € 100.000 tot € 150.000 waard zijn geweest, terwijl de hele versterkingsoperatie (uitgevoerd in 2016) ongeveer € 200.000 zou kosten (zonder verdere thermische verduurzaming). Waarna de versterkte woning (met de grondwaarde) dan in 2020 ongeveer € 200.000 waard zou zijn; dat is ongeveer € 150.000 minder dan de oorspronkelijke waarde plus de kosten van de versterking (samen € 350.000).¹¹

Op basis van deze berekening lijkt het goedkoper om de hele woning te slopen en er een nieuwe, goed geïsoleerde woning (anno 2015) voor terug te bouwen; dat is € 150.000 goedkoper, maar er is dan veel meer vernietiging van bouwmaterialen (en daarmee meer CO₂ uitstoot voor nieuwe bouwmaterialen). In het kader van circulair bouwen zou slopen en nieuwbouw erg nadelig voor het milieu zijn wanneer in de provincie Groningen geen aannemers en bedrijven werkzaam zouden zijn in de circulaire bouw die hergebruik van sloopmaterialen kunnen optimaliseren. In beide situaties (versterken of nieuwbouw) zal de bewoner voor een half jaar of langer andere huisvesting moeten hebben.

Het project werd enerzijds uitgevoerd als herstel voor de woningeigenaar en anderzijds als een testcase om te kunnen beoordelen in hoeverre of een dergelijke ingrijpende operatie wel economisch haalbaar zou zijn en makkelijk uitvoerbaar. Op eenzelfde manier werden er ook een paar andere woningen als gebouw typologieën versterkt met de toepassing van een volledige plaatfundering en zware metalen constructieve frames in die funderingsvloer vastgemaakt.

¹¹ Er werd later gesteld dat het slopen nieuwbouw overwogen zou moeten worden wanneer de herstelkosten met de eerdere woningwaarde meer dan 150% van de versterkte woning zouden zijn.

Dit voorbeeld geeft aan dat het versterken van veel gebouwen een complexe aangelegenheid kan zijn om eerst te bepalen wat precies de oorzaken van de schade zijn, vooral wanneer de oorzaken niet aan een enkel aspect toegewezen kunnen worden. De 2014 besluitvorming omtrent het al dan niet slopen en nieuwbouwen is daardoor dan ook vaak een emotionele beslissing.

11.4. Alternatief licht versterken

In verband met de verlaging van de officiële NPR9998:2020 tot PGAg <0,1 voor die locatie, zou een seismische versterking van dit soort woning niet meer volgens die NPR nodig zijn, maar de woningeigenaar zit dan nog wel met hele grote scheuren in de achtergevel en kleine scheuren op andere locaties. Het is vooral de achtergevel met onderliggende fundering die verzakt is, o.a. door de wasmachine in combinatie met de verdiepte kelder en wellicht de lekkende septic tank en regenwaterafvoer.

Met de bestuurlijke regeling van 6 november 2020 zullen andere woningeigenaren kunnen kiezen tussen het voorgestelde VersterkingsAdvies of opnieuw berekenen en een vergoeding krijgen, waarmee ze zelf dan kunnen besluiten welke maatregelen ze al-dan-niet willen toepassen.

De meest aangewezen opties zijn als volgt:

Uit te voeren versterkingsmaatregelen		Uit te voeren isolatiemaatregelen	
1	Nieuwe gesloten septic tank aanleggen op minstens 3 m van de gevel vandaan.	A	Isoleren b.g. vloer tot $R_c = 3,7 \text{ m}^2.\text{K/W}$
2	Vervangen en verleggen van de oude gresbuizen door PVC riolering langs de woning.	B	Aanleggen LTV vloerverwarming, aanpassen deuren
3	Opdrukken van achtergevel fundering door de toepassing van grond injecties of vul-paletten.	C	Nieuwe topgevels in houtskelet en isoleren met $R_c = 4,7 \text{ m}^2.\text{K/W}$.
4	Verwijderen van bakstenen topgevels en schoorsteen boven de etagevloer.	D	Binnenzijde buitengevels met licht houtskelet versterken en isoleren met $+R_c = 3.0 \text{ m}^2.\text{K/W}$ (wanneer HD-PUR)
5	Injecteren van de spouwmuren met HD-PUR zodat ze 3x zoveel sterker worden.	E	HD-PUR spouwmuur versterking geeft voor de muren $R_c = 1,7 \text{ m}^2.\text{K/W}$
		F	Nieuwe elektra en keuken op de binnenzijde van de buitenmuren.
		G	Triple glas in kozijnen
		H	Dakisolatie verhogen naar $R_c = 7 \text{ m}^2.\text{K/W}$
		I	Warmtepomp, PV of PVT panelen.
		J	Balans ventilatie systeem met WTW.

Figuren 16. Door de twee bakstenen geveltoppen en schoorstenen te verwijderen en te vervangen door een houten top, wordt de massa minder en kan er geen breuklijn op de etagevloer ontstaan. In de rechter foto zit de schoorsteen er nog, maar zal binnen wel gebarsten zijn.



Figuur 17. Door de 10-15 cm dikke isolatie op de binnen spouwmuur wordt wat woonruimte op de begane grondetage verloren. Op de eerste etage kan goede woonruimte worden gewonnen door de bouw van goed geïsoleerde dakkapellen.



Het is waarschijnlijk dat de eigenaar van deze kleine woning de uit te voeren isolatiemaatregelen, of maatregelen voor het levensloop bestendig maken (betere trap, sanitair) niet zomaar kan financieren zonder externe en makkelijk toegankelijke financieringsbronnen aan te boren.

11.5. Bungalow met twee vloerhoogten

Het tweede voorbeeld betreft een bungalow die met de 16 augustus 2012 Huizinge aardbeving flinke schade opliep. Het dak boven de woonkamer liep het risico dat het bij een volgende soortgelijke beving kon instorten. In de woonkamer werden steigers geplaatst om het dak omhoog te houden.



Figuren 18. De bungalow vóór(boven) en na de aardbeving (rechts). De steigers waren noodzakelijk om het naar buiten vallen van de terras pui tegen te gaan. De dakconstructie was te zwak en werd extra belast door de PV-panelen. De bungalow inclusief zijvleugel van twee etages was gebouwd in 1971 en gesloopt in 2015.



De bouwperiode van deze woning kenmerkte zich door matige kwaliteit. Wanneer de bouwkundige detaillering niet is doorgerekend op sterkte en er sprake is van onvoldoende toezicht op de uitvoering, kan een dergelijke woning structurele gebreken hebben die bij een aardbeving geaccentueerd worden.

Bij deze woning waren drie grote bouwkundige gebreken:

- A. De dakspanten over de woonkamer waren te licht uitgevoerd en doorgebogen. Dit was onder meer te zien aan de langere pootjes onder de recent geplaatste zonnepanelen.
- B. De dakspanten waren niet goed op de centrale schoorsteen opgelegd en ook niet verbonden.
- C. De grond onder de gang was niet verdicht en de vloer droeg niet op de binnenmuren.

Figuren 19. Goot en glazen pui langs het terras buigt naar rechts uit en naar buiten. Dak buigt door onder de PV. Dit was te zien aan de verhoogde pootjes onder de panelen.

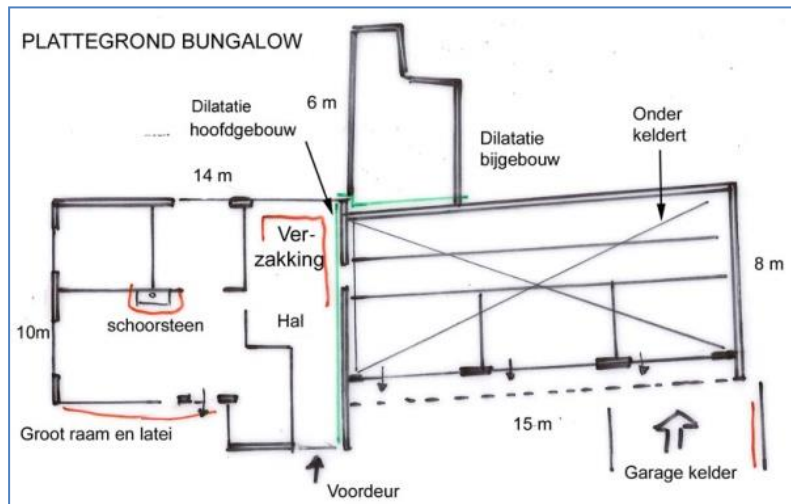
Onder. Te dunne dakbalken en spanten hebben geen of geen goede verbindingen aan de centrale schoorsteen/muur in de woonkamer. Door het wijken van de pui werden de balken van de te korte oplegging getrokken (foto rechtsonder).



Naast deze gewone bouwkundige gebreken waren er ook seismische onvolkomenheden:

- D. Het gebouw bestaat uit twee verschillende delen die samen een onregelmatige plattegrond en gebouwworm hebben en daarom van elkaar gedilateerd moeten zijn. Bij horizontale trillingen zullen hierdoor bij deze gebouwworm extra grote spanningen ontstaan.
- E. De fundering van het woongedeelte is hoger aangelegd dan het gebouwdeel met de slaapkamers en garage, waardoor er een verschil in grond draagvermogen ontstaat. Bij verticale trillingen resulteert dit in zettingsverschillen tussen de gebouwdelen.
- F. Het in een lage helling geconstrueerde plafond-dak boven het woongedeelte was niet als een diafragma uitgevoerd en had onvoldoende verbinding met de muren. (zie ook B.)
- G. De binnenmuren zijn halfsteens en kunnen geen grote seismische belastingen opnemen.
- H. De raampenanten zijn niet gelijkmatig over de zijmuren verdeeld, waardoor in delen van het gebouw torsie zal optreden.

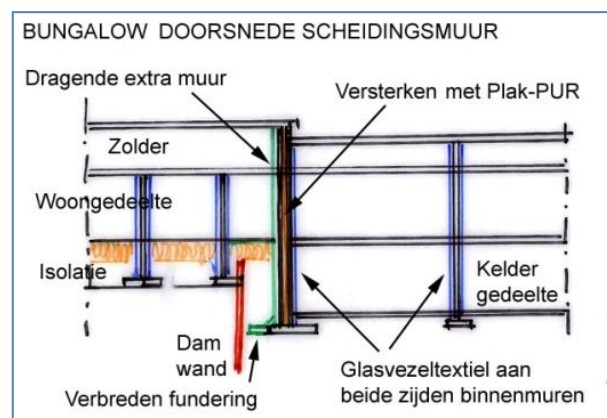
Figuur 20. Plattegrond met rechter gedeelte lager aangelegd. Spouwmuren aan de buitenkant en de halfsteens binnenmuren. De rode lijnen geven de schade zones aan. De groene lijn geeft de noodzakelijke dilatatie aan. De dilatatie betekent dat er een extra constructie (muur?) gemaakt moet worden om het dak te dragen.



In de bouwperiode van de jaren-70 functioneerden halfsteens binnenmuren als onderdeel van de dragende constructie en de gebouwtijfheid tegen zware windbelasting. Deze halfsteens binnenmuren zijn echter niet sterk genoeg om dwarskrachten van een aardbeving in het vlak van de muur op te vangen en moeten daarom versterkt worden. De open gevels aan de zuidkant zullen bij een beving in de lengterichting van het gebouw torsie veroorzaken. Het constructief niet meetellen van de halfsteens binnenmuren is geen optie, omdat dan de niet-ondersteunde horizontale lengte van de spouwmuren groter wordt dan twee maal de vrije hoogte.

Het hoogteverschil in de fundering, gecombineerd met de matige kwaliteit van de uitvoering uit de jaren-70, veroorzaakt zetting van direct op de grond gestorte fundering strips en verzakking van de vloeren. Seismisch dilateren langs de scheidingsmuur vereist een additionele draagconstructie om het dak te ondersteunen (groene lijn in schets). Omdat de scheidingsmuur op dezelfde diepte is gefundeerd als het rechter gedeelte zou een seismische dilatatie het best links van deze muur kunnen plaatsvinden. In dat geval dient de hal-vloer verwijderd te worden, de funderingen van de hal binnenmuur gestabiliseerd (damwand, rode lijn), en daarna de dilatatie op een aanvullende fundering strook gezet (groen).

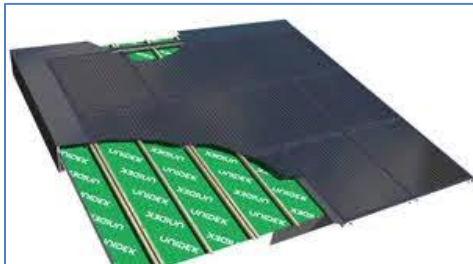
Figuur 21. Het rechter slaapgedeelte, kleder en garage heeft de minste schade en behoeft weinig versterking. Tussen het twee- etage slaapgedeelte en het woongedeelte moet een dilatatie en nieuwe dak-draagconstructie komen.



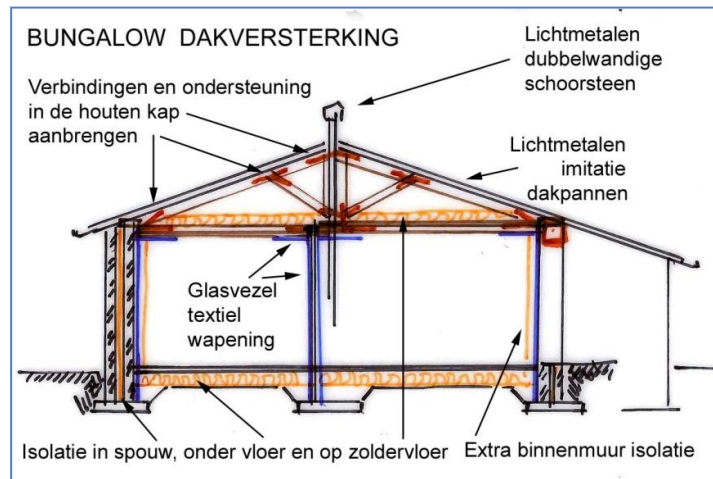
De aardbevingskrachten zijn evenredig aan de massa van de constructie. Bij een vermindering van de massa zullen ook de belastingen op de constructie minder worden.

Omdat in het schaderapport is aangetoond dat de kapconstructie te zwak is uitgevoerd, blijft het versterken en verankeren van bestaande spanten wel nodig. Voor een mindere belasting zijn er de volgende opties:

- A. Het verwijderen van het gewicht van de zonnepanelen, de schoorsteen en de dakpannen, en de dakpannen vervangen door een lichtgewicht metalen dakbedekking¹² of Ruberoid of EPDM¹³. Bij een dergelijke oplossing is het goed thermisch isoleren van het nieuwe dak wel nodig. Dit geeft tevens een hogere belasting.
- B. Toepassen van integrale en goed geïsoleerde dak-elementen met dak-folie PV. Dit is de meest economische oplossing.
- C. Wanneer direct onder het dak niet geïsoleerd wordt kan er boven het plafond geïsoleerd worden, hetgeen ook een economische oplossing is.



Figuren 22. Grote, lange, zelfdragende en goed geïsoleerde dakpanelen zijn voorzien van PV cellen. Met spanten versterken is als verdere isolatie optie het isoleren op het plafond van de woonkamers.



Figuur 23. Zonder de dak belasting, moet de uitgebogen latei boven het grote raam teruggedrukt worden én horizontaal versterkt, én het plafond diafragma moet versterkt worden.



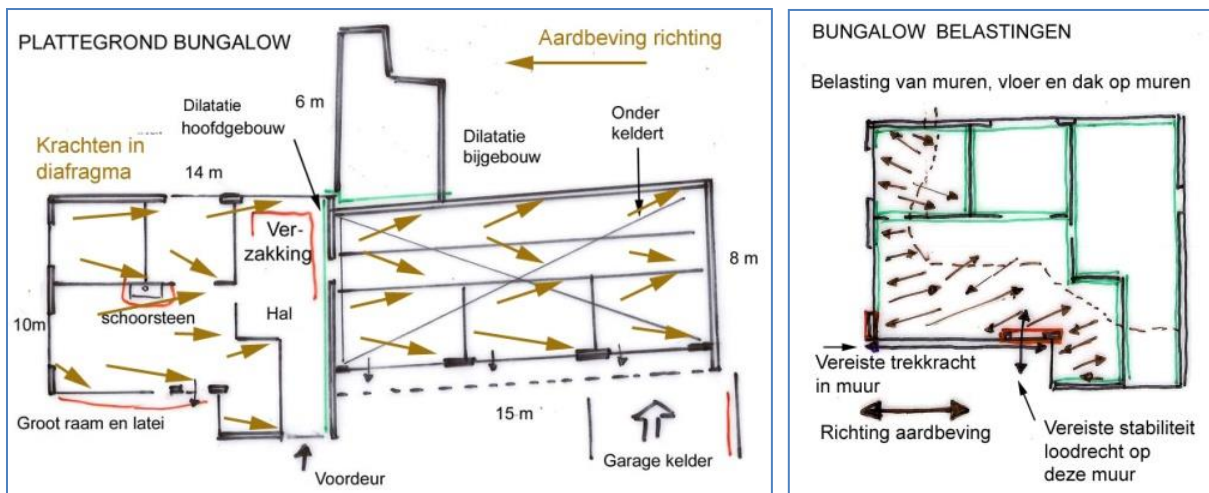
11.6. Veranderen van raam/deur indeling ter versterking

De terrasgevel (Figuur 14, rechts van de vlaggenmast) is vanaf de hoek sterk verzwakt vanwege de combinatie groot raam en terrasdeuren, terwijl de dwars gevel (links van de vlaggenmast) ook een groot raam heeft. Een groot gedeelte van de krachten van het plafond van de woonkamer met de schoorsteen moeten door deze hoek worden opgevangen.

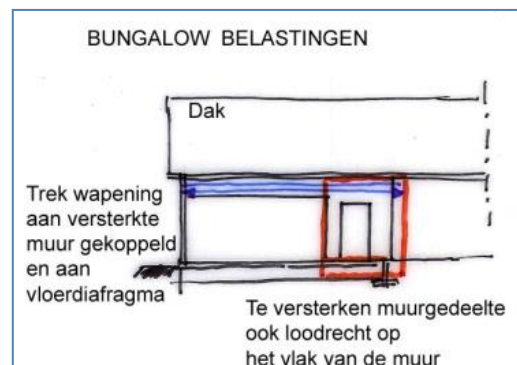
Het seismisch versterken kan geschieden door de terras zijdeur te laten vervallen en dat muurgedeelte aanzienlijk te versterken. Ook het stukje dwarsmuur met raam dient aanzienlijk versterkt te worden.

¹² Zie voor lichtmetalen daken bijvoorbeeld Stanacol® van: <https://www.nautracom.com/dakpannen.htm> en <http://www.nieuwdakin24uur.be/overzetdaken/coversys-productinfo> beide in verschillende modellen en kleuren.

¹³ Zie bijvoorbeeld <http://www.aabosolar.nl/Nieuws-en-artikelen/Aabo-Eurostyle-Epdm-dakbedekking-met-gentegreerde-zonnepanelen.html> http://www.dakdekkers.nl/pdf/folder_solar_epdm.pdf en http://www.solar-constructions.com/nl_bus_bipv.html



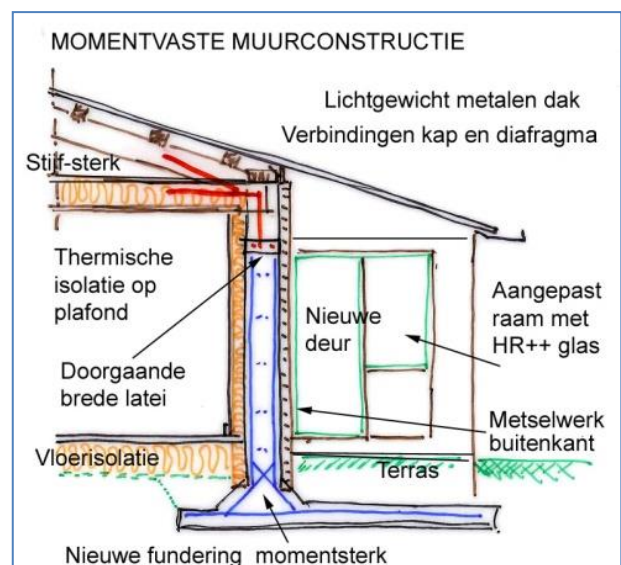
Figuren 24. De open façade van beide gebouwdelen hebben geen sterkte tegen zijwaartse bevingsbelastingen. Door een sterk muur element in de linker terras façade te bouwen kan dit probleem daar worden opgelost.



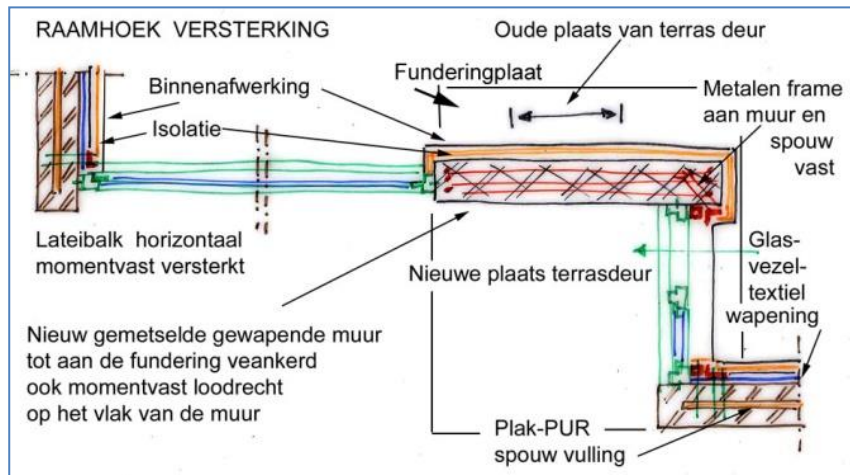
Het grote raam in de zijgevel resulteert in een slank penant aan het muureinde. Door in die zijgevel een sterke, lang doorlopende latei in te bouwen door middel van RVS lintvoeg wapening, worden de krachten op het rechter einde van de muur teruggevoerd naar het brede penant aan de linkerkant van die muur. Dat wil zeggen als er een stijf plafond/dak diafragma is.

Door de deur van het terras naar het zijraam te verplaatsen kan de oude locatie worden vervangen door een volledig horizontaal en verticaal gewapend stuk metselwerk of momentsterk frame dat aan een bredere fundering is gekoppeld. Met de verplaatste deur in de zijkant, is een momentsterk stalen frame een additionele verbinding met de voorste buitengevel onderaan rechts. Dit frame wordt ook aan de uitgebreide funderingsplaat gekoppeld.

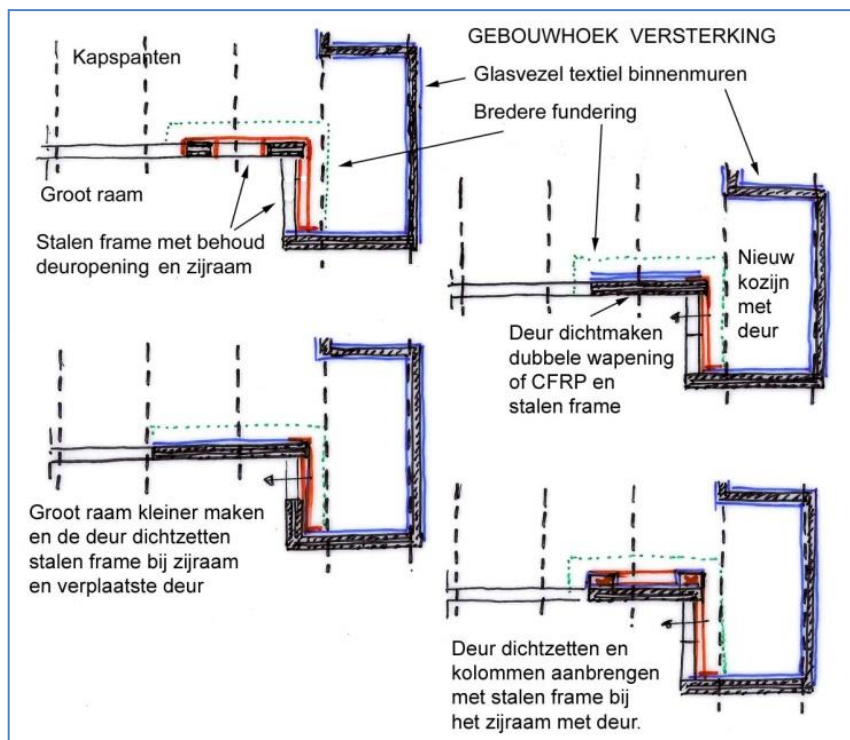
Figuur 25. Overeenkomstig de bovenstaande schets kan een gedeelte van de terras muur worden opgetrokken als een sterk element dat onder het terras verbreedt wordt zodat het zijwaartse krachten kan opvangen. Tegelijkertijd moeten alle verbindingen in het dak goed worden uitgevoerd en een strek stijf plafond of dakdiafragma gemaakt.



Figuur 26. De horizontale doorsnede van de bovenstaande oplossing is hier weergegeven



Figuur 27. Verschillende opties om de binnenhoek bij het terras te versterken met een extra versterkt element dat aan het sterke en stijve plafonddiafragma is verbonden. Links onder een versterkte wand met verbrede fundering onder het terras.



Wanneer de verticale wapening in het vlak van de muur ook momentvast in een nieuwe bredere funderingsplaat is verankerd kan deze muur ook krachten loodrecht op het vlak van de muur opnemen, waardoor het stalen frame in het zijraam klein kan blijven.

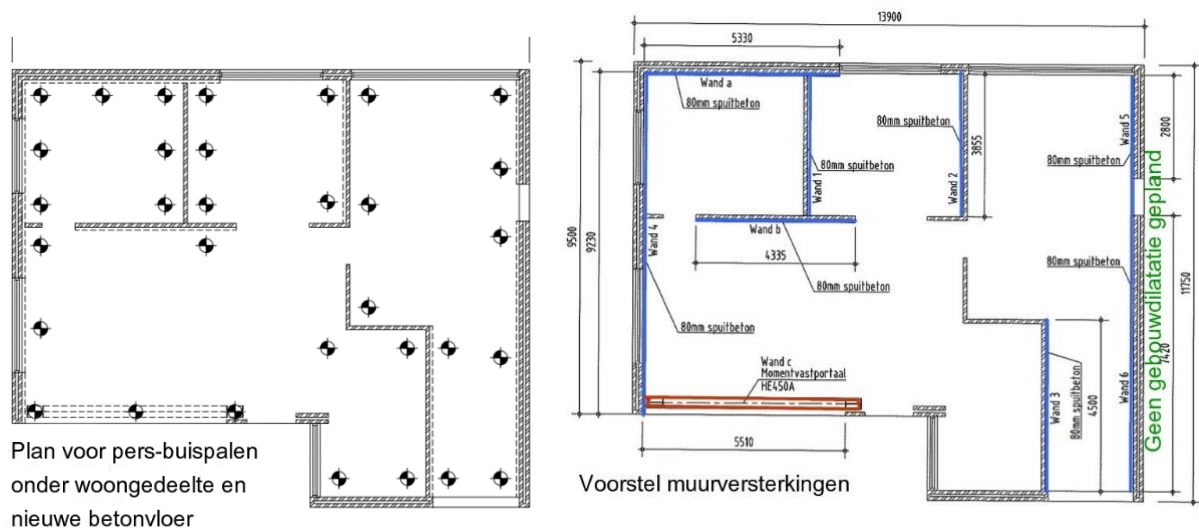
De optie van constructief sterke glaspanelen is hier minder goed mogelijk omdat de zijdeuren aan de zijkant open moeten kunnen. Het maken van sterke glaspanelen in de lange terras deuren kan de belasting van het dak loodrecht op deze gevel niet opvangen.

11.7. Het versterken van de dragende binnen- en buitenmuren

In 2014 werd na schademelding en schade onderzoek door een ingenieursbureau een herstelplan gemaakt op basis van de maximale PGAg in het epicentrum van PGAg = 0,42 en ter plaatse van deze woning PGAg = 0,32.

Vanwege de hoge aardbevingsbelasting werd gekozen voor:

	Geplande versterkingswerkzaamheden	Niet geplande/begrote werkzaamheden
1		Het maken van gebouwdilataties.
2	Het verwijderen van de bestaande houten vloer van het woongedeelte	Herzien van vloerconstructie van slaapkamer vleugel (misschien niet nodig)
3	Plaatsen van perspalen volgens tekening	Controle van de fundering van het slaapkamer gedeelte.
4	Maken van een betonvloer over de palen met verbindingen voor muren en portaal.	Vloerisolatie en optie voor LTV verwarming
5	Aanbrengen van 8 cm spuitbeton op wapening op binnenmuren en binnen spouwmuur volgens plan. Nieuwe elektra leidingen.	Isoleren van de buitenschil muren/dak. Verbeteren van kwaliteit isolatieramen. Verwijderen en herplaatsen van de keuken.
6	Plaatsen van een portaal over de hele lengte van de glazen pui van het terras.	Triple glas puien.
7	Extra dakspanten plaatsen en bestaande dakspanten versterken en verbetering van muur verankeringen.	Verstijving van plafond of dakvlak als diafragma.
8		Verwijdering van schoorsteen. Isoleren van het plafond of dak.



Figuren 28. Eerste versterkingsvoorstellen van het woongedeelte van de bungalow met palen en spuitbeton.

In dit voorstel werden de halfsteens binnenmuren en het binnen spouwblad van de buitenmuren versterkt met 8 cm spuitbeton. In hoofdstuk 5 Versterken van Muren, werd spuitbeton niet als een versterkingsoptie aangegeven omdat dit een zware methode is, (zware aardbevingen), en niet voor de lichte soort bevingen in de provincie Groningen. Echter in 2014 was de constructeur verplicht met de toen geldende PGAg te rekenen.

Figuren 29. Spuitbeton.
Foto's 2011, door Appleton



Uit document : <http://www.civil.ist.utl.pt/~rbento/tmp/SEVERES/DTC-2013-HM-RB-Task6.pdf> 10,6 MB

De voor- en nadelen van spuitbeton of *shotcrete* zijn:

- In verband met de toegepaste verwerkingstechniek is het slechts geschikt voor grote oppervlaktes.
- Snelle werkmethode voor grote aaneensluitende grote oppervlaktes.

- c) Kan makkelijk verwerkt worden wanneer het op maaiveld niveau wordt toegepast.
- d) Zeer hoge sterktecapaciteit. De sterkte toename is groter dan de extra toename van de aardbevingsbelasting ten gevolge van de extra massa.
- e) Goede hechting bij onregelmatige oppervlaktes van de schoon gekapte muuroppervlaktes. Bij steens metselwerk van oudere gebouwen is het binnen oppervlak van de baksteen muur erg ruw.

Figuren 30. Na het wegstrippen van de tengels van steens binnenmuren zijn de oppervlaktes vaak erg ruw en onregelmatig waardoor het opplakken van GVTW of CRFP pas mogelijk wordt na het egaliseren van de muren.

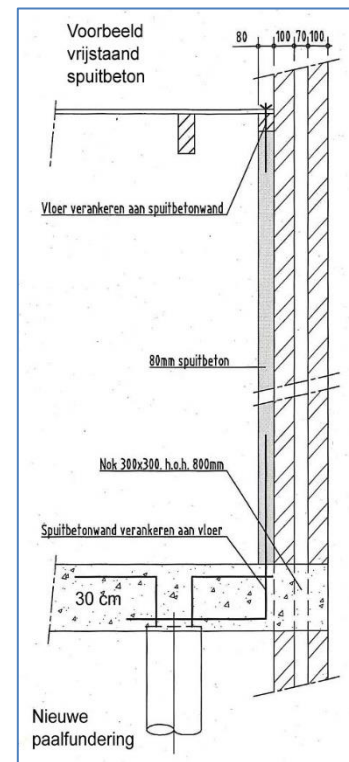


- f) Vlechtwerk van betonstaal is aan te passen aan elke vorm muren, terwijl de toepassing van wapeningsnetten voor grotere oppervlaktes mogelijk is.
- g) Integratie van staalprofielen en gewapend beton kolommen mogelijk.
- h) Sterke verbindingsmogelijkheden met betonnen (systeem) vloeren en met dwarsmuren.
- i) Voorkomen van scheuren ten gevolge van nieuwe aardbevingen in het versterkte metselwerk.
- j) Weinig toegevoegde ruimte aan de binnenkant van de muur (80 mm), echter dit is veel meer dikte dan bij glasvezel textiel wapening (GVTW) of CFRP.¹⁴

Figuur 31. Bij de toepassing van GVTW zouden de binnenmuren allemaal tweezijdig versterkt moeten worden om te kunnen voldoen aan de minimum waarden van de NPR voor structurele muren en de hoge NPR.



Figuren 32. Het schema van Figuur 28 geeft aan waar na verwijdering van de b.g. vloer de perspalen komen.



¹⁴ Het ruimtegebruik is weinig relevant omdat aan de binnenkant van het metselwerk van de buitenmuren meestal een aanzienlijke dikte aan thermische isolatie moet worden toegepast, vaak 15-20 cm dik om een $R_c = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ te behalen.

Het verwijderen van de hele begane grondvloer van het woongedeelte was nodig, omdat in het ganggedeelte deze vloer was weggezakt, vanwege onvoldoende verdichting van de grond voor het storten van die vloer. het ganggedeelte zit naaste de dieper gelegen zijvleugel.

Deze gangvloer was niet in de tussenmuur opgelegd. In de begroting was nog geen dilatatie tussen de gebouwdelen opgenomen (wel nodig). De begrote kosten van de verschillende versterkingen op basis van de toen geldende NPR waren zeer hoog en aanleiding om het hele gebouw te slopen. De eigenaar van het gebouw zal gecompenseerd zijn voor de dagwaarde van het gebouw van vóór de schade.

11.8. Alternatief licht versterken bungalow

In verband met de verlaging van de officiële NPR9998:2020 tot PGAg <0,05 zou een seismische versterking van dit soort woning niet meer nodig zijn, maar de woningeigenaar zit dan nog wel met een doorgezakte loshangende kap, uitgebogen terrasgevel en een weggezakte vloer. De spouwmuren waren hier nagevuld met EPS korrels.

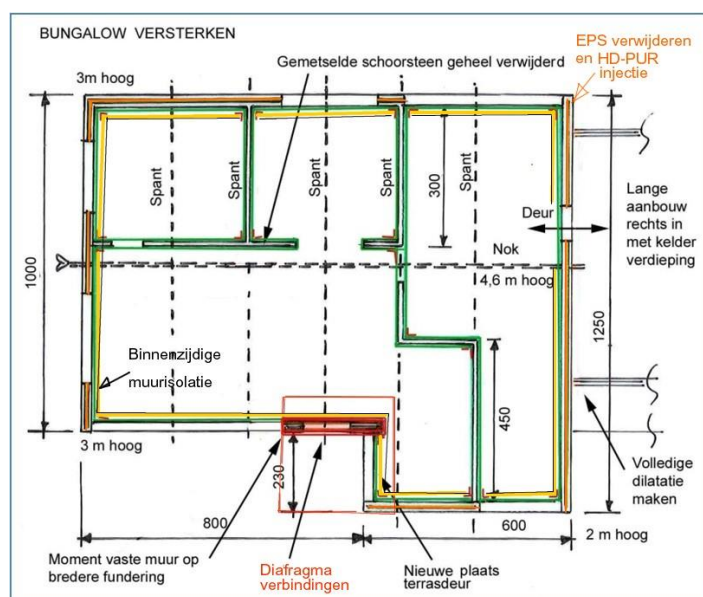
De meest aangewezen opties zijn als volgt:

Uit te voeren versterkingsmaatregelen		Uit te voeren isolatie maatregelen	
1	Verwijderen vloer in gang en keuken gedeelte.	A	Isoleren b.g. vloer tot $R_c = 3,7 \text{ m}^2/\text{K/W}$
2	Maken van een dilatatie dwars door de woning en draagconstructie dak.	B	Aanleggen LTV vloerverwarming, aanpassen deuren
3	Versterken dakspanten en aan de buitenmuren bevestigen. Plafond of dak diafragma maken.	C	Verlichten van de dakconstructie en isoleren tot $R_c = 7,0 \text{ m}^2/\text{K/W}$.
4	Rechtzetten terrasgevel en een versterkingsoptie volgens figuren 23.	D	PV of PVT op het dak voor energie productie.
5	Leegzuigen spouwmuren en opnieuw injecteren met HD-PUR zodat ze 3x zoveel sterker worden.	E	Binnenzijde buitengevels met licht houtskelet versterken en isoleren met $+R_c = 3.0 \text{ m}^2/\text{K/W}$ (wanneer HD-PUR)
6	Maken nieuwe vloer in gang en keuken gedeelte.	F	Betere terras pui met Triple glas in kozijnen
		G	Warmtepomp, PV of PVT panelen.
		H	Isoleren slaapkamer gedeelte. Vloer, muren, glas, daken

Als nieuwe b.g. grondvloer is het wellicht economische wanneer de hele b.g. vloer vervangen wordt door een goed geïsoleerde systeemvloer zoals \perp balkjes met EPS dragende elementen (figuur 29).

Als alternatief op een licht houtskelet constructie aan de binnenzijde waar de binnenzijdige muurisolatie tussen zit kunnen de binnenmuren ook versterkt worden met GVTW, maar met een HD-PUR injectie in combinatie met een sterk dak diafragma is dat bij een PGAg < 0,05 niet nodig.

Figuur 33. Bij een hogere aardbeving belasting bestaat de mogelijkheid om in plaats van een licht houtskelet constructie de binnenmuren tweezijdig te versterken met GVTW. In de situatie van tweezijdig versterken zal de keukeninricht eerst verwijderd en dan teruggeplaatst moeten worden. Dit kan ook problemen opleveren met het toile , of badkamer.



Figuur 34. EPS vloerelementen I balkjes metaal. Spouwmuren versterkt met HD-PUR. Aan de binnenzijde van de spouwmuren is een extra isolatielaag aangebracht om aan de isolatie normen te voldoen.

In het onderhavige geval zou de hele woonkamer vloer ook meegenomen kunnen worden en er een LTV op de vloer kunnen worden aangelegd.



De rechterzijde van het woongedeelte moet een nieuwe muur of andere dragende constructie krijgen om de dilatatie te maken en de dakconstructie te dragen. De binnenmuren moesten worden versterkt om de dwarskrachten op te vangen. De dakspanten moesten worden versterkt en er moest een dakdiafragma gemaakt worden. Onder het terras is een L-vormige fundering gemaakt waar het portaal in is verankerd.

In de financiële analyse van een dergelijke woning kunnen er additionele kosten zijn die het resultaat zijn van de werkmethode. Een voorbeeld is het verwijderen en terugplaatsen van een keuken of badkamer. De wensen van de woningeigenaar kunnen ook invloed hebben oer het al-dan-niet versterken of slopen en nieuwbouw. Voordat er een besluit genomen kan worden zijn er meestal 15 tot 20 gesprekken nodig tussen de verschillende partijen.

11.9. Garage op zandvulling achter de woning

Dit **derde voorbeeld** van een schademelding is van een garage waar verschillende aspecten meespeelden in de schadebeoordeling en het vervolgtraject.

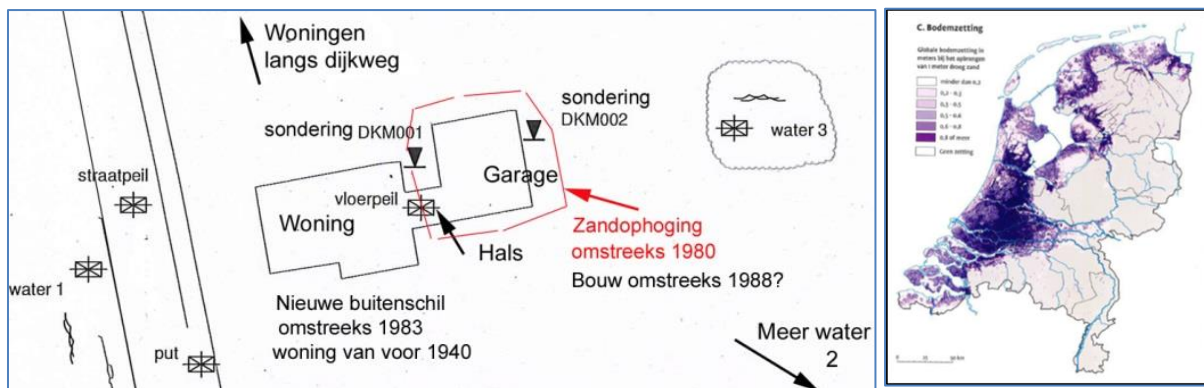
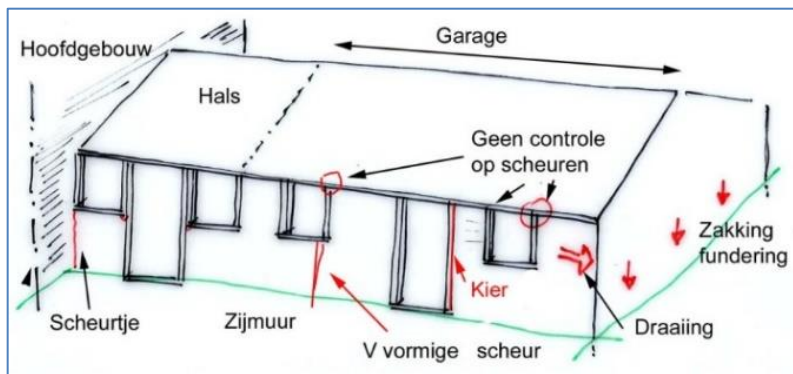
Het heeft lang geduurd (tussen september 2012 en medio 2014)¹⁵ voordat er een voor de woningeigenaar accepteerbare beslissing was betreffende de uitvoering van het muurherstel. De volgende partijen worden genoemd:

- Eigenaar = de gebouweigenaar die de garage heeft laten bouwen.
- Opnemer = de schade opnemer van een extern schade expertisebureau.
- Contact = de coördinator of contactpersoon van de NAM.
- Begroter = het calculatiebureau dat een kostenberekening maakt van de reparaties.
- NAM = de organisatie die de kosten van de opnemer en de muurherstel rekeningen betaalt.
- Ingenieur = het ingenieurbureau dat de berekeningsvoorstellen maakt.
- Architect = het architectenbureau dat de verbouwtekeningen en de begroting maakt.
- Sondeer = het geotechnische bureau dat de sonderingen uitvoert.
- Expert = de aardbevingsdeskundige ingenieur.
- BoWoTo = Bouw en Woning Toezicht van de gemeente of provincie.

De schade aan de garage blijkt hoofdzakelijk over de verticale zetting van de fundering te gaan. De Eigenaar kwam pas in december 2012 aan de beurt voor een bezoek van de Opnemer, die door het Contact van de Nam werd aangesteld. Op basis van de opname werd door de Begroter een budget voorgesteld om de muren te herstellen.

¹⁵ Dit blijkt achteraf helemaal niet lang te zijn geweest. De meeste probleemgevallen duren meerdere jaren.

Figuren 35. Zijgevel van de aanbouw met foto's van de rechterkant van de aanbouw, V-scheur en draaiing.



Figuren 36. Links: geconstateerde zandophoging.

Tekst van rechter afbeelding Nederlandse kaart : **C. Bodemzetting**. Globale bodemzetting in meters bij het opheven van 1 m droog zand. Dit heeft betrekking op dit schadegeval.

De Opnemer maakte een schaderapport met foto's en beoordeelt de schade als aardbevingschade.

De onderstaande acht issues worden hieronder in het kort uitgewerkt.

Issue 1. Een Opnemer is gecontracteerd om de schade aan het gebouw van de Eigenaar te beoordelen. De Opnemer had een **beperkte technische kennis** om alle aspecten die met gebouw- en bevingsschade te maken hebben te beoordelen. In 2014 werden er nog een groot aantal schaderapporten gemaakt, die een onvoldoende analyse van de oorzaken van de gebouwschade weergaven.¹⁶

¹⁶ Door het geven van bouwkundige trainingen op basis van verschillende case-studies en analyse, zou het inzicht van de Opnemers verbeterd worden, waardoor er minder discussies omtrent de rapportages ontstaan.

Issue 2. De Sondeer organisatie is in zijn branche ervaren en gecertificeerd, maar werd slechts in een **late fase** bij dit schaderapport betrokken. In die late fase werd pas duidelijk dat de garage op een extra zandpakket was neergezet.

Echter, de Opnemer of de Sondeerorganisatie heeft geen putje naast de fundering gegraven om te zien of er voldoende brede fundering stroken onder de verschillende garagemuren liggen. Er is ook niet gekeken of de breedte van de fundering onder de zijmuren verschillend is van de breedte van de fundering onder de zwaardere achtermuur van de garage.

Het organiseren en uitvoeren van een paar sonderingen is een vrij kostbare zaak. Een ploeg die ter plaatse met een sondering bezig is, moet dan ook een paar putjes naast de funderingen graven om te kijken hoe breed de veranding is of de funderingsstroken zijn.

De hoge in baksteen gemetselde achtermuur ontvangt ook de belasting van de betonnen dakpannen. De lage zijmuren met ramen (figuur 30) zijn aanzienlijk lichter dan de achtermuur. Hierdoor is een zettingsverschil ontstaan tussen de fundering van de achtermuur en de funderingen van de zijmuren.

Omdat het zandpakket nog steeds aan zetting onderhevig is, is er ook enige zetting ontstaan tussen de woning en de garage als geheel. Hier zat geen dilatatievoeg.



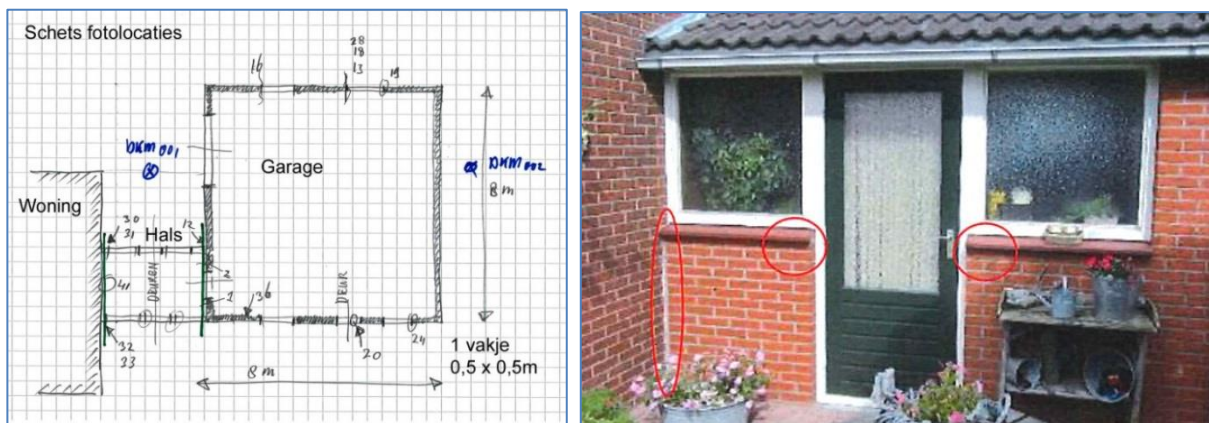
Figuren 37. Zware achtermuur. Controle van de fundering aanlegdiepte en breedte. Het enige schetsontwerp van de aanbouw, zonder detaillering fundering.

Omdat de belasting van de achtermuur minstens twee maal zo hoog is als die van de zijmuren, zou de fundering onder de achtermuur ook twee maal zo breed moeten zijn als onder de zijmuren. Op het beschikbare schetsontwerp is echter géén fundering aangegeven. Ook is niet aangegeven hoe de dakbelasting via de spanten of anders op de lagere zijmuren wordt overgedragen. Een puntlast zal dan plaatselijk een verbreding van de fundering vereisen.

Issue 3. De **toevoeging van een zandpakket** achter het woonhuis en als ondergrond van de garage fundering is tijdens een oppervlakkige inspectie niet te constateren. Echter de Opnemer had kunnen constateren dat er achter de garage een watertje lag en even verderop een paar sloten. Omdat alleen in de garage scheuren zaten en niet in het veel oudere woonhuis, had de Opnemer bij de Eigenaar de bouwgeschiedenis van deze garage kunnen navragen.

Het oude woonhuis (van vóór 1940) had een **andere architectuur** en gevelsteen dan de nieuwbouw van de garage. De Opnemer had dit makkelijk kunnen constateren. Meestal heeft een fundering onder het oude woonhuis een uitgetande gemetselde fundering op staal, terwijl onder de nieuwbouw van de garage dan een modernere betonnen strook fundering is toegepast.

Aanbouwen zoals bijkeukens, schuren of garages zijn vaak van een latere datum dan het hoofdgebouw. Zettingen tussen een nieuwe aanbouw en het oudere hoofdgebouw zijn zeer veel voorkomend bij funderingen direct op de ongeroerde grond direct onder het maaiveld ('op staal'). Indien er scheuren tussen het hoofdgebouw en de aanbouw zitten moet de bouwgeschiedenis worden nagevraagd. Ook hier kan het graven van putjes langs de fundering aangeven of de funderingen onder het hoofdgebouw en de aanbouw wel van hetzelfde type zijn. Bij verschillende fundering soorten komt bijna altijd zetting verschil voor. Dit had de Opnemer moeten weten.



Figuren 38. Foto's van het halsstuk tussen garage en de woning. Kleurverschil in baksteen duidt op latere bouw.

Issue 4. In 2015 bleek dat de slechts fundering door de vorige gebouweigenaar op het zandpakket was gebouwd. De nieuwe Eigenaar heeft de garage op de destijds al bestaande fundering gebouwd. Echter, er is geen fundering tekening aanwezig; ook de bouwtekening (foto vorige pagina) is zeer summier. De vraag is of er wel een tekening was die door Bouw en Woning Toezicht is goedgekeurd. Aan de hand van de summiere schets kan al geconstateerd worden dat de hogere achtermuur een grotere fundering belasting zal hebben dan de lage zijmuren. Een competente ambtenaar van BoWoTo zou direct gezien hebben dat een identieke funderingsaanleg van de kopgevel en de zijgevels op de duur een zettingsverschil gaat opleveren, en de aangeleverde schets NIET goedkeuren.

Als de aanbouw vóór 1992 illegaal is uitgevoerd, is deze door het niet nalevingsbeleid van de controle op de bouwvergunningen in 2012 legaal geworden (20 jaar na datum). Het punt van de legale of illegale aanbouw is daarom niet meer relevant. Door de 20 jaar legalisatieperiode, is een aanbouw met een eventueel te smalle fundering ook goedgekeurd.

Op basis van de ouderdom van de aanbouw kan men dus stellen dat het garagegebouw in ieder geval gelegaliseerd is; of de fundering te smal is voor de belasting doet er dan niet meer toe. Ook als op de bouwtekening een bredere fundering staat, maar deze is smaller uitgevoerd, is dat door verjaring en gebrek aan controle door BoWoTo gelegaliseerd.

Issue 5. Het Nederlandse grond zettingskaartje (*Figuren 36, rechts*) geeft aan dat er in de provincie Groningen veel gebieden zijn die minstens 30 cm grond zetting (of inklinking) zullen ondergaan bij een zandophoping van 1 meter. Dit was in 2009 reeds algemeen bekende informatie.

De vorige gebouweigenaar deed er daarom verstandig aan om niet direct de garage aanbouw uit te voeren, maar eerst de natuurlijke inklinking te laten geschieden, of dat de grond aanvullend mechanisch werd verdicht. Tenslotte is niet bekend of de vorige eigenaar wel een zware in baksteen gemetselde kopgevel in gedachten had.

Indien er sprake is van een groot tijdsverschil tussen oude en nieuwe bebouwing, of tussen de hoogtes of belasting van de oude en nieuwe aanbouw die op de vaste grond zijn gebouwd, is het essentieel om tussen de oude bouw en de nieuwe aanbouw een dilatatievoeg toe te passen die eventuele verticale zettingen kan opvangen. Verticale scheuren tussen hoge en lage bouwdelen en scheuren tussen nieuwe en oudere bouwdelen die op de vaste grond zijn gebouwd, zijn algemeen voorkomend.



Figuren 39. Een lage aanbouw naast een hoger of ouder hoofdgebouw zal bijna altijd een scheur op de aansluiting ontstaan.

Deze halsverbinding tussen hoofdgebouw rechts en schuur links is bijna identiek aan de garage aanbouw, met identieke bouwfouten. Aan de bovenkant midden en recht is de aanbouw gescheurd. Onder het raam is hier oud invulmetselwerk te zien met scheuren.



Op basis van het bovenstaande kan men stellen dat de verticale scheuren tussen het oude hoofdgebouw en de nieuwe aanbouwarage niet bijzonder zijn en behoren tot gewone bouwscheuren, en hadden voorkomen kunnen worden door bij de bouw reeds een dilatatievoeg toe te passen.

Figuur 40. De juiste beslissing zou zijn om de bovenste $\frac{3}{4}$ van de achtergevel en $\frac{1}{2}$ van de zijgevels te verwijderen en er een houtskeletbouw bovenzijde op te bouwen, waarmee de bestaande fundering voldoende draagkracht zou hebben. De zware beton dakpannen vervangen moeten worden door een lichtmetalen dak.

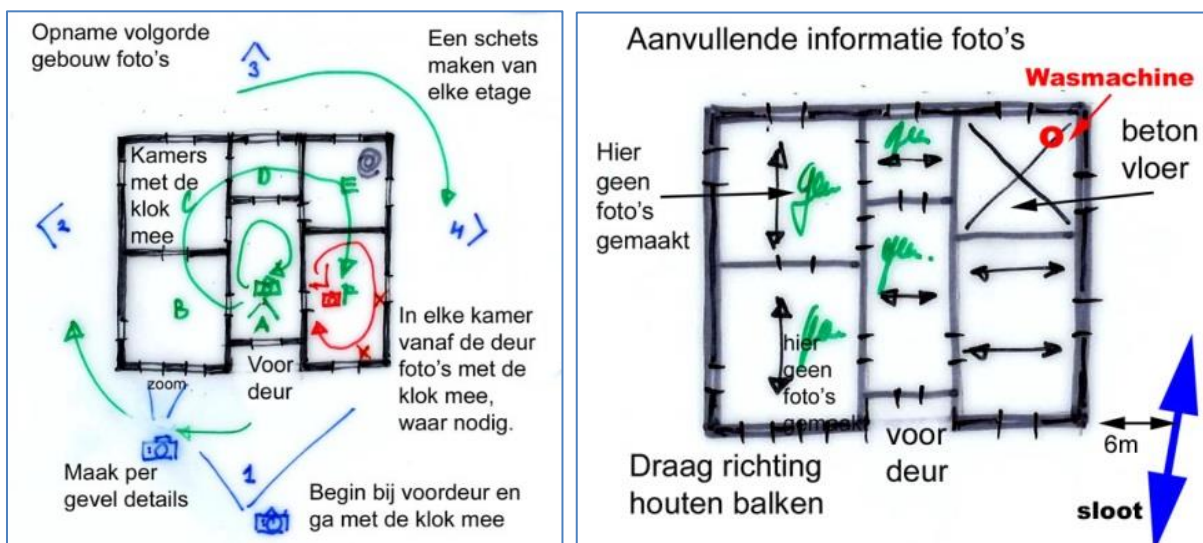


Omdat de Opnemer in 2012 beoordeelde dat het een aardbevingschade was, heeft de Contactpersoon van de NAM de Begroter een kostenberekening van het muurherstel laten maken. Toen was de mening dat de fundering onder de zware kopgevel versterkt moest worden. Om een berekening te maken zijn hiervoor door de Contactpersoon een Architect én een Ingenieur aangesteld.

Op basis van de gegevens van de Sondering heeft de Ingenieur een vier palen fundering onder de achtergevel ontworpen. Een dergelijke oplossing is seismisch gesproken een verkeerde beslissing omdat er dan twee verschillende soorten fundering onder dezelfde constructie komen te zitten en ergens anders na verloop van tijd scheuren gaan vertonen..

Issue 6. Het 2012 schaderapport van de (onervaren?) Opnemer is van slechte kwaliteit. Bij twee extra bezoeken zijn er extra foto's gemaakt, terwijl er geen complete overzichtsfoto's zijn. Een reis naar de betreffende woning en een afspraak met de gebouw Eigenaar is een kostbare zaak en is vele male duurder dan om de eerste keer een **goede set foto's te maken en de locatie van de foto's** op een plattegrond schets in te tekenen (*Figuur 38*) Bovendien is elke keer een andere organisatie die een onderdeelje komt bekijken ook belastend voor de Eigenaar.¹⁷

Sinds 2014 zijn er enkele trainingen gegeven voor Opnemers omtrent hoe er foto's gemaakt moeten worden. In 2015 is er een extra instructie beschikbaar van de Expert. Het systematisch maken van overzichtsfoto's en detailfoto's, met de klok mee rond het gebouw en binnen in het gebouw. Het aantekenen op een eenvoudige plattegrond van de locaties van foto's wordt hierin aangegeven.



Figuren 41. Een systematische foto opname van het hele gebouw met aantekeningen voorkomt regelmatig bezoeken en daarmee extra kosten en tijdverlies. Later voorkomt het argumenteren over de interpretatie. Tegenwoordige camera's en telefoons zijn van uitstekende kwaliteit, waarbij wazige foto's niet meer noodzakelijk zijn.

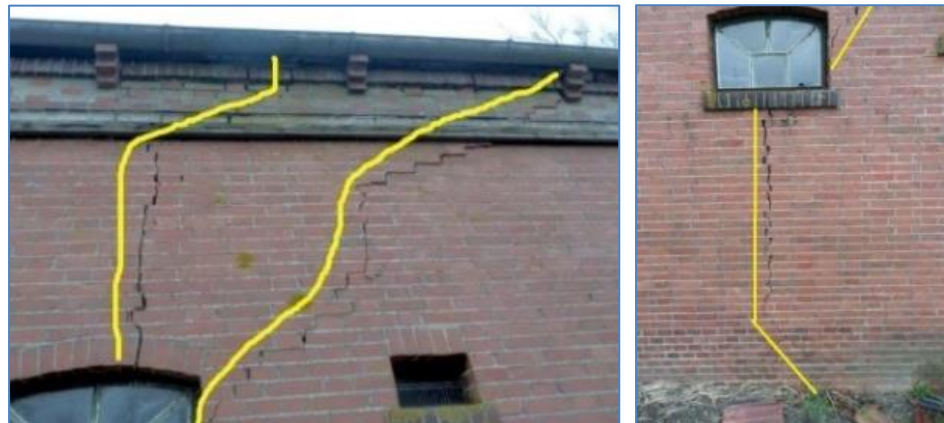


¹⁷ In een algemeen eigenaren onderzoek kwam naar voren dat de vele "deskundigen" die allemaal bij de Eigenaar langs kwamen om iets te doen, in hoge mate irriterend werkt. Ook bleek dat de verschillende "deskundigen" niet altijd precies van elkaar wisten wie wat had gedaan, of wie wanneer was geweest.



Figuren 40. Deze serie foto's van een grote schuur met gescheurde achter- en zijgevel laten zien dat het funderingsprobleem van deze uitgebreide schade dierct verband heeft met het uitzakken van de rechterzijde van het gebouw door de daar aanwezige sloot rechts.

Rechts. Detailfoto's van de bovenstaande gevel met een scheur tot aan de fundering waaruit blijkt dat de bovenzijde wijder is geworden.



Foto's van de slootkant waarbij de muur geknikt is en de onderzijde los is gekomen van de muur aan de andere zijde van het gebouw.



Omgevingsfoto's en schetsen moeten worden toegevoegd als die van belang kunnen zijn (bomen, water, wegen). De foto's moeten een minimale kwaliteit hebben.¹⁸

Omdat in een vroeg stadium geen schetsplattegrond van de waterrijke omgeving was gemaakt, was het niet duidelijk dat het hier om een zompig gebied ging. Pas na de schets van het Sondering bureau (Figuur 36) werd de algemene situatie bij deze garage pas duidelijk (09-2014).

¹⁸ Anno 2020 is dat geen punt meer, want sinds 2014 zijn de digitale camera's aanzienlijk verbeterd.

Issue 7. De Architect maakte een begroting voor de uit te voeren werkzaamheden die (verkeerd) door de Opnemer zijn gespecificeerd. Zijn idee was dat de achtermuur te zwaar is en versterking van de fundering nodig heeft; verkeerde conclusie. De Ingenieur maakt een berekening en tekening van een 12 m diepe paalfundering met vier palen en een balk onder die achtermuur. De hele achtermuur moet hiervoor eerst worden afgebroken, de palen geplaatst, een balk erover en dan de hele spouwmuur weer op de balk gemetseld. Dit is bij elkaar een veel duurdere optie dan *Figuur 40* met een houten achtergevel.

Twee verschillende funderingstypes onder een gebouw zullen scheuren veroorzaken; dit hadden zowel de Architect als de Ingenieur moeten weten. Als de fundering onder de achtermuur op de 12 m diepe vaste zandlaag wordt gezet, zullen de lagere zijmuren en de binnenmuur ten opzichte van de nieuw gefundeerde achtermuur gaan zetten en losscheuren.

Zowel de Architect als de Ingenieur moeten op de hoogte te zijn van de basis maatregelen die van toepassing zijn op de bouw en in een aardbevingsgebied. Bij dit garagegebouwtje zijn drie basis regels van toepassing: (1) dilateren van verschillende bouwvolumen, (2) gelijkvormigheid in funderingsysteem, (3) vermindering van de massa. **Training op alle niveaus blijkt hier essentieel.**

Issue 8. De Opnemer geeft in het schaderapport aan dat voor de reparatie van de verticale scheuren onder de ramen van de zijgevel de HAS methode moet worden toegepast (*Helical Application System*), zonder te specificeren hoe deze methode moet worden toegepast. Er moet gedetailleerd worden aangegeven hoe en waar en voor welke lengtes de spiraalanker wapening moet worden aangebracht.

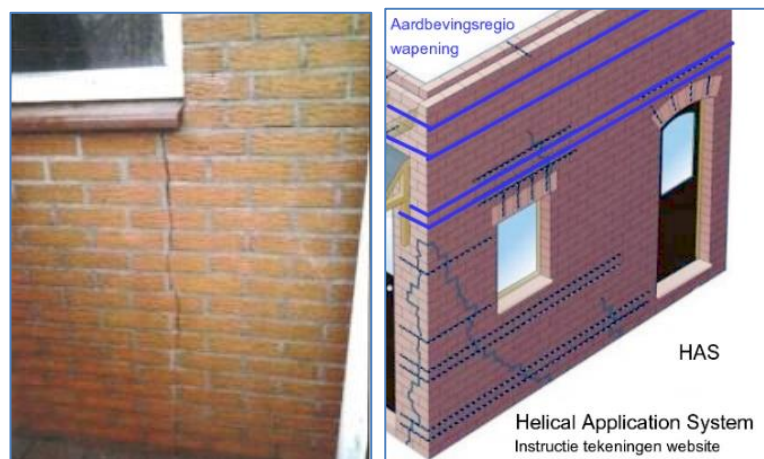
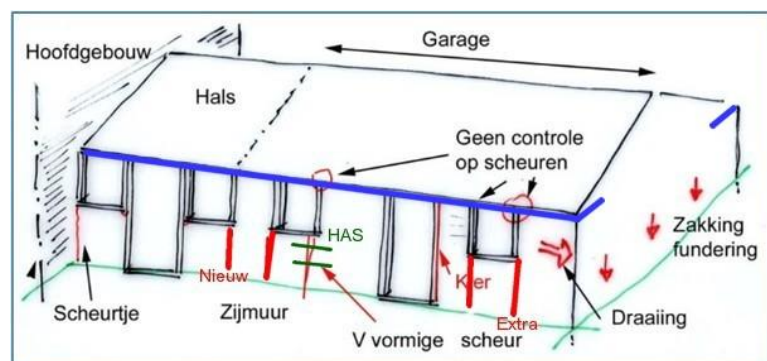
De in de lintvoegen ingebrachte roestvrijstalen spiraalankers kunnen echter de (verdere) zetting van de fundering niet voorkomen en is dus in dit geval een verkeerd advies. De Opnemer geeft in het schade rapporten niet-specifieke technische adviezen over de muurherstel methode. Echter, veel van de Opnemers hebben geen verstand van de oorzaken en geven veel te algemene instructies zonder technische uitvoeringsdetails. De duidelijke V-vorm van de scheur onder het raam en de scheur langs de deur geeft aan dat er een verdraaiing plaats vond. Dit kan beter gestopt worden door een wapening langs de dakgoot (blauwe lijn) dan met een te korte HAS over de scheur.

Figuren 41. Voor dit type scheuren helpt HAS niet, omdat deze zijn ontstaan door het verzakken van de eindgevel.

*Rechtsonder: Instructiemateriaal van de HAS Leveranciers aan de Aannemer is vaak **onvoldoende** (gebruik van te korte wapening) of **zelfs verkeerd** is (in een aardbevings situatie).*

Gedurende 2013-2015 werd gezien dat bij scheuren boven lateien alleen korte wikkels in de lintvoegen werden aangebracht, in plaats van over de hele gevel breedte van de gevel én om de hoeken.

De juiste bouwkundige vooropleiding en seismische training op alle niveaus blijkt hier essentieel.



11.10. Samenvatting

- A. Op alle vochtige veen- en kleigronden zal bij een ophoging met 1 meter droog zand over verloop van tijd inklinking optreden; dit kan verschillende jaren doorgaan. Hoe natter de kleigrond, hoe groter de inklinking kan zijn; dit kan oplopen tot 50% van de ophoging. Bij vochtige veengrond kan de inklinking oplopen tot zelfs 80 cm. Indien in de directe omgeving van de locatie veel water aanwezig is zal de inklinking relatief groot zijn.
- B. Niet direct bouwen op een zandophoging, maar tenminste vijf jaar laten rusten. Vóór het bouwen dient ook de aanleg laag van de fundering voldoende te worden verdicht. De mate van de verdichting hangt af van de gebouwbelasting.
 Bij een fundering op gewapend betonstroken dient de breedte van de stroken onder de draagmuren te worden aangepast aan de gebouwbelasting. Dit is vooral belangrijk bij puntbelastingen van kolommen die onder een spantconstructie staan.
- C. BoWoTo; er zijn verschillende scenario mogelijk:
- Als BoWoTo de plannen goedkeurt, maar deze technisch niet in orde zijn, blijft sinds 2010 de Eigenaar aansprakelijk. De BoWoTo is niet aansprakelijk. Die Eigenaar kan voor een aantal jaren de mogelijke schade verhalen op de Aannemer, Architect of Ingenieur van de tekeningen. Het feitelijke aantal jaren hangt af van de formele garantietermijn.
 - Sommige aannemers zetten in hun bouwovereenkomsten gedetailleerde clausules waarin zij elke verantwoordelijkheid afwijzen; dan zijn ze juridisch niet meer aansprakelijk.
 - Als BoWoTo de plannen van de Architect goedkeurt, maar ze worden niet uitgevoerd volgens de tekening, dan is de uitvoerende partij (Aannemer of Eigenaar) aansprakelijk voor de eventuele schade.
 - Als BoWoTo de plannen al dan niet goedkeurt maar ze worden niet volgens deze plannen uitgevoerd zal de gerealiseerde bouw na 20 jaar verjaren en treedt automatische goedkeuring op. Dit geldt ook voor illegale bouw. BoWoTo heeft wel een controleplicht.
- D. Verschillende funderingsvormen resulteren bijna altijd in zettingsverschillen; dit is ook zo bij verschillende fundering aanleghoogten (kelder onder slechts een gedeelte van een gebouw). Zettingsverschillen resulteren bij gemetselde constructies meestal in scheuren.



Figuren 42. Door meerdere foto's rondom en in het gebouw te maken en van de omgeving, kan een goede indruk verkregen worden van de situatie. Dit wordt nog beter met een (schets) plan waar de fotolocaties op genoteerd staan. Een goede documentatie en grondonderzoek voorkomt herhaaldelijke gebouw onderzoeken.

- E. Enkelsteens gebouwen hebben een lage grondbelasting; hierop is de fundering aangepast. Door het toevoegen van een gemetseld buitenspouwblad wordt de belasting op de fundering met 50% verhoogd, afhankelijk van de vloer- en dak-belasting. Bij een fundering op staal zou dan de funderingsaanleg dan ook met 50% verbreed moeten worden.

- F. De grond onder de fundering van een reeds lang bestaand twee-etage gebouw heeft reeds de maximale zetting ondergaan, en zal zonder andere invloeden niet verder zetten. Een nieuw gebouwtje zal enige zetting ondergaan. De aansluiting tussen de gebouwen zal dan ook een zetting scheur tonen. Hier is ALTIJD een dilatatievoeg noodzakelijk.
- G. Een dunne ongewapende betonvloer van 7m x 7m op een zandpakket zal bijna altijd krimp scheuren krijgen. Dit zijn in eerste instantie haarscheuren die nauwelijks zichtbaar zijn¹⁹. Bij zetting van de fundering zal langs er eerst de randen van de vloer een naad ontstaan.
- H. Een vierkant gebouwtje met sterk ongelijke belastingen op de funderingen zal scheuren indien deze funderingen dezelfde aanlegbreedte hebben en er in deze muren geen wapening zit. Wanneer de muren bij elkaar worden gehouden kan het gehele gebouwtje scheef zakken.
- I. Ouderwetse betonnen dakpannen wegen ongeveer 50 kg/m² of 500 N/m². Moderne betondakpannen en keramische dakpannen (verbeterd Hollandse) wegen ongeveer 400-450 N/m², dus niet veel verschil. Lichtgewicht metalen sneldek dakpanprofiel platen wegen tussen de 45 N/m² en 65 N/m². Dit is tussen 1/10^{de} en 1/7^{de} van de betonnen of keramische pannen. Bij het doorzakken van de spanten is het vervangen van zware dakpannen dan een goede optie.
- J. De Eigenaar kan een keuze gegeven worden voor een lichtere dakbedekking. Van een fotocatalogus is slechts een matige indruk te verkrijgen. De Eigenaar dient het echte product te zien in de vorm van een set dakpannen of platen. Om ze te vergelijken met dakpannen die nog op een bestaand gebouw zitten, moeten deze monsters ter plaatse worden getoond. Een Aannemer of Architect zou dus een set dakplaten bij zich moeten hebben.
- K. De scheur onder het raam is naar beneden V vorming. Dat betekent dat er aan de bovenkant een rechts-links verwijdering van de muur aanwezig is. De kieren langs het raam en de deur bevestigen de verwijdering. Ter plaatse van de muurplaat zal ook verwijdering naar rechts zichtbaar zijn. Een inspecteur moet het hele gebouw bekijken en niet alleen de scheur.
- L. **Technische en inzichtelijke training op alle niveaus van de Opnemer, Aannemer, Architect, Ingenieur en de Bouwvakker is noodzakelijk** om verkeerde uitvoering te voorkomen. Kennis bij de gebouw-Eigenaar is belangrijk wanneer deze mee moet bepalen wat er met het gebouw gebeuren moet in het kader van technisch en thermisch verduurzamen. Dit laatste voorkomt echter niet dat de Eigenaar het niet eens kan zijn met het schaderapport, wanneer niet alle gebouwschade wordt vergoed.

¹⁹ De in deze garage liggende betonvloer was ook gescheurd, maar dit is niet behandeld in dit voorbeeld. Doordat de betonvloer volledig op het zandpakket draagt verzakt deze niet, maar de omringende muren veroorzaken een grotere gronddruk en verzakken dan wel; eerst scheurt de vloer dan langs de muur los.