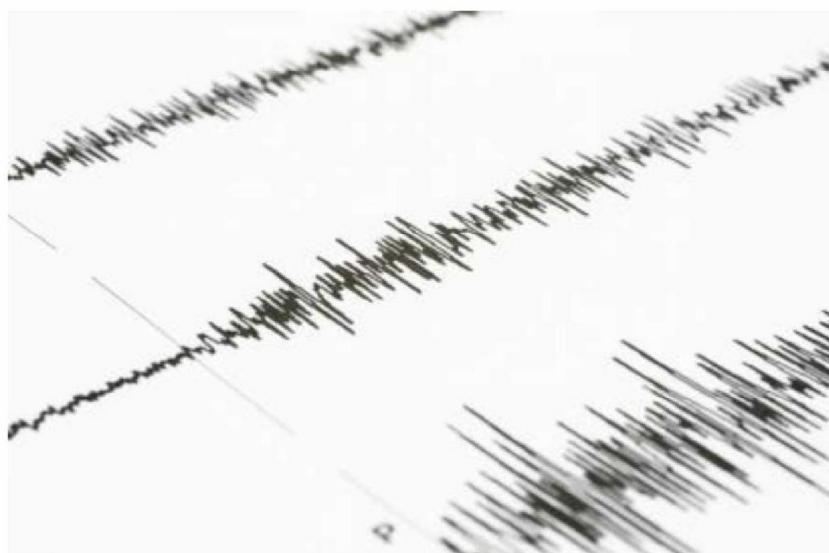


concept

5.1.2e	lid NIngenieurs
5.1.2e	lid NIngenieurs
Postadres	Postbus 24, 9750 AA Haren
Bezoekadres	Rummerinkhof 6, Haren
E-mail	info@wassenaarbv.nl
Telefoon	050 - 534 73 45

De gevolgen van aardbevingen voor Meerstad (deel 2)



concept

Inhoud

Inleiding.....	3
Opbouw.....	3
Beoordeling.....	3
Oplossingen.....	4
Oplossingen vergeleken.....	5
Conclusies.....	14

concept

Inleiding

Recent is er grote aandacht ontstaan voor het onderwerp 'aardbevingen als gevolg van gaswinning' en wat de eventuele gevolgen en mogelijke maatregelen kunnen zijn.

Meerstad is gelegen aan de rand van het risicogebied en heeft plannen voor de bouw van ca 6600 woningen. Daar doet zich dan ook de vraag voor wat de betekenis van de verwachte aardbevingen is voor de bouwwijze in Meerstad.

'Meerstad' heeft aan ons de vraag gesteld welke maatregelen wij (op basis van de huidige inzichten) voorstellen om nieuw te bouwen woningen op toekomstige richtlijnen te kunnen anticiperen. Tevens is verzocht om aan te geven welke financiële consequenties de maatregelen hebben. Meerstad heeft aan ons de technische gegevens verstrekt van 3 woningtypes, welke door ons zijn beoordeeld.

In een eerdere notitie (deel 1) hebben we de relatie tussen aardbevingen en woningschade uitgelegd aan de hand van de stukken die door het Ministerie van VROM openbaar zijn gemaakt. We zijn daarbij niet al te diep in op de technische details.

In deze notitie (deel 2) gaan we concreet in op de aardbevingsbestendigheid van de aan ons verstrekte ontwerpen van Meerstad.

Opbouw

De opbouw van de rijtjeswoningen en de half vrijstaande woningen zijn vrijwel gelijk. Beiden zijn opgebouwd uit kalkzandsteen binnenwanden, betonnen vloeren, een houten kap en een buitenblad van metselwerk. De fundering van de halfvrijstaande woning bestaat uit een balkenrooster op palen. Over de fundering van de rijtjeswoningen is nog niets bekend. Ook hier gaan we in eerste instantie uit van een balkenrooster op palen. De stabiliteit van beide woningtypes wordt nu gerealiseerd door de kalkzandsteen binnenwanden.

De opbouw van de vrijstaande woning is iets afwijkend. De binnenwanden op de begane grond zijn hier van cellenbeton en een middenwand van kalkzandsteen met een breedplaatvloer als verdiepingvloer. De wanden op de verdieping zijn gemaakt van HSB elementen met hierop een houten kap. De buitenwanden zijn van metselwerk. Dit alles staat op een balkenrooster fundering op palen. De stabiliteit in de langsrichting wordt gerealiseerd door de kalkzandsteen wand en de cellenbeton wanden. In de dwarsrichting wordt dit ook door cellenbeton wanden gerealiseerd. De wanden van cellenbeton zijn in deze richting 'gewapend' met lange ankers om de trekkrachten die anders zullen ontstaan te compenseren.

Beoordeling

Onze eerste indruk van de aardbevingsbestendigheid van de 3 woningtypes in Meerstad is negatief. De voornaamste reden is het gebruik van metselwerk als constructief en bouwkundig bouw materiaal waardoor het huidige ontwerp van de Meerstad woningen in de categorie 'stijve constructie' valt.

Daardoor worden er grote horizontale krachten op woningen uitgeoefend. Ter indicatie: de horizontale kracht ligt in de orde van 8 à 10x de maximale windbelasting. Het ongewapende metselwerk is niet in staat om dergelijke hoge krachten op te nemen en zal in sommige gevallen (dwarsstabiliteit) zelfs volledig kunnen bezwijken waardoor de live-safety niet is gegarandeerd.

Daarnaast zijn er nog een aantal punten die de aardbevingsbestendigheid kunnen verbeteren:

- eenvoudige draagstructuur
 - o gevels niet in de hoogte laten verspringen
 - o symmetrie in plaatsing van stabiliteitswanden
 - o geen inspringende hoeken in de gevels
- meer verband tussen constructiedelen
 - o goede koppelingen tussen wanden, vloeren, zolder en kap
- geen gebruik van scheurgevoelige elementen

concept

- geen kalkzandsteen als constructie
- beperk metselwerk als gevelbekleding
- bouw zo licht mogelijk
 - alleen mogelijk als het gehele ontwerp wordt herzien
- goede fundering
 - prefab palen overdimensioneren (dikkere palen)
 - prefab palen voorzien van traditionele kopwapening

Oplossingen

De aanpak om te komen tot aardbevingbestendige gebouwen richt zich momenteel op 3 gebieden:

1. *aardbevingsbestendig ontwerpen*
Om doeltreffend aardbevingsbestendig te kunnen ontwerpen is er dringend behoefte aan normering en aan regelgeving. Die is er nog niet. Pas als er consensus is over de vraag hoe de veiligheid van personen tijdens aardbevingen kan worden gegarandeerd kan ook de afweging worden gemaakt in hoeverre de schade aan panden na de aardbeving kan worden gereduceerd (zonder een bunker te bouwen)
2. *bestaande ontwerpen verbeteren*
De voorbeeldwoningen van Meerstad uit dit rapport vallen hier onder (wel ontworpen, maar nog niet gebouwd).
3. *bestaande panden versterken*
Hieraan wordt momenteel druk gewerkt onder supervisie van de NAM.

We zullen hieronder de maatregelen noemen die de huidige ontwerpen verbeteren, zonder dat het ontwerp zelf volledig overhoop gaat. De beschouwde maatregelen zijn:

1. Vervang de dragende kalkzandsteen wanden door gewapend prefab beton (een materiaal dat even stijf is, maar wel in staat is om de krachten op te vangen). Dat geldt niet alleen voor de bouwmuren, maar ook voor het binnenspouwblad langs de voor- en achtergevel. De indelingsvrijheid van de voor- en achtergevel wordt daardoor wel beperkt.
2. Vervang de dragende wanden evenals de verdiepingsvloeren door houtskeletbouw (HSB). Het gewicht van de woningen wordt daardoor drastisch omlaag gebracht en lichtere constructies ondervinden veel lagere krachten bij aardbevingen en hoeven daarom minder sterk te zijn. Een woning dat geheel is opgebouwd in houtskeletbouw is zowel licht als flexibel en dus heel geschikt in gebieden met aardbevingen. Bij houten woningen zit de flexibiliteit voornamelijk in de verbindingen. Deze zullen na een grote beving dan ook gecontroleerd moeten worden en eventueel hersteld of vervangen.
3. Het huidige ontwerp gaat uit van een stijve constructie, maar een flexibel ontwerp kan aantrekkelijker zijn omdat de op te nemen krachten lager worden. Daardoor kan de horizontale kracht reduceren met 75%. Een dergelijke flexibele oplossing is bijvoorbeeld het toepassen van een stalen portaal langs de voor- en achtergevel waardoor een vrijere gevelindeling mogelijk is. De bouwmuren kunnen dan worden uitgevoerd in massieve betonnen wanden. Maar de grote dwarsvervorming zorgt wel voor meer bijkomende schade na de aardbeving waardoor de woningen compleet of gedeeltelijk moeten worden hersteld of vervangen
4. Bij alle varianten moet worden voorkomen dat de heipalen scheuren tijdens een aardbeving. Daarvoor moeten heipalen een zekere overcapaciteit hebben. Voor Meerstad zou dat bijvoorbeeld kunnen betekenen dat de paaldiameter een slag wordt vergroot van 220mm naar 250mm.
5. Eveneens bij alle varianten moet worden voorkomen dat de samenhang van bouwdelen tijdens de aardbeving verloren gaat, bijvoorbeeld een vloer die van de wand afschuift, of een funderingsbalk die van de paal afschuift. Alle ontmoetingen van horizontale en verticale bouwdelen moeten daarom

concept

worden voorzien van voldoende sterke koppelingen: dak <> vlivering, dak <> bouwmuur, verdiepingsvloer <> bouwmuur, bouwmuur <> funderingsbalk, beganegrondvloer <> funderingsbalk, funderingsbalk <> heipaal.

Kosten vergeleken

Om een beter beeld te krijgen van de invloed van het aardbevingsbestendig maken van de drie voorbeeldwoningen zijn per woningtype de 3 hoofdvarianten geschetst.

variant 1) prefab wanden (stijf en sterk)

variant 2) houtskeletbouw (flexibel en licht)

variant 3) prefab in langsrichting (stijf en sterk) en staalportaal in dwarsrichting (flexibel en sterk)

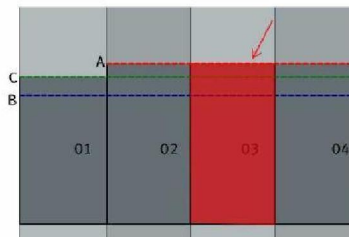
Op basis van deze schetsen is een inschatting gemaakt van het prijsverschil van het huidige ontwerp en de geschetste varianten.

concept

Rijteswoning type A (tussenwoning)

Voor de rijteswoningen is gekozen voor de tussenwoning van type A.

Voor alle drie de varianten is extra aandacht nodig voor de koppelingen tussen fundering, vloeren, wanden en de kap. Hiervoor hebben we bij de rijteswoningen de volgende kosten geraamd.



koppelingen

	totaal
strip over kanaalplaat	€ 250,00
extra wandkoppelingen	€ 250,00
extra hout verbindingen	€ 250,00
koppeling fundering	€ 250,00
	€ 1.000,00

Variant 1

Overzicht kosten verschil Rijteswoning prefab

	n	eenheid	huidig	aangepast	extra
1 dak	0	m ²			€ 0,00
2 zolder	0	m ²			€ 0,00
3 1e verdieping	54	m ²	€ 0,00	druklaag € 15,00	€ 810,00
4 begane grond	0	m ²			€ 0,00
5 bouwmuren	60	m ²	€ 110,00	prefab € 125,00	€ 900,00
6 gevels	32,4	m ²	€ 100,00	prefab € 120,00	€ 648,00
7 fundering	5,4	m		extra balk € 140,00	€ 756,00
8 palen	8	st	€ 145,00	groter € 190,00	€ 360,00
9 koppelingen	1	st		€ 1.000,00	€ 1.000,00
Totaal					€ 4.474,00

concept

Variant 2

Overzicht kosten verschil Rijteswoning HSB

	n	eenheid	huidig	aangepast	extra
1 dak	0	m ²			€ 0,00
2 zolder	0	m ²			€ 0,00
3 1e verdieping	54	m ²	€ 65,00	hout € 130,00	€ 3.510,00
4 begane grond	0	m ²			€ 0,00
5 bouwmuren	60	m ²	€ 110,00	hout € 150,00	€ 2.400,00
6 gevels	32,4	m ²	€ 100,00	hout € 120,00	€ 648,00
7 fundering	5,4	m		extra balk € 140,00	€ 756,00
8 palen		st			€ 0,00
9 koppelingen	1	st		€ 1.000,00	€ 1.000,00
Totaal					€ 8.314,00

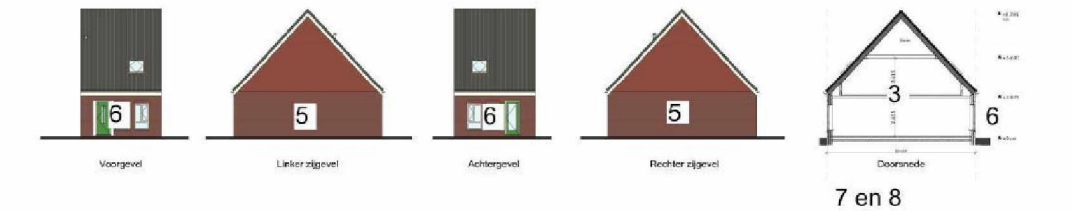
Variant 3

Overzicht kosten verschil Rijteswoning langsrichting prefab, dwarsrichting staal

	n	eenheid	huidig	aangepast	extra
1 dak	0	m ²			€ 0,00
2 zolder	0	m ²			€ 0,00
3 1e verdieping	54	m ²	€ 0,00	druklaag € 15,00	€ 810,00
4 begane grond	0	m ²			€ 0,00
5 bouwmuren	60	m ²	€ 110,00	hout € 185,00	€ 4.500,00
6 gevels	22,8	m		portaal € 210,00	€ 4.788,00
7 fundering	5,4	m		extra balk € 140,00	€ 756,00
8 palen	8	st	€ 145,00	groter € 190,00	€ 360,00
9 koppelingen	1	st		€ 1.000,00	€ 1.000,00
Totaal					€ 12.214,00

concept

Overzicht rijtjeswoning



- 3) 1e verdieping
- 5) bouwmuren
- 6) gevels
- 7) extra funderingsbalk
- 8) palen

BRW flex[®]
Particulier Opdrachtgeverschap



Meereovers - Meerstad

Woningtype A
indelingsvrij

project : BRW flex Meerstad
Plaats : Meerstad

SCHAAL
Plattegronden : 1:50
Gevels : 1:100
Doorsnede : 1:100

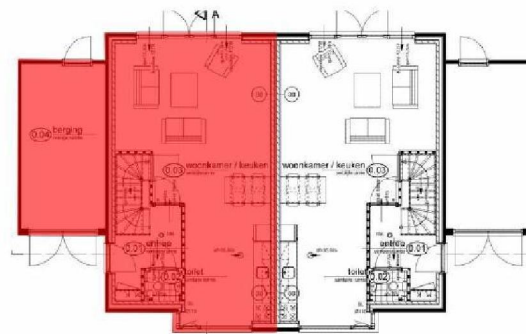
Datum: September 2013

concept

Twee onder één kap

Voor de twee onder één kap is de helft van de woning beschouwd

Voor alle drie de varianten is extra aandacht nodig voor de koppelingen tussen fundering, vloeren, wanden en de kap. Hiervoor hebben we bij de twee onder één kap de volgende kosten geraamd.



koppelingen

	totaal
strip over kanaalplaat	€ 750,00
extra wandkoppelingen	€ 250,00
extra houten verbindingen	€ 250,00
koppeling fundering	€ 250,00
	€ 1.500,00

Variant 1

Overzicht kosten verschil twee onder één kap prefab

	n	eenheid	huidig	aangepast	extra
1 dak		m ²			€ 0,00
2 zolder	54	m ²		druklaag € 15,00	€ 810,00
3 1e verdieping	57	m ²		druklaag € 15,00	€ 855,00
4 begane grond		m ²			€ 0,00
5 bouwmuren	38	m ²	€ 110,00	prefab € 125,00	€ 570,00
6 gevels	184	m ²	€ 100,00	prefab € 120,00	€ 3.680,00
7 fundering	6	m		extra € 140,00	€ 840,00
8 palen	10	st	€ 145,00	groter € 190,00	€ 450,00
9 koppelingen	1	st		€ 1.500,00	€ 1.500,00

Totaal

€ 8.705,00

Variant 2

Overzicht kosten verschil twee onder één kap HSB

	n	eenheid	huidig	aangepast	extra
1 dak	0	m ²			€ 0,00
2 zolder	54	m ²	€ 65,00	hout € 130,00	€ 3.510,00
3 1e verdieping	57	m ²	€ 65,00	hout € 130,00	€ 3.705,00
4 begane grond	0	m ²			€ 0,00
5 bouwmuren	38	m ²	€ 110,00	hout € 150,00	€ 1.520,00
6 gevels	184	m ²	€ 100,00	hout € 120,00	€ 3.680,00
7 fundering	6	m		extra € 140,00	€ 840,00
8 palen		st			€ 0,00
9 koppelingen	1	st		€ 1.500,00	€ 1.500,00

Totaal

€ 14.755,00

concept

Variant 3

Overzicht kosten verschil twee onder één kap langsrichting prefab, dwarsrichting staalportaal

	n eenheid	huidig	aangepast	extra
1 dak	m ²			€ 0,00
2 zolder	54 m ²		druklaag € 15,00	€ 810,00
3 1e verdieping	57 m ²		druklaag € 15,00	€ 855,00
4 begane grond	m ²			€ 0,00
5 bouwmuren	38 m ²	€ 110,00	prefab € 185,00	€ 2.850,00
6a gevels	76 m ²	€ 100,00	prefab € 130,00	€ 2.280,00
6b gevels	48 m		staal extra € 255,00	€ 12.240,00
6c garage	15 m		staal extra € 129,00	€ 1.935,00
7 fundering	6 m		extra € 140,00	€ 840,00
8 palen	10 st	€ 145,00	groter € 190,00	€ 450,00
9 koppelingen	1 st		€ 1.500,00	€ 1.500,00
Totaal				€ 23.760,00

Overzicht twee onder één kap

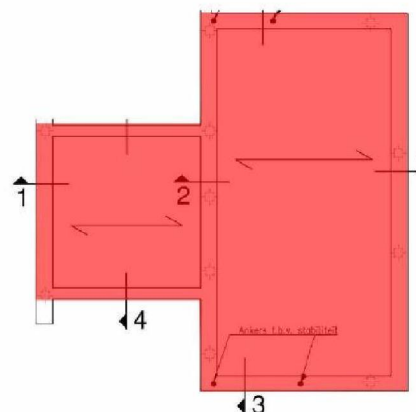


concept

Vrij staande woning

Voor vrijstaande woning is beoordeeld zonder toekomstige aanbouw (fase 2).

Voor alle drie de varianten is extra aandacht nodig voor de koppelingen tussen fundering, vloeren, wanden en de kap. Hiervoor hebben we bij de vrijstaande woningen de volgende kosten geraamd.



koppelingen

	totaal
extra wandkoppelingen	€ 250,00
extra hout verbindingen	€ 250,00
koppeling fundering	€ 250,00
	€ 750,00

Variant 1

Overzicht kosten verschil vrijstaand prefab

	n	eenheid	huidig	aangepast	extra
1 dak		m ²			€ 0,00
2 zolder		m ²			€ 0,00
3 1e verdieping		m ²			€ 0,00
4 begane grond		m ²			€ 0,00
5 bouwmuren	15	m ²	€ 110,00	prefab € 125,00	€ 225,00
6 gevels	120	m ²	€ 100,00	prefab € 120,00	€ 2.400,00
7 fundering	5	m		extra € 140,00	€ 700,00
8 palen	14	st	€ 145,00	groter € 190,00	€ 630,00
9 koppelingen	1	st		€ 750,00	€ 750,00
Totaal					€ 4.705,00

Variant 2

Overzicht kosten verschil vrijstaand kap HSB

	n	eenheid	huidig	aangepast	extra
1 dak	0	m ²			€ 0,00
2 zolder		m ²			€ 0,00
3 1e verdieping	78,5	m ²	€ 65,00	hout € 130,00	€ 5.102,50
4 begane grond	0	m ²			€ 0,00
5 bouwmuren	15	m ²	€ 110,00	hout € 150,00	€ 600,00
6 gevels	120	m ²	€ 100,00	hout € 120,00	€ 2.400,00
7 fundering	5	m		extra € 140,00	€ 700,00
8 palen		st			€ 0,00
9 koppelingen	1	st		€ 750,00	€ 750,00
Totaal					€ 9.552,50

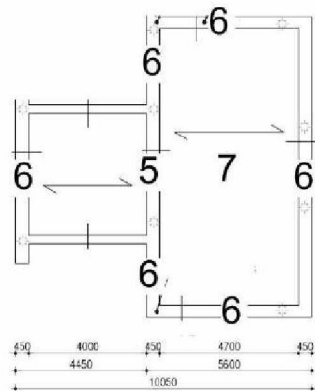
Variant 3

concept

Overzicht kosten verschil vrijstaand langsricting prefab, dwarsrichting staalportaal

	n	eenheid	huidig	aangepast	extra
1 dak		m ²			€ 0,00
2 zolder		m ²			€ 0,00
3 1e verdieping		m ²			€ 0,00
4 begane grond		m ²			€ 0,00
5 bouwmuren	15	m ²	€ 115,00	prefab € 185,00	€ 1.050,00
6a gevels	60	m ²	€ 100,00	prefab € 130,00	€ 1.800,00
6b gevels	44	m		staal extra € 210,00	€ 9.240,00
7 fundering	5	m		extra balk € 140,00	€ 700,00
8 palen	14	st	€ 145,00	groter € 190,00	€ 630,00
9 koppelingen	1	st		€ 750,00	€ 750,00
Totaal					€ 14.170,00

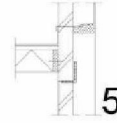
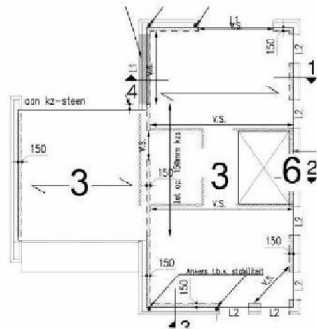
Overzicht vrijstaande woning



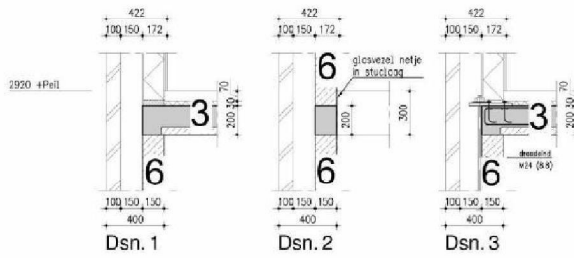
- 3) 1e verdieping
- 5) bouwmuren
- 6) gevels
- 7) extra funderingsbalk
- 8) palen

8

concept



- 3) 1e verdieping
5) bouwmuren
6) gevels



 **Dijkhuis**

Onderdeel: VERDIEPINGSVLOER

concept

Conclusies

Op basis van de Eurocode NEN-EN 1998 zijn de woningen in de huidige opzet niet aardbevingsbestendig. Ze lopen een risico op instorting als de verwachte zware aardbeving elders in de provincie daadwerkelijk optreedt.

Het gebruik van kalkzandsteen als dragend element is de belangrijkste oorzaak.

De huidige ontwerpen kunnen aardbevingsbestendig worden gemaakt door het nemen van een aantal aanvullende maatregelen.

De kosten van de maatregelen hangen sterk af van het bouwkundig ontwerp en variëren voor de beschouwde woningen tussen de €5.000,- en €25.000,- per woning.

Een deel van de maatregelen (en kosten) zullen altijd nodig zijn, ongeacht de toekomstige rekenregels voor geïnduceerde aardbevingen. De andere maatregelen hangen af van de zwaarte van de aardbeving. Naar verwachting zullen die maatregelen in de toekomst minder zwaar uitpakken.

Bij de beschouwing hebben we aan het bouwkundig ontwerp zo weinig mogelijk gewijzigd. Er is ook niet gekeken of alle oplossingen wel haalbaar zijn. Zo is het bijvoorbeeld niet ondenkbaar dat een prefab voorgevel zo 'dicht' wordt dat er onvoldoende daglicht binnen komt en bij toepassing van houtskeletbouw worden de balklagen wellicht zo groot dat de verdiepingshoogte ontoereikend is.

Uit bovenstaande mag worden afgeleid dat 'aardbevingsbestendigheid' geen maatregel achteraf is, maar een ontwerpcriterium vooraf. Aardbevingsbestendig bouwen zal leiden tot andere ontwerpkeuzes.

Uit het algemene deel van dit rapport (deel 1) herhalen we dat 'aardbevingsbestendigheid' een kwestie is van veilig uit een gebouw kunnen ontsnappen bij een aardbeving. Een aardbevingsbestendig gebouw kan echter wel schade oplopen tijdens een aardbeving, zo groot zelfs dat de 'normale' veiligheid niet meer is gewaarborgd en het gebouw na de aardbeving alsnog gesloopt moet worden.