

TNO-rapport

TNO 2021 R11002E

**Typologie-gebaseerde beoordeling van de
veiligheid bij aardbevingen in Groningen -
Typologisch toedelen**

Datum	5 april 2023
Auteur(s)	Dr.Ir. C.P.W. Geurts Prof.Dr.Ir. R.D.J.M. Steenbergen Ir. N. Altinga
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	84 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Ministerie van EZK T.a.v. A. Kobus
Projectnaam	adviesvragen EZK Groningen bovengrond: Typologie Aanpak
Projectnummer	060.39973

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Samenvatting

In opdracht van het ministerie van EZK heeft TNO een methode ontwikkeld voor het beoordelen van de veiligheid van gebouwen in Groningen met betrekking tot aardbevingen. Deze methode beoordeelt de veiligheid aan de hand van vooraf gedefinieerde gebouwtypologieën.

De eerste stap in een beoordeling bestaat uit het toedelen van een gebouw aan een typologie, dan wel het vaststellen dat het gebouw niet kan worden toegedeeld. Dit rapport beschrijft voor de onderscheiden typologieën de definitie van de typologie, de kenmerken die deze typologie beschrijven en de procedure op basis waarvan de toedeling van een gebouw aan een typologie wordt uitgevoerd. De toedelingsprocedure start met een bouwkundige opname waarmee de relevante seismische kenmerken voor de typologietoedeling worden vastgelegd en aan de hand waarvan wordt gecontroleerd of er sprake is van een of meerdere uitsluitingsgronden. Dit rapport geeft achtergronden bij deze kenmerken en uitsluitingsgronden, en geeft de criteria die van belang zijn om tot typologietoedeling te komen. Dit is in hoofdstuk 3 beschreven.

De indeling in typologieën zal nooit alle gebouwen kunnen omvatten. Er is in dit rapport daarom een overzicht gedefinieerd van uitsluitingsgronden met bijbehorende criteria. Deze uitsluitingsgronden kaderen het toepassingsgebied van de typologieën en moeten in de bouwkundige opname worden vastgelegd, indien van toepassing. Dit is in hoofdstuk 4 omschreven.

Tenslotte is voor elk van de gedefinieerde typologieën weergegeven welke kenmerken er voor die typologie moeten zijn vastgelegd. Dit is in hoofdstuk 5 opgenomen.

Dit rapport (met rapportnummer R11002E) vervangt TNO rapport 2021 R11002D d.d. 24 juni 2022. De wijzigingen ten opzichte van dat rapport zijn afzonderlijk weergegeven in bijlage E.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	5
2	Achtergronden	7
2.1	Inleiding	7
2.2	Seismische kenmerken	7
2.3	Typologietoedeling en -uitsluiting	11
3	Vastleggen seismische kenmerken	13
3.1	Inleiding	13
3.2	Kenmerk 1: Materiaal van het constructiesysteem.....	14
3.3	Kenmerk 2: Constructiesysteem.....	15
3.4	Kenmerk 3: Aantal bouwlagen.....	19
3.5	Kenmerk 4: Vrijstaand of geschakelde bouw	20
3.6	Kenmerk 5: Materiaal van de vloer van de tweede en hogere bouwlaag	22
3.7	Kenmerk 6: Opbouw van de metselwerk gevel	23
3.8	Kenmerk 7: Percentage openingen op begane grond in maatgevende doorsnede van de metselwerk gevel	24
3.9	Omgang met aanbouwen	25
3.10	Omgang met schoorstenen/rookkanalen.....	29
4	Aanvullende uitsluitingsgronden.....	30
4.1	Inleiding	30
4.2	Constructieve schade aan dragende delen	30
4.3	Overige constructieve schade	34
4.4	Grote wijzigingen aan de draagconstructie	34
4.5	Verbindingen.....	36
4.6	Schijfwerking van hellend dak	37
4.7	Verschillen in niveaus van de vloer van de tweede en/of hogere bouwlaag.....	39
4.8	Afwezigheid van een vloer.....	39
4.9	Vorm van de plattegrond bij drie of meer bouwlagen	39
4.10	Omgang met gemetselde binnenwanden in typologiegroepen HOUT, STAAL, BETON en PREFAB	39
5	Overzicht van typologieën.....	40
5.1	Typologiegroepen met metselwerk draagconstructies	40
5.2	Typologiegroepen van gewapend beton	42
5.3	Typologieën met een houten draagconstructie	44
5.4	Typologieën met stalen draagconstructie.....	44
6	Referenties	45
7	Ondertekening	46

Bijlage(n)

- A Achtergronden seismische typologiekenmerken
- B Overzicht typologieën
- C Bouwkundige opnames
- D Variatiestudie dakkapellen
- E Overzicht van wijzigingen

1 Inleiding

De gaswinning in Groningen leidt tot het ontstaan van ondiepe aardbevingen. Hoewel deze aardbevingen relatief licht zijn (in termen van Magnitudes op de Richterschaal), zijn de effecten aan het aardoppervlak door de relatief ondiepe locatie (3 km) van het hypocentrum aanzienlijk. Er is een grote opgave om het veiligheidsniveau voor de bewoners van Groningen te borgen.

De afgelopen jaren is veel onderzoek verricht naar de beoordeling van de veiligheid van de bestaande bouwvoorraad in Groningen. In het huidige proces voor de beoordeling van de veiligheid van gebouwen wordt per gebouw vastgesteld wat de precieze staat is, waarna tijdrovende berekeningen worden uitgevoerd. Deze werkwijze is te arbeidsintensief om binnen afzienbare tijd tot voldoende versterkingen te komen. Er is dan ook behoefte aan snelheid in het proces. Deze kan worden bereikt als de beoordeling en de versterking op typologieniveau in plaats van op individueel gebouwniveau wordt uitgevoerd.

TNO heeft een uniforme aanpak ontwikkeld voor de beoordeling van gebouwen in Groningen. Deze aanpak is erop gebaseerd dat gebouwen worden toegedeeld aan een typologie. Gebouwen die vergelijkbare seismische kenmerken hebben vormen samen een typologie.

Voor elke typologie wordt een sterktemodel opgesteld dat representatief is voor de gebouwen binnen de typologie. In dat sterktemodel wordt rekening gehouden met de variaties tussen gebouwen binnen die typologie. Met dit sterktemodel wordt met behulp van de TNO modeltrein een risicoberekening uitgevoerd. Dit resulteert per typologie in een waarde voor het individueel risico per locatie. Hiermee kan snel voor alle gebouwen binnen een typologie worden bepaald of en zo ja waar deze voldoet aan de norm. De norm die bij de veiligheidsbeoordeling wordt gehanteerd is de Meijdam norm (het Individueel Risico per jaar moet gelijk aan of kleiner zijn dan 10^{-5}).

Een gebouw wordt toegedeeld aan een typologie op basis van 7 seismische kenmerken en een controle op vooraf gedefinieerde uitsluitingsgronden. Deze kenmerken en de controles op uitsluitingsgronden worden vastgelegd op basis van een inspectie van het gebouw.

Dit rapport beschrijft de aanpak op basis waarvan gebouwen worden toegedeeld aan een typologie. Het rapport beschrijft de toedelingscriteria en geeft daarnaast de uitsluitingsgronden die van toepassing zijn als gebouwen zodanige kenmerken hebben dat deze niet aan een van de typologieën kunnen worden toegedeeld. Doel van de typologieaanpak is om een gebouw eenduidig ofwel aan 1 typologie toe te delen, dan wel op basis van de uitsluitingsgronden niet toe te delen.

Ontwikkeling van dit rapport

De typologieaanpak wordt stapsgewijs ingevoerd. Nadat een typologie door ACVG is beoordeeld en akkoord bevonden wordt de typologie geïmplementeerd. Dit rapport zal daarom aangepast worden naarmate meer typologieën definitief zijn gemaakt. Dit rapport (met rapportnummer R11002E) vervangt TNO rapport 2021 R11002D d.d. 24 juni 2022 en bevat updates en aanscherpingen voor de toedeling die naar aanleiding van afstemming met NCG zijn geformuleerd, bedoeld om onduidelijkheden in het toedelingsproces zo veel mogelijk weg te nemen.

NCG is verantwoordelijk voor uitvoering van de bouwkundige opnames op basis waarvan de toedeling plaatsvindt. Dit gebeurt door ingenieursbureaus die door NCG worden ingeschakeld. NCG deelt de bevindingen waar deze ingenieursbureaus in de praktijk tegenaan lopen met TNO. Eventuele onduidelijkheden in de beschrijvingen van de typologieën en twijfelgevallen voor typologietoedeling worden besproken. Naar aanleiding van die bevindingen worden eventuele aanscherpingen of aanpassingen aan de criteria geformuleerd die in latere versies van dit rapport worden meegenomen.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft de achtergronden bij de keuzes voor de kenmerken die de typologieën definiëren. Hoofdstuk 3 doorloopt stapsgewijs de gekozen kenmerken en uitsluitingsgronden, en geeft de keuzemogelijkheden en criteria aan de hand waarvan een eenduidige typologietoedeling kan plaatsvinden. Op basis van deze stappen is het mogelijk voor de gebruiker (NCG) om een keuzeschema op te stellen waarmee op locatie en op basis van archiefonderzoek tot de typologietoedeling gekomen wordt. In hoofdstuk 4 is een aantal aanvullende criteria voor de typologietoedeling gegeven. Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van de aanvullende uitsluitingsgronden. Hoofdstuk 6 geeft het overzicht van de te onderscheiden typologieën. In de bijlagen zijn de achtergronden gegeven bij de overwegingen die hebben geleid tot de indeling in de typologieën zoals in dit rapport vastgelegd. Bijlage E geeft puntsgewijs de wijzigingen weer ten opzichte van TNO Rapport 2021 R11002D d.d. 24 juni 2022.

2 Achtergronden

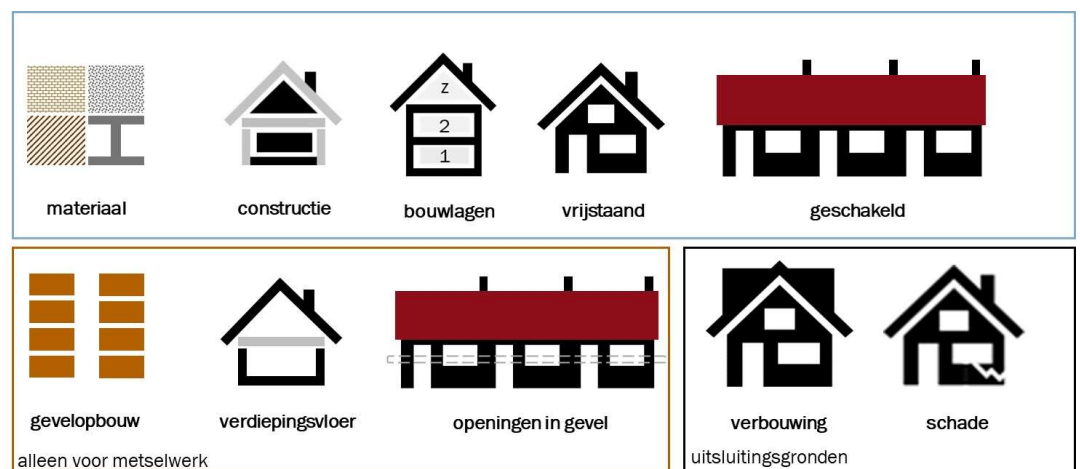
2.1 Inleiding

De beoordeling van de veiligheid bij aardbevingen in Groningen heeft betrekking op het seismisch gedrag van gebouwen, de weerstand van de draagconstructie tegen seismische belastingen en op de consequenties van het geheel of deels instorten van het gebouw. Het seismisch gedrag en de seismische weerstand worden bepaald door de eigenschappen van het gebouw. Niet alle gebouwen reageren hetzelfde op een seismische belasting. Wel kunnen groepen gebouwen worden gedefinieerd die een vergelijkbaar gedrag bij aardbevingen vertonen. Een dergelijke groep gebouwen wordt een typologie genoemd. Een typologie wordt gedefinieerd door een serie kenmerken die tezamen het seismisch gedrag bepalen. In dit hoofdstuk worden die kenmerken gegeven en wordt beschreven hoe deze het seismische gedrag bepalen.

In de typologieaanpak is ervoor gekozen de naamgeving van de typologie te beginnen met het materiaal van het constructiesysteem. Zo zijn er bijvoorbeeld meerdere typologieën uit het materiaal staal onderscheiden. Deze vormen samen een typologiegroep STAAL, met de typologieën STAAL1 tot en met STAAL7 en STAAL-A. Dit is later in dit hoofdstuk verder uitgewerkt voor alle materialen.

2.2 Seismische kenmerken

De criteria voor het toedelen van gebouwen aan typologieën zijn gebaseerd op de relevante seismische kenmerken van gebouwen. De bepaling van deze kenmerken is gebaseerd op internationale literatuur en is nader ingevuld voor de situatie in Groningen. De belangrijkste bron is de GEM Taxonomy [Brzev et al, 2013]. In deze referentie is een uitgebreide omschrijving gegeven van relevante seismische kenmerken van gebouwen, gebaseerd op uitgebreid internationaal onderzoek. Bijlage A geeft een overzicht van deze kenmerken. Voor de typologieaanpak is een kleiner aantal seismische kenmerken gekozen dan beschreven in de GEM Taxonomy. Deze zijn in Figuur 1 schematisch weergegeven.



Figuur 1: Schematisch overzicht van relevant seismische kenmerken

In bijlage A is de achtergrond gegeven bij de keuze om van een kleinere set seismische kenmerken uit te gaan dan in de GEM Taxonomy is beschreven. Hieronder wordt per kenmerk dat is gekozen voor de typologieaanpak, kort weergegeven wat de relevantie is voor het seismisch gedrag.

Kenmerk 1: Materiaal van het constructiesysteem

Het belangrijkste onderscheidende kenmerk tussen de typologieën is het materiaal van de constructie die de seismische krachten afdraagt. De constructie wordt in dit rapport verder aangeduid als constructiesysteem. Voor de typologieaanpak is onderscheid gemaakt tussen hout, staal, beton (in het werk gestort of prefab) en metselwerk (ook stapelbouw genoemd). Het materiaal bepaalt de sterkte van het constructiesysteem en de verbindingen, en is ook van belang voor de beschrijving van het seismische gedrag.

Kenmerk 2: Type constructiesysteem

De wijze waarop de stabiliteit van het gebouw wordt verzorgd door het constructiesysteem, bepaalt hoe het gebouw de krachten door een aardbeving verdeelt en hoe het gebouw vervormt. Dit is zeer relevant voor de seismische weerstand. Een raamwerk van staal of hout reageert anders dan bijvoorbeeld een constructiesysteem van metselwerk wanden. Daarom is de draagconstructie in combinatie met het materiaal een uniek kenmerk voor de typologie. Het gedrag in beide hoofdrichtingen van een gebouw is relevant, dus het constructiesysteem en materiaal van het constructiesysteem moet per richting worden vastgelegd.

Kenmerk 3: Aantal bouwlagen

Een aardbeving brengt een gebouw in trilling. Hoe hoger het gebouw des te meer massa wordt er in beweging gezet, wat leidt tot grotere krachten op de onderste bouwlagen. Anderzijds leidt een hoger gebouw tot een hogere normaalkracht op de onderliggende constructie, wat bij kan dragen aan de weerstand. Tevens is de trillingsperiode (of de reciproke ervan: eigenfrequentie) mede afhankelijk van de gebouwhoogte, wat een gunstig of ongunstig effect kan hebben op de optredende krachten in het constructiesysteem. Er kan dus zowel een gunstig als ongunstig effect uitgaan van het aantal bouwlagen. Deze effecten kunnen verschillen afhankelijk van gebruikte materialen en type draagconstructie. Het aantal bouwlagen is daarom een relevante parameter in de definitie van de typologieën. Bij de typologie-definitie worden ruimtes als kelders en zolders (inclusief vlieringen) niet mee geteld. Dat is voor sommige typologieën expliciet vermeld.

Een bouwlaag is hier gedefinieerd als het gedeelte van een bouwwerk tussen twee vloeren in, met uitzondering van het souterrain/kelder en de zolder of vliering. De zolder is de bovenste bouwlaag (verdieping) van een gebouw die mogelijk bewoonbaar is en zich onder een hellend dak bevindt (een vliering is een bovenste bouwlaag die niet bewoonbaar is, en doorgaans alleen voor opslagdoeleinden wordt gebruikt).

Aanvullend wordt bij het aantal bouwlagen in geval van een hellend dak gevraagd de goothoogte vast te leggen.

Kenmerk 4: Vrijstaand of geschakeld

Er wordt vastgelegd of een woning of adres een vrijstaand gebouw betreft of er sprake is van geschakelde bouw. Er moet ook worden vastgelegd of bij geschakelde bouw sprake is van seriematig of niet-seriematige bouw. Een belangrijk verschil tussen vrijstaande gebouwen en geschakelde bouw kan zijn dat bij geschakelde bouw er sprake is van een verschil in het gedrag van de draagconstructie in de hoofdrichtingen. Bij seriematig geschakelde bouw is dit minder het geval dan bij niet-seriematige bouw. Er is duidelijk sprake van een sterke en zwakke richting. De sterke richting is dwars op een rij woningen, waarbij de kopgevels en woningscheidende wanden voor de stabiliteit zorgen. De zwakke richting is in langsrichting, waarbij sprake is van (grote) gevelopeningen voor daglichttoetreding. Bij vrijstaande woningen is die verdeling van openingen meer gelijk over de gevels in beide hoofdrichtingen. Een gebouw waarbinnen meerdere adressen aanwezig zijn, wordt ook als geschakeld beschouwd; denk hierbij aan appartementengebouwen.

Kenmerk 5: Materiaal vloer van de tweede en hogere bouwlagen

Het materiaal van de vloer van de tweede (en hogere) bouwlaag (onderscheid wordt gemaakt tussen hout of beton) bepaalt in hoeverre het gebouw in staat is de krachten te verdelen over de stabiliteitsvoorzieningen. Een slappe vloer zal zich anders gedragen dan een stijve vloer. Een betonnen vloer is daar beter toe in staat. Een ander aspect betreft de massa van de vloeren, die als een normaalkracht werkt op de onderliggende wanden en zo bijdraagt aan de seismische weerstand van die wanden. Een betonnen vloer kan gunstiger zijn voor die weerstand dan een houten vloer (die lichter is).

Kenmerk 6: Opbouw van de metselwerk gevel

Bij metselwerk gebouwen wordt in de Nederlandse (en daarmee Groningse) bouwwijze onderscheid gemaakt in twee opbouwen van gevels: In oudere (met name vooroorlogse) woningen komen steens muren (zonder spouw) voor. Deze zijn ongeveer 200 mm dik, en vaak ongeïsoleerd. Sinds de jaren '20 van de twintigste eeuw is de spouwmuur in opkomst, bestaande uit twee bladen van ongeveer 100 mm dik met een luchtspouw ertussen. Het binnenste blad draagt de krachten af van dak en vloeren. De buitenste laag, het buitenblad, heeft de functie van klimaatbuffer en is zelfdragend. Via de spouwankers kunnen binnen- en buitenblad constructief samenwerken.

Belangrijk kenmerk van de spouwmuur is dat deze gevoeliger is voor uit het vlak falen dan een steens muur.

Kenmerk 7: Percentage openingen in de gevel op de begane grond

Een kenmerk dat voor geschakelde bouw zeer relevant is voor de seismische weerstand in de zwakke richting (langsrichting) is de mate waarin de gevel bijdraagt of bij kan dragen aan de seismische weerstand. Hiervoor is als parameter het percentage opening in de maatgevende doorsnede gedefinieerd. De maatgevende doorsnede is de horizontale doorsnede over de gevel op de begane grond waar de verhouding opening/totale doorsnede het grootst is. Onder openingen wordt verstaan alles wat niet bijdraagt aan de seismische weerstand. In de praktijk is dit alles wat geen metselwerk in de gevel is. Met andere woorden kozijnen, puien en zogeheten vliesgevels worden geacht niet bij te dragen aan de seismische weerstand.

Indien het aandeel openingen groot is, dan is er een mogelijkheid op het ontstaan van een zogeheten 'soft storey', waarbij de onderste bouwlaag bij een hoge aardbevingsbelasting faalt als gevolg van de bewegende massa uit bovenliggende bouwlagen.

Kenmerk gerelateerd aan uitsluitingsgronden: Schadeklasse

De bouwtechnische staat van een (metselwerk) gebouw kan worden afgelezen uit de mate van schade en scheefstand die wordt waargenomen.

Om de invloed van schades te wegeen voor de typologietoedeling wordt gebruik gemaakt van een indeling van schades in klassen, gebaseerd op [BRE, 1995].

Vrijwel ieder gebouw opgebouwd uit metselwerk vertoont na enige tijd (zeer lichte) scheurvorming ten gevolge van het 'werken' van het materiaal onder invloed van klimaataspecten als vocht, temperatuur en zonnestraling. Dit heeft niet direct invloed op de sterkte van het metselwerk, maar wordt in verloop van tijd wel zichtbaar. Dit wordt esthetische schade genoemd. Typische scheuren met een scheurwijdte tot 5 mm, vaak lopend via de voegen in het metselwerk behoren tot die categorie. Dit komt overeen met de schadeklasse 1 of 2. Dit is schade die gemakkelijk repareerbaar is. Dergelijke schade heeft geen directe invloed op het constructieve gedrag van de constructie.

In BRE Digest 251 (BRE, 1995) wordt hierover het volgende gezegd:

"Category 2 defines the stage above which repair work requires the services of a builder. For domestic dwellings, which constitute the majority of cases, damage at or below Category 2 does not normally justify remedial work other than the restoration of the appearance of the building."

Indien sprake is van scheurvorming met een grotere scheurwijdte (meer dan 5 mm) dan kan sprake zijn van functionele schade, waarbij er verlies in functionaliteit kan ontstaan, zoals waterdoorslag of lekkages. Deze schade moet voor het normaal functioneren van het gebouw worden gerepareerd. Na reparatie kan het gebouw worden ingedeeld in een lagere schadeklasse.

Als de scheuren nog wijder zijn (15 mm of meer) dan kan verlies van samenhang optreden en wordt gesproken van constructieve schade. Dit betekent dat de constructie zodanig is verzwakt dat ingrijpen noodzakelijk is; mogelijk moeten delen van de constructie worden vervangen.

In hoofdstuk 4 wordt verder ingegaan op de classificering van schades en worden de uitsluitingsgronden gedefinieerd.

Overige kenmerken

Er zijn meerdere kenmerken die een rol spelen bij het seismisch gedrag, maar niet als criterium zijn meegenomen voor de typologietoedeling. Ze bepalen wel mede de seismische eigenschappen van een typologie. Het effect van de variaties van deze kenmerken wordt verdisconteerd in het sterktemodel van de typologieën. In het hoofd rapport en de typologie-specifieke rapporten wordt dit behandeld.

2.3 Typologietoedeling en -uitsluiting

De toedeling van een gebouw aan een typologie bestaat uit een aantal stappen. Als eerste wordt een bouwkundige opname uitgevoerd. Daarnaast wordt geïnventariseerd welke informatie beschikbaar is in de vorm van tekeningen en berekeningen. Op basis van het resultaat van deze opname en inventarisatie worden per gebouw de relevante seismische kenmerken vastgelegd.

Na het vastleggen van deze kenmerken wordt op basis van de beschrijving in hoofdstuk 5 en de tabellen uit bijlage B vastgesteld of en aan welke typologie het gebouw voorwaardelijk kan worden toegedeeld.

Als er sprake is van een uitsluitingsgrond, kan het gebouw niet volgens de typologie aanpak worden beoordeeld en zijn aanvullende acties nodig. Indien er geen sprake is van een uitsluitingsgrond, dan wordt de voorwaardelijke toedeling aan een typologie definitief.

De uitsluitingsgronden vallen uiteen in drie categorieën:

1. Uitsluiting van een typologie omdat de combinatie van de vastgelegde kenmerken niet overeenkomt met een van de gedefinieerde typologieën in dit rapport.
2. Uitsluiting als gevolg van het waarnemen van schade aan de constructie die zodanig is dat de constructieve samenhang negatief wordt beïnvloed.
3. Uitsluiting als gevolg van afwijkingen in de constructie die mogelijk de weerstand tegen aardbevingsbelasting van de constructie negatief beïnvloeden.

De onder categorie 1 genoemde gronden komen direct aan het licht nadat de kenmerken zijn vastgelegd en deze vergeleken worden met de beschrijving van de kenmerken van de typologieën. Dit wordt in hoofdstuk 3 per kenmerk toegelicht. De onder categorie 2 genoemde uitsluitingsgrond wordt gecontroleerd aan de hand van tijdens de bouwkundige opname vastgelegde schade. Er wordt vastgelegd of er sprake is van scheurvorming in metselwerk, en zo ja wat de ernst is van deze scheurvorming en of sprake is van ernstige degradatie van verbindingen. De criteria en wijze van vaststellen zijn in hoofdstuk 4 omschreven.

De onder categorie 3 bedoelde situaties worden tijdens de bouwkundige opname vastgelegd. Dit kan betrekking hebben op onder meer verbouwingen, aanbouwen, constructieve aanpassingen. Op basis van criteria die in hoofdstuk 4 zijn geformuleerd wordt nagegaan of het gebouw als gevolg van deze afwijkingen uitgesloten moet worden van typologietoedeling.

In het geval dat een gebouw niet aan een typologie kan worden toegedeeld, kunnen op basis van een of meerdere van de volgende situaties de bijbehorende vervolgacties worden ingezet:

- Er is sprake van een uitsluitingsgrond die op eenvoudige wijze verholpen kan worden. Na het wegnemen van de uitsluitingsgrond kan alsnog tot typologietoedeling worden overgegaan. Voorbeelden zijn het verhelpen van beperkte schade in metselwerk, het vervangen van beschadigde verbindingen of het herstellen van een grote geveldoorbraak.
- Het is op basis van de 7 kenmerken niet mogelijk om tot een toedeling aan een van de typologieën te komen. In dat geval moet het gebouw individueel worden beoordeeld (maatwerk).
- Er is sprake van één of meerdere uitsluitingsgronden die zodanig zijn dat deze niet eenvoudig zijn aan te passen. In dat geval moet het gebouw individueel

worden beoordeeld (maatwerk). Voorbeelden zijn het aanwezig zijn van ernstige schade of de aanwezigheid van significante wijzigingen in de constructie door een grootschalige verbouwing, waardoor deze niet meer past binnen de betreffende typologie.

De volgende aspecten moeten worden afgewogen bij het vaststellen van een eenvoudige maatregel voor het wegnemen van uitsluitingsgronden ten behoeve van typologietoedeling:

- Er hoeft niet of zeer beperkt gerekend te worden bij het vaststellen van de maatregel om de uitsluitingsgrond te verhelpen.
- Het is voldoende maatregelen te treffen die worden gerealiseerd conform de standaard bouwpraktijk.

Opmerking. In het sterktemodel is uitgegaan van de doorsnee bouwpraktijk (waarbij geen rekening gehouden is met een seismische belasting). Omdat de modelonzekerheid en gebouw-tot-gebouw spreiding al is meegenomen in de afleiding van deze typologieën is het voldoende om een maatregel conform de standaard bouwpraktijk te realiseren.

In hoofdstuk 3 wordt achtereenvolgens ingegaan op het vastleggen van de 7 kenmerken. In hoofdstuk 4 is een omschrijving gegeven van de aanvullende criteria voor het uitsluiten van gebouwen aan typologietoedeling. Hoofdstuk 5 geeft het overzicht van de gebruikte typologieën.

3 Vastleggen seismische kenmerken

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft hoe de seismische kenmerken ten behoeve van de typologietoedeling worden vastgesteld. Voor de toekenning van een gebouw aan een typologie moeten in elk geval de volgende vier kenmerken worden vastgesteld:

1. Het materiaal van de draagconstructie die de horizontale krachten afdraagt, voor beide horizontale draagrichtingen (X en Y). Dit kan zijn beton, staal, hout of metselwerk.
2. Het constructiesysteem in zowel X als Y richting, zoals raamwerk of constructie met stabiliteitswanden of andere genoemde systemen.
3. De gebouwhoogte (uitgedrukt in aantal bouwlagen; een kelder telt niet mee, aanwezigheid van een zolder wordt afzonderlijk benoemd).
4. Keuze of het een vrijstaande woning is of geschakelde bouw (bijvoorbeeld rij, 2-onder-1 kap of een appartementengebouw). Bij geschakelde bouw aangeven of dit een seriematige of niet-seriematige bouw is.

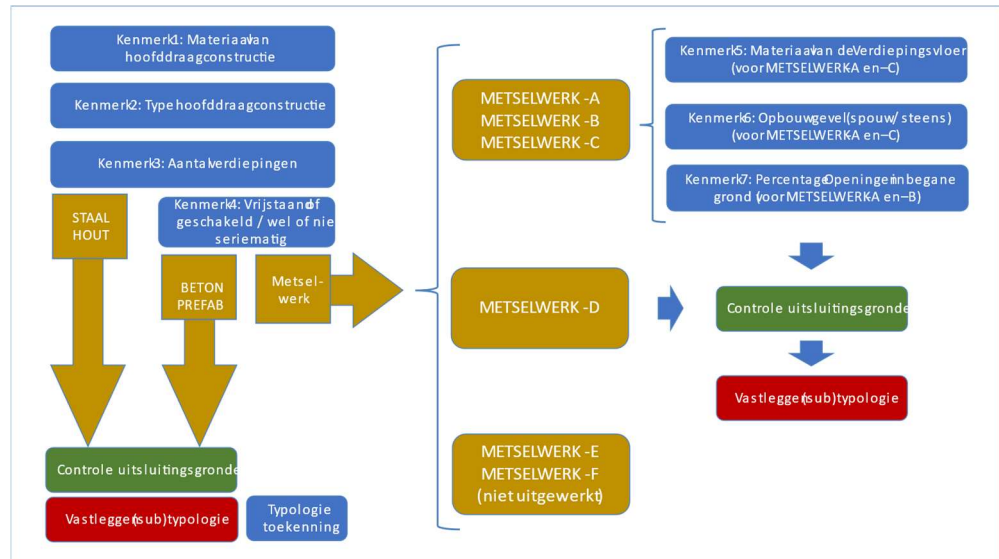
Na het vaststellen van de kenmerken 1 tot en met 4 zijn voor gebouwen opgebouwd uit de constructiematerialen Staal, Hout en Beton (inclusief geprefabriceerd beton) de kenmerken bekend die nodig zijn om vast te stellen of deze gebouwen kunnen worden toegedeeld aan een typologie.

Voor metselwerk gebouwen is een verdere verfijning noodzakelijk. Daarvoor worden onderstaande aanvullende kenmerken vastgesteld:

5. Materiaal van de tweede en hogere bouwlagen (keuze uit beton of hout).
6. Opbouw van de gevels (bestaan de gevels uit steens metselwerk of is er sprake van een spouwmuur).
7. Hoeveelheid openingen in de maatgevende doorsnede van de gevel, uitgedrukt in een percentage.

In onderstaand schema (Figuur 2) is aangegeven welke stappen gezet worden ten behoeve van de typologietoedeling. Naast de stappen 1 tot en met 7 (overeenkomend met de kenmerken 1 tot en met 7) is een controle op aanvullende uitsluitingsgronden nodig. In dit rapport wordt in hoofdstuk 4 nader ingegaan op de aanvullende uitsluitingsgronden en bijbehorende te inspecteren kenmerken.

Het overzicht van de kenmerken en de keuzes die tijdens de bouwkundige opname vastgelegd worden is gegeven in bijlage C.



Figuur 2: Schema toedeling typologie op basis van kenmerken en uitsluitingsgronden.

Hierna wordt per kenmerk weergegeven welke aspecten van belang zijn, welke criteria worden gehanteerd en welke uitsluitingsgronden van toepassing zijn.

3.2 Kenmerk 1: Materiaal van het constructiesysteem

In deze stap wordt het materiaal van het constructiesysteem bepaald. Het constructiesysteem draagt zorg voor de afdracht van de seismische krachten. Bij deze stap wordt het materiaal van de vloeren niet beschouwd. Het materiaal van de vloer is onderwerp van stap 6.

Stap 1 moet in samenhang met Stap 2 (constructiesysteem) worden vastgelegd. Stap 1 en stap 2 worden beschouwd voor beide hoofd draagrichtingen (X en Y) van de constructie. De keuze van X en Y moet met behulp van een schets worden gerapporteerd (zie ook kenmerk 2).

Bronnen

Deze informatie wordt bepaald op basis van een bouwkundige opname van het gebouw, waar nodig aangevuld met informatie op basis van beschikbare bouwtekeningen en berekeningen.

Toedelingscriteria

Onderscheid wordt gemaakt in de materialen staal, hout, metselwerk en beton. Voor het materiaal beton is onderscheid gemaakt tussen in-het-werk gestort beton en geprefabriceerd beton. Voor het constructiemateriaal metselwerk wordt geen onderscheid gemaakt tussen de gebruikte materialen, zoals kalkzandsteen, gasbeton of baksteen.

Opgemerkt wordt dat aanwezigheid van een metselwerk buitenspouwblad niet altijd betekent dat metselwerk het constructiemateriaal is. De dragende delen kunnen ook van beton, staal of hout zijn. Van belang is dus om na te gaan waaruit de hoofd draagconstructie bestaat bij de toedeling van de materiaal soort.

Het constructiemateriaal wordt voor zowel de X als Y richting afzonderlijk vastgelegd.

Uitsluitingsgronden

De volgende eigenschappen van het constructiemateriaal zijn redenen om niet tot typologietoedeling over te gaan:

1. Als sprake is van een ander constructiemateriaal dan hier genoemd.
2. Als het constructiemateriaal onbekend is (bijvoorbeeld omdat de draagconstructie niet zichtbaar is en er geen bouwtekeningen beschikbaar zijn).
3. Als in X en/of Y richting sprake is van meerdere constructiematerialen die zorgen voor de seismische afdracht

OPMERKING: Als dit een combinatie betreft van het materiaal metselwerk met een of meerdere materialen van hout, staal en/of beton; dan kan het materiaal metselwerk als kenmerk worden toegekend.

Indien sprake is van de situatie onder punt 3 kan in de volgende gevallen alsnog tot toedeling aan typologie worden overgegaan:

- 3a Als sprake is van een lichte opbouw (extra bouwlaag van hout of staal) op een constructie van een ander materiaal (beton of metselwerk), dan kan voor de typologietoedeling het materiaal van de onderliggende bouwlagen als uitgangspunt worden genomen.
- 3b Indien sprake is van een ondergeschikte aanbouw, zoals omschreven in paragraaf 3.9.

Resultaat

Resultaat van deze stap is:

- Toekenning van het constructiemateriaal hout, staal, metselwerk of beton per gedefinieerde hoofddraagricting X en Y.
- of
- Vaststelling van een uitsluitingsgrond.

Toelichting

De binnen de typologie aanpak gebruikte modellen voor de gebouwsterkte zijn gebaseerd op berekeningen aan gebouwen waarvan de hoofddraagconstructie bestaat uit een van de genoemde constructiematerialen.

Deze berekeningen zijn uitgevoerd op gebouwen die representatief zijn voor de gebouwen in Groningen. Daarbij is voor de materiaaleigenschappen gevarieerd binnen praktische marges zoals die gelden in Groningen. Het is daarom voldoende om de materiaalsoort te noteren zonder de eigenschappen van het materiaal precies te kennen.

3.3 Kenmerk 2: Constructiesysteem

In deze stap wordt het constructiesysteem van de hoofddraagconstructie van het gebouw vastgesteld. Het constructiesysteem bestaat uit de onderdelen van de draagconstructie die zorgdragen voor de afdracht van de seismische krachten. Het constructiesysteem moet voor elk van de gedefinieerde hoofddraagrictingen van het gebouw worden vastgesteld. Stap 2 moet in samenhang met Stap 1 (materiaal) worden vastgelegd.

Stap 1 en stap 2 worden beschouwd voor beide hoofddraagrichtingen (X en Y) van de constructie. Indien het constructiesysteem voor X en Y richting verschilt, wordt, als het in te schatten is op basis van de inspectie voor de X richting de sterke richting en voor de Y richting de zwakste richting gekozen. De keuze van X en Y moet met behulp van een schets worden gerapporteerd.

Bronnen

Deze informatie kan worden bepaald op basis van bouwtekeningen en berekeningen in archieven en/of aan de hand van een bouwkundige opname waarbij vastgelegd wordt welk constructiesysteem voor de belastingafdracht zorgt.

Vastgelegd moet worden:

- tekening of schets met definitie X en Y richting;
- constructiesysteem (aanvinken in lijst) in X en Y richting.

Vastgelegd wordt voor elk van de hoofddraagrichtingen of voor de betreffende richting de afdracht van de seismische krachten wordt verzorgd door een van de genoemde constructiesystemen. Als dat niet het geval is kan worden aangegeven of er sprake is van meerdere constructiesystemen in een richting die gezamenlijk zorgen voor de afdracht, dan wel dat sprake is van een ander constructiesysteem.

Toedelingscriteria

Onderscheid wordt gemaakt in meerdere constructiesystemen. Voor de indeling wordt gebruik gemaakt van de indeling in de GEM Taxonomy [Brzev et al, 2013]. Dit is toegelicht in het hoofdrapport [TNO, 2021]. Tabel 1 is overgenomen uit dat rapport en geeft de mogelijkheden voor het constructiesysteem.

Tabel 1: Overzicht van constructiesystemen uit de GEM Taxonomy

Code	Omschrijving constructiesysteem
L99	Unknown lateral load-resisting system
LN	No lateral load-resisting system
LFM	Moment frame
LFINF	Infilled frame
LFBR	Braced frame
LPB	Post and beam
LWAL	Wall
LDUAL	Dual frame-wall system
LFLS	Flat slab/plate or waffle slab
LFLSINF	Infilled flat slab/plate or infilled waffle slab
LH	Hybrid lateral load-resisting system
LO	Other lateral load-resisting system

Van deze lijst zijn alleen die keuzes gebruikt die voor Groningen van toepassing zijn. Deze constructiesystemen komen niet bij alle te onderscheiden constructiematerialen voor. De volgende constructiesystemen worden onderscheiden, waarbij ook benoemd is bij welke materialen het betreffende systeem kan worden gevonden.

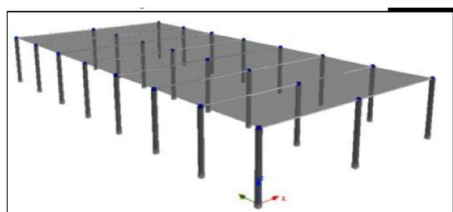
Schijfwerking uit wanden [LWAL]

Hierbij verzorgen wanden en/of gevels de afdracht van de belastingen. Dit betreft dragende wanden uit metselwerk en beton, binnenspouwbladen van metselwerk en beton. Ook de beplating bij houtskeletbouw of lichte staalbouwconstructies verzorgt schijfwerking.

Als de stabiliteit wordt verzorgd door penanten in de gevels of door binnenwanden is eveneens sprake van dit constructiesysteem.

Kolom en balk constructies [LPB]

Draagconstructies met kolommen en balken, waarvan de kolommen niet-momentvast verbonden zijn met de balken of vloeren. De stabiliteit volgt bijvoorbeeld uit momentvaste verbindingen van de kolommen op de begane grond in combinatie met het doorverbinden van de balken (dit kunnen ook vloeren zijn die de functie van de balk hebben). Dit constructiesysteem kan voorkomen in de materialen beton of staal. Een voorbeeld is gegeven in Figuur 3.

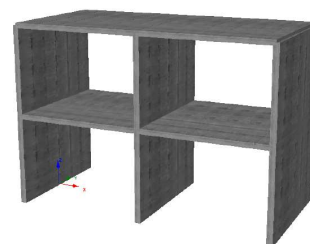


Figuur 3: Schematische weergave van een kolom-en-balk constructie

Momentvast raamwerk [LFM]

Hierbij is sprake van een draagconstructie waarbij de verticale en horizontale dragende delen momentvast met elkaar zijn verbonden.

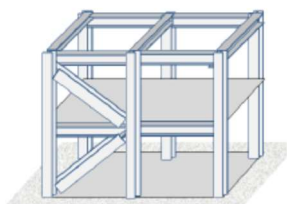
Er zijn geen andere elementen die de stabiliteit verzorgen aanwezig. Momentvaste raamwerken komen met name voor bij betonnen en stalen constructies, zie Figuur 4.



Figuur 4: Voorbeeld van een momentvast raamwerk uit staal (links) en beton (in langsrichting) (rechts)

Raamwerk met schoorconstructie [LFBR]

Hierbij is sprake van een draagconstructie met kolommen en balken waarbij deze niet momentvast met elkaar zijn verbonden. De stabiliteit wordt verzorgd door diagonalen tussen de kolommen.



Figuur 5: Schematische weergave van een raamwerk met schoren

Portaalconstructie

Dit betreft hallen waarvan de overspanningen worden gevormd door portaalconstructies, zoals driescharnierspanten. Deze constructies komen met name voor in het materiaal staal of hout, zie Figuur 6. Dit is geen aparte categorie in de GEM Taxonomy. In de GEM Taxonomy zijn deze als raamwerken aangeduid. Ten behoeve van de typologiedefinities is dit als afzonderlijk type toegevoegd.



Figuur 6: Voorbeelden van portaalconstructies uit staal (links) en hout (rechts).

Hybride

Indien er sprake is van een hybride systeem, waarbij de krachtsafdracht door een combinatie van constructiesystemen wordt verzorgd (bijvoorbeeld een raamwerk met invulwanden) dan wordt dit aangeduid als respectievelijk hybride.

Anders

Indien een ander constructiesysteem wordt gevonden als de hier gedefinieerde dan wordt dit aangeduid als anders.

Indien een gebouw bestaat uit meerdere gebouwdelen dan wordt per gebouwdeel vastgelegd welke afmetingen het gebouwdeel heeft en welk constructiesysteem aanwezig is. Voor de beschrijving hoe omgegaan moet worden met aanbouwen in de typologietoedeling wordt verwezen naar paragraaf 3.9.

Uitsluitingsgronden

Indien een van de volgende situaties van toepassing is, is sprake van een kenmerk op basis waarvan geen typologie kan worden toegedeeld:

- Het constructiesysteem is gekarakteriseerd als anders of als hybride.
- Er kan geen eenduidig constructiesysteem voor een hoofddraagrichting. (X en/of Y) worden toegekend. Dit kan het geval zijn bij gebouwen die bestaan uit meerdere bouwdelen van vergelijkbare grootte waarbij per bouwdeel sprake is van een ander type draagconstructie in X en/of Y richting.

Resultaat

Resultaat van deze stap is:

- per hoofdgraagrichting (X en Y) een toekenning van een constructiesysteem, of
- aanduiding dat geen constructiesysteem kan worden toegekend (uitsluitingsgrond).

Toelichting

De gekozen constructiesystemen zijn afgestemd op de meest voorkomende bouwwijzen in Nederland. De constructiesystemen zijn zoveel mogelijk doorgerekend aan de hand van gebouwen die in Groningen aanwezig zijn. Voor metselwerk zijn alle kwetsbaarheidskrommen gebaseerd op specifieke voor Groningen representatieve berekeningsresultaten.

Opgemerkt wordt dat bij het realiseren van aanbouwen sprake kan zijn van het doorbreken van oorspronkelijke gevels van het oorspronkelijke gebouwdeel. De invloed van de aldus gecreëerde opening moet voor metselwerk constructies worden beschouwd bij de typologie indeling in Stap 7 Hoeveelheid openingen in de maatgevende doorsnede van de gevel. Daarnaast is bij de omschrijving van de uitsluitingsgronden nader ingegaan op de invloed van verbouwingen.

3.4 Kenmerk 3: Aantal bouwlagen

In deze stap wordt het aantal bouwlagen vastgesteld. Tevens wordt in het geval sprake is van een hellend dak vastgelegd op welk niveau de goot zich bevindt.

Bronnen

Deze informatie kan worden bepaald op basis van bouwtekeningen en/of aan de hand van een bouwkundige opname van het gebouw.

Toedelingscriteria

Het aantal bouwlagen van het gebouw wordt genoteerd. Hierbij worden kelders niet meegeteld en worden zolders apart benoemd (dus bijvoorbeeld een gebouw heeft "2 bouwlagen + een zolder" in plaats van "3 bouwlagen").

Daarnaast wordt in het geval van een dakopbouw vastgelegd of deze wel of niet als bouwlaag wordt beschouwd:

- Indien een gebouw bij een verbouwing of uitbreiding is voorzien van een zware dakopbouw, dan is deze dakopbouw te beschouwen als een extra bouwlaag. Er is sprake van een zware dakopbouw als deze een draagconstructie heeft van beton en/of metselwerk.
- Indien in het geval van seriematige bouw binnen één bouwkundige eenheid (zoals rijwoningen of appartementengebouw) sprake is van woningen met en woningen zonder een extra verdieping, dan is het volgende van toepassing:
 - o Indien het aantal bouwlagen binnen de bouwkundige eenheid 3, 4 of 5 is, dan moet het aantal bouwlagen gelijk worden genomen aan het laagste aantal bouwlagen wat binnen het gebouw wordt gevonden.
 - o Indien het aantal bouwlagen binnen de bouwkundige eenheid 1, 2 of 3 is, dan moet het aantal bouwlagen gelijk worden genomen aan 2.

Indien sprake is van een lichte opbouw (hiervan is sprake als het een opbouw met een houten of stalen draagconstructie betreft op een bestaand gebouw met een betonnen of metselwerk draagconstructie) dan hoeft deze extra dakopbouw niet meegeteld te worden bij het aantal bouwlagen. Deze lichte opbouw is ondergeschikt voor het seismisch gedrag van het gebouw.

Van belang is de hoogte van de goot die evenwijdig aan de nok van het dak loopt. Deze goothoogte wordt gemeten ten opzichte van het maaiveld. Genoteerd wordt ter hoogte van welke bouwlaag de goot zich bevindt.

Opmerking: In paragraaf 5.1.3 wordt de rol toegelicht van de goothoogte bij de toekenning van een vrijstaand gebouw aan een typologie.

Uitsluitingsgronden

Er zijn geen uitsluitingsgronden voor het aantal bouwlagen.

Ten aanzien van het effect van de aanwezigheid van dakkapellen op de typologietoewijzing wordt verwezen naar de overige uitsluitingsgronden in hoofdstuk 4.

Resultaat

Per gebouw is vastgelegd om hoeveel bouwlagen het gaat en of er aanvullend sprake is van een zolder, dan wel dakopbouw. Op basis daarvan is de volgende indeling naar aantal bouwlagen van toepassing:

- 1 of 2 bouwlagen (eventueel met zolder),
- 3 of 4 bouwlagen (eventueel met zolder),
- 5 of 6 bouwlagen.

Opmerking: In het geval van een constructiesysteem van staal is een typologie STAAL-A gedefinieerd met 1 bouwlaag.

In het geval van een hellend dak is aangegeven wat de hoogte is van de goot (of goten) die evenwijdig lopen met de nok van het dak.

3.5 Kenmerk 4: Vrijstaand of geschakelde bouw

Bronnen

Deze informatie kan worden bepaald op basis van bouwtekeningen en/of aan de hand van een bouwkundige opname van het gebouw.

Toedelingscriteria

Vastgesteld wordt of een adres onderdeel uitmaakt van een vrijstaand gebouw of dat er sprake is van geschakelde bouw. Voor geschakelde bouw wordt vastgesteld of sprake is van niet-serieel of serieel bouw.

Het gebouw is als vrijstaand beschouwd als het gebouw niet is gekoppeld met andere gebouwen en als de volgende situaties van toepassing zijn:

- 1: Het gebouw bestaat uit 1 adres, of
- 2: Het gebouw bestaat uit 2 adressen en
 - het gebouw kan worden beschouwd als één grote woning opgedeeld in 2 adressen en
 - er is sprake van niet-serieel bouw.

Indien het gebouw niet als vrijstaand wordt beschouwd geldt dat er sprake is van geschakelde bouw. Bij geschakelde bouw is altijd sprake van 2 of meer adressen, waarbij tussen de verschillende adressen gedeelde constructiedelen aanwezig zijn,

zoals de funderingsbalken of woningscheidende wanden. Bij geschakelde bouw wordt onderscheid gemaakt in seriematig geschakeld, zoals bij rijtjeswoningen die met hetzelfde bouwsysteem binnen hetzelfde bouwproject zijn gerealiseerd of een appartementengebouw, of niet-seriematig geschakeld, zoals bij binnenstedelijke gebouwen, waarbij deze individueel zijn gerealiseerd.

Uitsluitingsgronden

Als twee vrijstaande gebouwen zeer dicht naast elkaar zijn gebouwd zonder gedeelde fundering of gedeelde bouwmuren, dan worden beide gebouwen uitgesloten van typologietoedeling. Als uitsluitingsgrond geldt dat de kleinste afstand tussen deze gebouwen kleiner is dan 25 cm (dit komt overeen met 2% van de hoogte bij vierlaagse gebouwen, voor achtergrond bij dit criterium zie de toelichting hieronder). Indien dit gevels met goten betreft wordt voor de aan te houden gebouwhoogte de goothoogte gehanteerd.

Deze uitsluitingsgrond is ook van toepassing als sprake is van rijtjes of appartementengebouwen die dicht bij elkaar zijn gebouwd. Dan geldt de eis voor de respectievelijk bouwkundige eenheid.

Opmerking: Indien sprake is van een als zodanig ontworpen en gerealiseerde combinatie van seriematig geschakelde bouw van typologieën METSELWERK-A, BETON1 en/of METSELWERK-D, dan worden de adressen ingedeeld volgens de voor het adres van toepassing zijnde typologie.

OPMERKING: Voorbeeld zijn vrijstaande woningen die via een of twee tussenliggende garages zijn gekoppeld. Indien de garages als ondergeschikte aanbouw kunnen worden beschouwd ten opzichte van de bijbehorende woning is deze uitsluitingsgrond niet van toepassing.

Indien binnen 1 adres gebouwen via een ondergeschikte aanbouw zijn verbonden gelden de regels voor aanbouwen zoals geformuleerd in 3.9.

Resultaat

Resultaat van deze stap is:

- Per adres is vastgelegd of het een vrijstaand gebouw of geschakelde bouw betreft. Bij geschakelde bouw is aangegeven of er sprake is van seriematige of niet-seriematige bouw.
- of
- Er is sprake van een uitsluitingsgrond.

Toelichting

De beoordeling op typologieniveau gebeurt op het niveau van de bouwkundige eenheid waartoe het adres behoort waarvoor de beoordeling nodig is. Een rij woningen wordt gezien als één bouwkundige eenheid. Deze wordt gevormd door geschakelde woningen, en daarom wordt dit geschakelde bouw genoemd. Alle adressen in deze bouwkundige eenheid behoren tot dezelfde typologie. Ook een appartementengebouw is een bouwkundige eenheid.

De uitsluitingsgrond op basis van de afstand tussen vrijstaande gebouwen is erop gebaseerd dat indien ontkoppelde gebouwen zeer dicht bij elkaar zijn gebouwd, het

gedrag van het ene gebouw van invloed kan zijn op het gedrag van het naastgelegen gebouw.

Uitgegaan wordt van een toelaatbare verplaatsing van 1% van de hoogte bij een tweelaags gebouw (afgeleid uit tabel G.2 van NPR9998:2020). Er wordt een verplaatsing van ongeveer 5 á 6 cm gevonden. Als twee gebouwen elk deze verplaatsing ondervinden en in tegenfase zijn is een minimale afstand van 12 cm (2% van de hoogte) nodig om te voorkomen dat de gebouwen elkaar mogelijk raken. Nadere extrapolatie voor drie- of vierlaagse gebouwen levert een minimum tussenafstand van 25 cm, wat eveneens overeenkomt met 2% van de hoogte.

3.6 Kenmerk 5: Materiaal van de vloer van de tweede en hogere bouwlaag

Het materiaal van de vloer van de tweede bouwlaag wordt vastgesteld. Bij gebouwen met meerdere bouwlagen wordt het materiaal van de hogere bouwlagen vastgesteld.

Bronnen

Deze informatie kan worden bepaald op basis van bouwtekeningen en/of aan de hand van een bouwkundige opname van het gebouw.

Toedelingscriteria

Onderscheid wordt gemaakt in hout en beton. Bij betonnen vloeren wordt geen onderscheid gemaakt naar type vloer (zoals in het werk gestort, systeemvloer of breedplaatvloer). Opgemerkt wordt dat NeHoBo vloeren worden beschouwd als betonnen vloeren. Verder verandert bij houten vloeren de aanwezigheid van een lichte afwerking anders dan hout (zoals staalplaten met betonnen deklaag) de keuze voor het materiaal hout niet als dit een beperkt oppervlak van de vloer betreft.

Opmerking: Het materiaal van de begane grondvloer is ondergeschikt voor het seismisch gedrag en is geen criterium voor typologietoedeling.

Uitsluitingsgronden

In de volgende gevallen is sprake van een uitsluitingsgrond:

1. Indien bij gebouwen uit metselwerk een ander materiaal dan beton of hout is toegepast voor de vloer van de tweede bouwlaag (bijvoorbeeld gemetselde gewelfvloeren).
2. Indien de vloer van de tweede bouwlaag:
 - o van beton is en:
 - o niet in het werk is gestort, en
 - o niet voorzien is van een druklaag, en
 - o er is sprake van verschillende draagrichtingen.
3. Indien meer dan 20% van het vloeroppervlak bestaat uit een materiaal dat afwijkt van het materiaal van de oorspronkelijke vloerconstructie.
4. Indien 5m² of meer van de oppervlakte van de vloer van de tweede of hogere bouwlaag ontbreekt ten behoeve van een vide.

OPMERKING: Deze uitsluitingsgrond verdisconteert twee zaken:

1: Schijfwerking van de vloer.

2: Door de vide ontstaan mogelijk hoge lateraal ongesteunde wanden.

OPMERKING: Indien de uitsluitingsgrond van lateraal ongesteunde wanden kan worden weggenomen is de aanwezigheid van een vide groter dan 20% van het vloeroppervlak een uitsluitingsgrond.

Resultaat

Resultaat van deze stap is:

- Per gebouw is vastgelegd dat het materiaal van de vloer van de tweede bouwlaag beton of hout is;
of
- Er is sprake van een ander materiaal van de vloer van de tweede bouwlaag.

Toelichting

Het materiaal van de vloer van de tweede bouwlaag is relevant voor het gedrag van metselwerk gebouwen en is daarom een toedelingscriterium bij gebouwen van metselwerk. Voor gebouwen met hoofddragconstructies van hout, staal of beton wordt het materiaal van de vloer van de tweede bouwlaag niet als typologiekenmerk gebruikt.

In de gebruikte berekeningen om de eigenschappen van de typologieën te bepalen is gevarieerd in eigenschappen en typen betonnen vloeren (o.a. kanaalplaat met dekvloer, breedplaat-, Nehobo, Kwaaitaalvloer, met variatie in aanwezigheid van wapening bovenin de vloer). Ook is in de berekeningen gevarieerd in de aansluitingen van vloeren met de gevel en met andere constructie-elementen, om zo de variatie in verschillende vloertypen te verdisconteren in de gebouw-tot-gebouw variatie.

3.7 Kenmerk 6: Opbouw van de metselwerk gevel

De horizontale doorsnede van de metselwerk gevel wordt vastgelegd. Dit is alleen van toepassing voor gebouwen waarbij het constructiesysteem bestaat uit metselwerk.

Bronnen

Deze informatie kan worden bepaald op basis van bouwtekeningen en/of aan de hand van een bouwkundige opname van het gebouw.

Toedelingscriteria

Alle gevels van het gebouw worden beschouwd. Onderscheid wordt gemaakt in de volgende situaties:

- In het gebouw is in ten minste 1 gevel een spouwmuur aanwezig.
- Alle gevels van het gebouw zijn opgebouwd uit steens metselwerk.
- Er is sprake van een andere opbouw.

Indien een gebouw zowel spouwmuren als steens muren heeft, moet het kenmerk spouwmuur worden gekozen, omdat deze het gevoeligst is voor aardbevingsbelasting (zowel in-het-vlak als uit-het-vlak). Indien sprake is van een andere opbouw moet de gevel worden beschouwd als spouwmuur tenzij kan worden aangetoond dat deze zich constructief gedraagt als een steens muur.

Uitsluitingsgronden

Er zijn geen uitsluitingsgronden gedefinieerd.

Resultaat

Voor metselwerk gebouwen is de opbouw van de gevels vastgelegd, alsmede de aanduiding van de maatgevende opbouw.

Toelichting

Een spouwmuur is opgebouwd uit een (al dan niet dragend) gemetseld binnen-spouwblad, een luchtspouw (die geheel of deels gevuld kan zijn met isolatiemateriaal) en een buitenspouwblad. Binnen- en buitenspouwblad zijn verbonden met spouwankers. Zowel binnen- als buitenspouwblad zijn halfsteens uitgevoerd. Bij spouwmuren is de aanwezigheid van, en het aantal, spouwankers meegenomen in de variatiestudies. Er is daarom geen inspectie vereist van de spouwankers.

Een steens muur heeft een dikte gelijk aan de lengte van een steen (een strek) en is in verband gemetseld. Deze is niet voorzien van een luchtspouw.

Voorbeelden van metselwerk gevels waarbij een andere opbouw wordt gevonden dan een spouwmuur of steensmuur zijn:

1. Indien een (deel van een) muur bestaat uit halfsteens metselwerk (zonder spouw en buitenblad) dan moet deze muur worden beoordeeld als een spouwmuur.
2. Een muur waarbij twee halfsteens bladen koud (zonder spouw en zonder dwarsverband in de muur) tegen elkaar zijn aangebracht kan niet als steens muur worden ingedeeld vanwege het ontbreken van verband over de dikte van de muur. Deze situatie moet worden beschouwd als een spouwmuur (met een spouwdikte van 0 mm).

3.8 Kenmerk 7: Percentage openingen op begane grond in maatgevende doorsnede van de metselwerk gevel

Voor geschakelde metselwerk gebouwen die seriematig zijn gebouwd, wordt het percentage openingen in de gevel van de begane grondvloer vastgelegd. Deze stap wordt alleen uitgevoerd voor gebouwen die aan typologiegroep METSELWERK-A of METSELWERK-B zijn toegedeeld (rijwoningen, drive-in woningen, twee-onder-1 kap woningen).

Bronnen

Deze informatie kan worden bepaald op basis van bouwtekeningen en/of aan de hand van een bouwkundige opname van het gebouw.

Toedelingscriteria

Ten behoeve van het bepalen van dit percentage openingen worden de langsgevels beschouwd. Voor de gevel op de begane grond (eerste bouwlaag) wordt bepaald op welke hoogte (horizontale doorsnede) het kleinste aandeel metselwerk aanwezig is (ofwel waar het aandeel openingen het grootste is). Op deze hoogte wordt de verhouding bepaald (als percentage) tussen de totale lengte van de aanwezige openingen versus de totale lengte van de gevel. Dit wordt gedaan voor zowel de voor- als achtergevel. Maatgevend is het hoogste percentage van de voor- dan wel achtergevel.

In geval van gebouwen met aanbouwen geldt dat de doorgang naar de aanbouw wordt gezien als opening in de gevel van het hoofdgebouwdeel. Voor die gevel moet de verhouding openingen in de gevel worden bepaald.

Uitsluitingsgronden

Er zijn geen uitsluitingsgronden gedefinieerd op basis van dit kenmerk, voor de typologieën waarbij dit kenmerk van belang is voor typologietoedeling.

Resultaat

Per gebouw wordt een (maatgevend) percentage openingen van de langsgevel op de begane grond genoteerd.

Toelichting

Het is voldoende om het percentage openingen in de maatgevende gevel als typologie kenmerk aan te houden en niet verder te differentiëren naar de afmetingen van de penanten. De breedte van de voor het constructiegedrag verantwoordelijke penanten is gevarieerd in de berekeningen. Variaties in deze breedte zijn derhalve verwerkt in de variatie binnen de typologieën.

Voor de bepaling van het percentage gevelopeningen in de maatgevende gevel-snede is aan de hand van Figuur 7 toegelicht hoe de bepaling wordt gedaan. Hierbij is aangenomen dat de getoonde gevel meer openingen bevat dan de achtergevel en derhalve als maatgevend beschouwd kan worden.



Figuur 7: Bepaling van percentage openingen in langsgevel.

Op hoogte h_1 in Figuur 7 is een doorsnede gegeven over achtereenvolgens metselwerk, vensters, metselwerk, voordeur, venster en weer metselwerk. Op hoogte h_2 is de doorsnede over metselwerk, voordeur, venster en weer metselwerk. Kozijnen worden evenals vensterruiten als opening beschouwd. Op hoogte h_1 is sprake van in totaal meer openingen, de doorsnede van de gevel op deze hoogte is in dit geval maatgevend voor het bepalen van het percentage openingen. De totale lengte van de openingen over de doorsnede op hoogte h_1 wordt gedeeld door de totale lengte van de doorsnede en in een percentage uitgedrukt.

3.9 Omgang met aanbouwen

Een aanbouw is doorgaans gedefinieerd als “een gedeelte van een gebouw dat tegen een bestaand gebouw is aangebouwd”. Ten behoeve van de typologie-

aanpak worden ook gedeelten die tegelijk met het bouwen van het gebouw worden gerealiseerd als aanbouw beschouwd. Voorbeeld is een garage tegen een woonhuis. De garage wordt als aanbouw beschouwd, ook als deze tegelijk met het woonhuis is gebouwd. Indien een deel van een gebouw later is toegevoegd aan het bestaande gebouw, wordt deze altijd als aanbouw beschouwd. Naast aanbouw wordt in de praktijk ook het begrip uitbouw gebruikt. In het kader van typologisch toedelen wordt altijd het begrip aanbouw gebruikt.

Als een gebouw is voorzien van een aanbouw, dan is één van de volgende situaties van toepassing:

- A: De aanbouw is ondergeschikt en de typologietoekenning gebeurt op basis van de eigenschappen van het hoofdgebouw.
- B: De aanbouw is niet ondergeschikt en het adres/gebouw kan niet aan een typologie worden toegekend.

Om te bepalen of een aanbouw wel of niet ondergeschikt is, moeten de volgende aanvullende kenmerken zijn bepaald:

- de oppervlakte van de aanbouw en verhouding van deze oppervlakte ten opzichte van de oppervlakte van het hoofdbouwdeel;
- het aantal bouwlagen van de aanbouw, inclusief aanwezigheid van een zolder: Indien sprake is van een aanbouw met 1 bouwlaag wordt vastgelegd of deze een plat dak heeft.
- aantal bouwlagen van hoofdbouwdeel;
- het materiaal en type van de draagconstructie waaruit de aanbouw is opgebouwd.

Voor gebouwen met een L-vormige of T-vormige plattegrond geldt dat de plattegrond kan worden verdeeld in een rechthoekig hoofddeel (1 in onderstaande figuur) en een deel dat als aanbouw wordt beschouwd (2 in onderstaande figuur).

Vervolgens worden de regels voor aanbouwen toegepast.



Opmerking: De uitsluitingsgronden voor aanbouwen zijn van toepassing op het gebouw, voor zowel vrijstaande als geschakelde gebouwen zoals rijwoningen en appartementen. In geval van rijwoningen en appartementen is het hoofdbouwdeel dus het gehele gebouw.

Voor het beoordelen van het wel of niet ondergeschikt zijn van een aanbouw, gelden de volgende regels:

- 1: Bij hoofdgebouwen bestaande uit meer dan één bouwlaag (2 of meer bouwlagen of één bouwlaag en een zolder) geldt voor de aanbouw:

- Een aanbouw die bestaat uit 1 bouwlaag met een plat dak (alleen begane grond, zonder zolder) wordt als ondergeschikt beschouwd.
- Een aanbouw die bestaat uit 1 bouwlaag met zolder waarbij de constructie van het hellende dak afgedragen wordt op alleen de aanbouw wordt als ondergeschikt beschouwd.

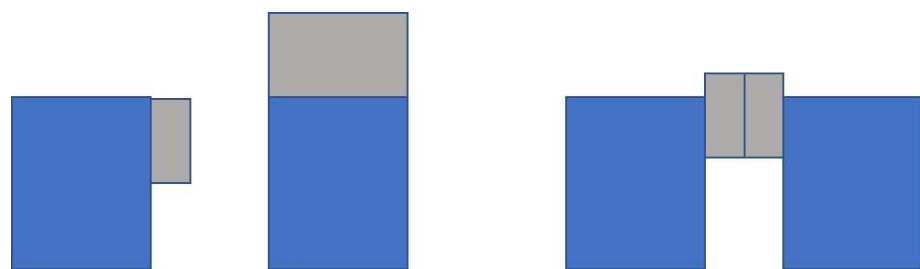
2: Indien meerdere aanbouwen aanwezig zijn, dan wordt de oppervlakte van alle aanbouwen opgeteld, en telt voor het aantal bouwlagen waaraan wordt getoetst het aantal van de aanbouw met de meeste bouwlagen. Niet meegeteld worden de aanbouwen met 1 bouwlaag met een plat dak of hellend dak (zoals bedoeld onder 1).

3: Indien het aantal bouwlagen van het hoofdbouwdeel 2 of meer is, dan is een aanbouw ondergeschikt als de aanbouw maximaal 2 bouwlagen (inclusief eventuele zolder) heeft en het oppervlak van de aanbouw(en) ten hoogste 50% is van het oppervlak van het hoofdbouwdeel. Zie ter illustratie Figuur 8.

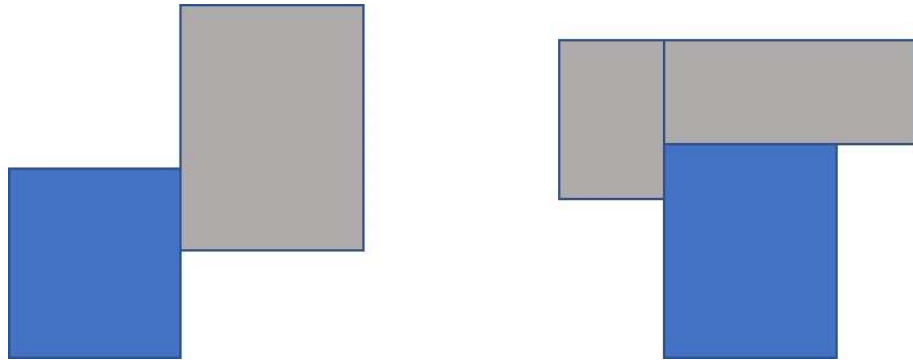
4: Indien een aanbouw is gebouwd uit een constructie van hout en/of staal en het hoofdbouwdeel opgebouwd is uit beton en/of metselwerk, dan is de aanbouw in alle gevallen ondergeschikt ongeacht het aangebouwde oppervlak en de hoogte.

5: Indien een deel van een gebouw is gesloopt en vervangen door een nieuw deel, wordt het nieuwe deel als integraal deel van het gebouw beschouwd als het materiaal, constructieprincipe en de vorm en afmetingen van de plattegrond overeenkomen met die van het originele gebouw. Is dit niet het geval dan wordt het nieuwe deel als een aanbouw beschouwd. Verder wordt verwezen naar de uitsluitingsgronden met betrekking tot verbouwingen.

Indien een aanbouw niet ondergeschikt is, wordt het gebouw, inclusief aanbouw, niet aan een typologie toegedeeld. Voorbeelden zijn gegeven in Figuur 9.



Figuur 8: Voorbeelden van ondergeschikte aanbouwen (Blauw: hoofdbouwdeel, Grijs: aanbouw).

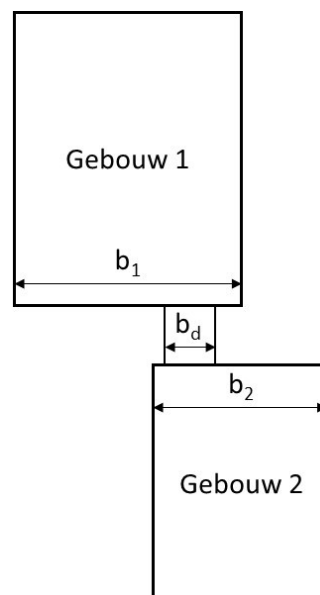


Figuur 9: Voorbeelden van niet-ondergeschikte aanbouwen, aangenomen dat de aanbouwen hetzelfde aantal bouwlagen hebben als het hoofbouwdeel.

Indien binnen een adres sprake is van niet-ondergeschikte aanbouwen die niet direct aan het gebouw zijn verbonden, maar via een doorgang waarvoor geldt:

- 1: De doorgang is maximaal 1 bouwlaag hoog met plat of hellend dak zonder een beloopbare zolder, en
- 2: De aansluiting tussen de doorgang met de andere bouwdelen voldoet aan de volgende voorwaarden: [zie figuur 9b]
 - de breedte is maximaal 3 meter, ofwel $b_d \leq 3$ m, en
 - de breedte is niet meer dan de helft van de totale breedte van de aansluitende gevels van het gebouw en niet-ondergeschikte aanbouw. Ofwel $b_d \leq \frac{1}{2} b_1$ en $b_d \leq \frac{1}{2} b_2$, en
- 3: Er is sprake van een (plat) dak constructie van een licht materiaal (bijvoorbeeld hout of staal),

dan worden het gebouw en de via de doorgang verbonden aanbouw afzonderlijk toegedeeld en beoordeeld (alsof de doorgang niet aanwezig is).



Figuur 9b: Toelichting bij omgang met niet-ondergeschikte aanbouwen die zijn verbonden via een doorgang.

3.10 Omgang met schoorstenen/rookkanalen

Ten aanzien van schoorstenen heeft ACVG geadviseerd in [ACVG, 2022] om zogenoemde verslechte schoorstenen uit te sluiten van typologietoedeling indien sprake is van één van de volgende situaties:

- Gemetselde rookkanalen die in pandig schuin zijn opgetrokken over een lengte van meer dan 5 meter en niet voldoende zijn ondersteund.
- Gemetselde rookkanalen die in pandig verticaal zijn opgetrokken met een verhouding tussen de ongesteunde hoogte en de breedte van > 20 .

4 Aanvullende uitsluitingsgronden

4.1 Inleiding

Bij de ontwikkeling van de typologieën is rekening gehouden met een marge als gevolg van variaties binnen een typologie. Indien in de praktijk bij een gebouw de afwijkingen te groot zijn en de mogelijkheid bestaat dat het gebouw daarmee niet meer binnen de toelaatbare marges past, moet dit gebouw uitgesloten worden van toedeling. In dat geval kan een gebouw niet volgens de eigenschappen van een typologie worden beoordeeld en is sprake van een uitsluitingsgrond. Deze uitsluitingsgronden worden in dit hoofdstuk behandeld.

Bij de bepaling en vastlegging van de seismische kenmerken zijn uitsluitingsgronden vastgelegd die direct gerelateerd zijn aan de betreffende kenmerken. Deze zijn in hoofdstuk 3 gegeven. Daarnaast zijn er aanvullende redenen die ertoe kunnen leiden dat een beoordeling volgens een typologie niet gerechtvaardigd is. Allereerst betreft dit het aanwezig zijn van constructieve schade in de dragende delen, dit wordt in paragraaf 4.2.1 toegelicht. Daarnaast is nog een aantal andere uitsluitingsgronden van toepassing die te maken hebben met wijzigingen in de dragende delen en de kwaliteit van verbindingen. Deze zijn in dit hoofdstuk gespecificeerd. De kenmerken horend bij deze aanvullende uitsluitingsgronden worden tijdens een bouwkundige opname vastgesteld.

4.2 Constructieve schade aan dragende delen

Voor de bepaling van de eigenschappen van de gebouwen binnen de typologieën zijn per typologie berekeningen uitgevoerd aan een of meerdere referentiegebouwen. Bij deze berekeningen is gevarieerd met betrekking tot materiaaleigenschappen en constructieve verbindingen binnen in de praktijk voorkomende marges, waarbij eventuele schade niet zodanig is dat deze de constructieve samenhang beïnvloedt. Bij verminderde constructieve samenhang wordt het seismisch gedrag slechter. Indien het seismisch gedrag van een gebouw te veel afwijkt van dat van het referentiegebouw (oftewel de afwijking valt buiten de gehanteerde marges), dan kan het gebouw niet toegedeeld worden aan de betreffende typologie. Gebouwen waarbij wordt vermoed dat dit (naar aanleiding van een inspectie) wel het geval is, worden als uitzondering beschouwd. Dit betekent dat bij de inspectie van gebouwen nagegaan moet worden of het gebouw vrij is van zodanige schade dat het constructieve gedrag te veel negatief wordt beïnvloed. Dit wordt in paragraaf 0 nader omschreven.

4.2.1 *Schade in metselwerk*

Het overgrote deel van de gebouwen in Groningen waarvoor de beoordeling op veiligheid wordt uitgevoerd, zijn metselwerk gebouwen. De constructieve samenhang wordt bij metselwerk verzorgd door het metselverband. Metselwerk kan haar samenhang verliezen als er sprake is van lange doorgaande scheuren met grote scheurwijdtes. Voor de definitie van een uitsluitingsgrond als gevolg van schade in metselwerk is gekozen voor een criterium op basis van scheurwijdtes. De scheurwijdte kan aan de hand van een inspectie worden vastgesteld.

De uitsluitingsgrond is gerelateerd aan de schade classificatie uit Tabel 2. In deze classificatie zijn scheurwijdtes in metselwerk genoemd als criterium voor de indeling in een schadeklasse. In de classificatie is daarnaast een omschrijving gegeven van

symptomen die veroorzaakt worden door de schade een indicatie van de scheefstand en is de schade ingedeeld als esthetisch, functioneel of constructief. De gekozen classificering is gebaseerd op BRE Digest 251 [BRE, 1995].

Schade-categorie	Schade-klasse	Omschrijving	Scheurwijdte (metselwerk)	Karakterisering schadebeeld	Relatieve Hoekverdraaiing (ter indicatie)
	0	Verwaarloosbaar	< 0,1 mm	Haarscheurtjes	< 1:1600 – 1:500
Esthetisch	1	Zeer licht	0,1 tot 1 mm	Enige scheurvorming in metselwerk. Kleine scheuren, meestal beperkt tot pleisterwerk, die eenvoudig kunnen worden weggewerkt.	1:1600 – 1:300
	2	Licht	tot 5 mm	Scheuren kunnen aan de buitenzijde zichtbaar zijn en kunnen tot vochtdoorslag leiden. Deuren en ramen klemmen licht. Geringe scheurvorming, kan eenvoudig hersteld worden.	1:1600 – 1:300
Functioneel	3	Matig	5 tot 15 mm, of meerdere scheuren > 3 mm	Deuren en ramen klemmen. Mogelijke schade aan nutsaansluitingen. Vochtdoorslag mogelijk. Scheuren zijn zodanig dat metselwerk dient te worden hersteld	1:1600 – 1:100
	4	Ernstig	15-25 mm, Ook afhankelijk van het aantal scheuren	Bruikbaarheid en toegankelijkheid ernstig aangetast. Voelbare scheefstand. Herstel vergt vervanging van muurdelen en andere constructieve elementen.	1:1600 – 1: 100
Constructief	5	Zeer ernstig	> 25 mm, hangt van aantal af	Instortingsgevaar. Volledige renovatie noodzakelijk.	> 1:300

Tabel 2: Schade classificatie te gebruiken voor het vaststellen van schade aan metselwerk.

Deze indeling wordt internationaal veel toegepast bij beoordeling van schade in metselwerk en relateert schade aan de zogenoemde 'ease of repair'. De indeling maakt gebruik van gekwantificeerde criteria voor de toekenning van de schade-klasse en onderscheidt zich daarmee van andere schade classificaties (zoals EMS-98) die gebaseerd zijn op kwalitatief omschreven kenmerken. De criteria zijn

algemeen toepasbaar voor metselwerk en niet landgebonden. Dit maakt een objectieve en eenduidige indeling in schadeklasse mogelijk, die ook toepasbaar is in Groningen.

Schades in metselwerk die als esthetische schade worden beschouwd, leiden niet tot het verlies van functie en hebben geen invloed op de constructieve samenhang. Elk metselwerk gebouw bevat in de loop der tijd in meer of mindere mate lichte scheurvorming die als esthetische schade kan worden beschouwd. Deze schades staan toedeling van een typologie niet in de weg. Dit betreft schadeklassen 0, 1 en 2 uit de gekozen schade classificering. De achtergrond hierbij worden later toegelicht.

Bij schadeklasse 3 is sprake van zogeheten functionele schade. Er is geen direct veiligheidsrisico, maar er kan niet worden uitgesloten dat in het gebouw sprake is van verlies aan samenhang. Verder kan schadeklasse 3 een voorteken zijn voor verdere verergering van schade naar hogere schadeklassen. Daarom is de aanwezigheid van schadeklasse 3 benoemd als uitsluitingsgrond bij de toedeling van gebouwen aan een typologie. In het geval van het aanwezig zijn van deze schade wordt geadviseerd door een deskundige te laten vaststellen of deze schade repareerbaar is en zodanig is dat na herstel van deze schade de constructieve samenhang van het metselwerk is gewaarborgd. In dat geval is dit schadeherstel voorwaarde om de gebouwen alsnog aan een typologie toe te delen. Zonder herstel van schade kan het gebouw niet aan een typologie worden toegedeeld.

De schadeklassen 4 en 5 uit deze schade classificatie zijn gekwalificeerd als constructieve schade. Hieronder vallen schades met scheurwijdtes die zodanig groot zijn dat de samenhang van het metselwerk niet gewaarborgd wordt. Gebouwen met deze schades moeten daarom individueel worden beschouwd. In het geval van klasse 5 is mogelijk sprake van een onveilige situatie (ook zonder aardbevingsbelastingen).

4.2.2 *Invloed van schadeklassen 1 en 2 op het seismisch gedrag*

Hierna wordt een aantal nadere overwegingen gegeven, ter toelichting op de keuze voor de schadeklassen 1 en 2 waarvoor typologie indeling mogelijk is.

Schadeklasse 1 refereert aan haarscheuren, die vaak met het blote oog niet waarneembaar zijn. BRE Digest 251 geeft aan dat als deze zichtbaar zijn het veelal scheuren in pleisterwerk binnen in het gebouw betreft. Pleisterwerk heeft geen constructieve functie.

Schadeklasse 2 omvat volgens BRE Digest 251 scheurvorming die doorgaans afkomstig is van factoren die met het gebouw zelf te maken hebben, zoals verhinderde thermische vervormingen, krimp en kruip van het materiaal of ontwerp- dan wel uitvoeringsonnauwkeurigheden. Dit is scheurvorming die in zekere mate aanwezig is in vrijwel alle metselwerk constructies en die de constructieve samenhang niet nadelig beïnvloedt. Reparatie is daarom uitsluitend nodig om de visueel zichtbare scheuren te verwijderen, maar is niet nodig om de sterkte te waarborgen.

Ten aanzien van de invloed van deze schadeklassen op het seismische gedrag gelden de volgende overwegingen:

1. Het falen van (een onderdeel van) een pand bij een aardbeving wordt gedomineerd door de geometrie van de wand en de kwaliteit van de verbindingen (dit is het geval bij zowel uit-het-vlak als in-het-vlak bezwijken). De sterkte-eigenschappen van het metselwerk zijn bij het

optreden van deze twee bezwijkmechanismes van ondergeschikt belang. Het reeds aanwezig zijn van esthetische schade (tot schadeklasse 2) heeft geen invloed op het optreden van de faalmechanismen in het vlak of uit het vlak.

2. Het licht beschadigd zijn van de muur heeft in theorie een kleine invloed op de stijfheid en nauwelijks op het seismisch gedrag. De mate waarin de eigenschappen van de metselwerkconstructie veranderen door scheurvorming is veel kleiner dan de onzekerheden die reeds in de berekeningen zijn verwerkt.
3. De uitgevoerde berekeningen aan metselwerk gebouwen zijn gebaseerd op rekenmodellen die zijn gekalibreerd aan triltafeltesten. Deze testen zijn uitgevoerd bij meerdere belastingniveaus die successievelijk zijn verhoogd. Vanaf een zeker niveau treedt schade op zonder dat er sprake is van constructief falen. Deze schade blijft aanwezig tijdens de tests bij opvolgende belastingniveaus en wordt bij hogere belastingniveaus groter. Er is derhalve reeds schade aanwezig in het geteste gebouw bij het belastingniveau waarbij bezwijken optreedt. In de gekalibreerde rekenmodellen is derhalve impliciet rekening gehouden met het gedrag van een vooraf beschadigd gebouw. Deze aanwezige schade is van een schadeklasse hoger dan klasse 2.

TNO heeft berekeningen en inspecties die zijn uitgevoerd voor NCG, beschouwd. Gebouwen die zijn geïnspecteerd en waarvan is vastgesteld dat er beperkte scheurvorming aanwezig is, zijn volgens de NPR 9998 gemodelleerd en doorge-rekend. Daarbij is het niet nodig geacht om de schades specifiek te modelleren of anderszins te behandelen. De in de dossiers waargenomen schade komt op het eerste gezicht overeen met klasse 1 en 2 en een enkele keer met klasse 3 (dit kan niet exact worden toegekend omdat afmetingen van scheuren niet bekend zijn). Dit komt overeen met de gebruikelijke wijze van beoordelen van gebouwen, waar lichte schade niet als factor die het seismisch gedrag beïnvloedt wordt gezien.

4.2.3 *Invloed van schadeklassen 3, 4 en 5 op seismisch gedrag*

Voor het seismisch gedrag van metselwerk is de constructieve samenhang van belang. Aanwezigheid van scheuren kan deze samenhang negatief beïnvloeden. Als de scheurwijdte, -lengte en -diepte te groot worden kan niet met niet-beschadigd metselwerk worden gerekend. Ingeschat wordt dat in ieder geval bij schade van klasse 4 of 5 deze samenhang kan ontbreken, waardoor in de praktijk de seismische capaciteit lager is dan waarmee binnen de typologieën is gerekend. Om een veilige marge te hanteren in de praktijk is ervoor gekozen ook schade-klasse 3 als uitsluitingsgrond op te nemen.

4.3 Overige constructieve schade

Naast schades in metselwerk kan ook sprake zijn van constructieve schade in andere bouwdelen dan (metselwerk) wanden. Indien tenminste een van de volgende schades wordt geconstateerd, is sprake van een uitsluitingsgrond. Dit, omdat de schade een signaal kan zijn van het verlies aan samenhang in de constructie:

- Doorlopende scheuren in penanten die zorgdragen voor de stabiliteit, waarbij de scheuren van de ene zijde naar de andere zijde van de penant lopen (meestal lopen deze scheuren diagonaal).
- Diagonale scheuren in stabiliteitswanden.
- Doorlopende scheurvorming in betonnen vloeren, die duiden op verlies in samenhang van de vloeren. Dit kan bijvoorbeeld optreden tussen de elementen van de kanaalplaatvloeren.
- Doorlopende scheuren in aansluitingen van dragende wanden onderling of in de aansluiting van dragende wanden met vloeren.

4.4 Grote wijzigingen aan de draagconstructie

Er is sprake van een uitsluitingsgrond als er grote wijzigingen aan de draagconstructie zijn die mogelijk een significant effect hebben op het seismisch gedrag ten opzichte van de oorspronkelijke constructie ten tijde van de oplevering van het gebouw.

Hiertoe behoren:

- Verbouwingen waarbij de inwendige stabiliteitswanden zijn weggehaald met uitzondering van de volgende situaties:
 - Indien de constructieve functie is overgenomen door balken en kolommen die momentvast zijn verbonden, zodanig dat sprake is van een raamwerk.
 - Indien bij vrijstaande gebouwen de dragende gevels niet zijn veranderd of waarbij de constructieve functie is overgenomen door balken en kolommen die momentvast zijn verbonden.
 - Indien sprake is van het verplaatsen van een wand zodanig dat de verplaatste wand de stabiliteitsfunctie in de betreffende richting overneemt.

OPMERKING: Het weghalen of verplaatsen van wanden die niet bijdragen aan de stabiliteit is geen uitsluitingsgrond.

- Verbouwingen waarbij de oorspronkelijke gevel is vervangen door een pui die geen bijdrage levert aan de horizontale stabiliteit. Voorbeelden zijn winkelramen, maar ook woningen waar later een doorbraak van de gevel is gemaakt om een aanbouw of serre te realiseren. Hierbij zijn de volgende situaties met betrekking tot uitsluitingsgronden van toepassing:
 1. Bij een draagconstructie van staal, hout of beton waarbij de aanpassingen aan de gevel de stabiliteit van de hoofddraagconstructie niet beïnvloeden, is de wijziging van de gevel geen uitsluitingsgrond.

2. Indien het adres of meerdere adressen waarvan de gevel is vervangen onderdeel is van een bouwkundige (seismische) eenheid van seriematig geschakelde bouw zijn de volgende regels van toepassing:
 - a. Bij een draagconstructie van metselwerk of beton, is bij vervangen van de langsgevel geen sprake van een uitsluitingsgrond, maar worden alle adressen in de eenheid op basis van het openingspercentage van de gehele eenheid beoordeeld.

Opmerking: dit kan betekenen dat de toedeling van de woningen die niet wijzigen in het blok verandert (met name een verschuiving van METSELWERK1 naar METSELWERK2 is mogelijk).
 - b. Bij een draagconstructie van in het werk gestort beton waarbij sprake is van een constructieve verbinding tussen de wanden en vloeren is het openingspercentage van de gevel geen toedelingscriterium of uitsluitingsgrond.
 - c. Bij een draagconstructie van geprefabriceerd beton is sprake van een uitsluitingsgrond indien de verwijderde gevel onderdeel was van het constructiesysteem en er geen maatregelen zijn getroffen om de constructieve functie over te nemen.
 - d. Indien bij seriematig geschakelde bouw bij een verbouwing een deel van de woningscheidende wanden of kopgevels, die zorgen voor de stabiliteit, wordt weggehaald, is sprake van een uitsluitingsgrond als het openingspercentage in de maatgevende doorsnede van de stabiliteitswand na de wijziging meer dan 50% bedraagt of indien het deel wat is weggehaald, groter is dan 10 m². De procedure voor het bepalen van dit percentage is gegeven in paragraaf 3.8. De procedure van 3.8 moet worden toegepast op alle bouwlagen.
3. Indien het adres waarvan de gevel is vervangen door een pui zonder constructieve functie een vrijstaand gebouw betreft, is sprake van een uitsluitingsgrond als één van de volgende situaties van toepassing is:
 - a. Als bij een gevel ten gevolge van een verbouwing meer dan 85% van de gevel als open moet worden beschouwd en er geen maatregelen zijn getroffen om de constructieve functie over te nemen.
 - b. Als het gemiddelde percentage openingen voor twee parallelle gevels meer is dan 75% van de gevels en er geen maatregelen zijn getroffen om de constructieve functie over te nemen.
- Het realiseren van zware dakopbouwen waarmee een extra bouwlaag is gerealiseerd op de bestaande, oorspronkelijke bouwlagen. Nagegaan moet worden of het gebouw na aanbrengen van deze dakopbouw alsnog tot een typologie kan worden toegedeeld, zie hiervoor de omschrijving bij het kenmerk 'aantal bouwlagen':
 - Dakopbouwen worden als zwaar beschouwd als deze zijn opgebouwd uit beton of metselwerk. Dakopbouwen met een houtskeletbouw of stalen frame worden als een lichte dakopbouw beschouwd. Een lichte opbouw wordt niet meegenomen als bouwlaag indien deze op een zware constructie is aangebracht.
 - Indien de constructie (materiaal en/of constructiesysteem) van de zware dakopbouw verschilt van die van de onderliggende bouwlagen, dan is sprake van een uitsluitingsgrond.

4.5 Verbindingen

Indien de kwaliteit van verbindingen tussen bouwdelen aantoonbaar onvoldoende is, heeft dit mogelijk een significant effect op het seismisch gedrag.

Indien de verbindingen niet voldoen aan de vigerende kwaliteitseisen voor de bouw, waarbij wordt gerefereerd aan de uitvoering zoals die is beschreven in uitvoeringsrichtlijnen dan wel standaardwerken als de 'Jellema serie Bouwkunde' reeks en de SBR Referentiedetails (www.bris.nl), is mogelijk sprake van onvoldoende constructieve samenhang en kan een gebouw niet worden toegedeeld aan een typologie. Aanbevolen wordt na te gaan of dit kan worden verholpen waarna alsnog tot typologie indeling kan worden overgegaan.

Op basis van een visuele inspectie van de kwaliteit van verbindingen en een beoordeling aan de hand van uitvoeringsrichtlijnen dan wel standaardwerken, zijn de volgende uitsluitingsgronden gedefinieerd voor de aanwezigheid van de volgende zichtbare gebreken:

- Zodanige corrosie van stalen verbindingen dat deze evident minder sterk zijn dan in oorspronkelijke staat. Dit kan betrekking hebben op muurankers, verbindingen in spanten, en opleggingen van vloerbalken en gordingen. Uitgangspunt is dat normaal onderhouden stalen constructiedelen niet degraderen en derhalve hun oorspronkelijke sterkte houden. Lichte roestvorming is ook geen reden tot uitsluiting. Als het oorspronkelijke materiaal (deels) verdwenen is kan ervoor gekozen worden de betreffende verbindingmiddelen te vervangen, en vervolgens na te gaan of toedeling aan een typologie mogelijk is.
- Houtrot of aanwezigheid van ongedierte in dragende houten constructiedelen, zoals dakspanten of gordingen. Er kan ervoor gekozen worden dit te herstellen en zo mogelijk de oorzaak weg te nemen. Vervolgens moet worden nagegaan of het gebouw na herstel kan worden toegedeeld aan een typologie.
- Het losraken van opleggingen in metselwerk, zoals de aansluiting van gordingen op de kopgevel (mogelijk mede veroorzaakt door een van de hiervoor genoemde oorzaken). Indien er bij de bouwkundige opname speling waargenomen wordt in deze opleggingen, is er mogelijk sprake van onvoldoende weerstand voor het opnemen van de seismische krachten. Bij waarneembare speling kan ervoor gekozen worden deze opleggingen te versterken of vervangen. Vervolgens kan nagegaan worden of na dit herstel het gebouw kan worden toegedeeld aan een typologie.
- Het ontbreken van de verbinding tussen wanden onderling. Dit manifesteert zich via doorgaande verticale scheurvorming in de aansluiting van deze wanden met een scheurwijdte van ten minste 5 mm. Indien dit wordt waargenomen, is de 'los' staande wand mogelijk gevoeliger voor uit-het-vlak falen dan in de berekeningen voor de typologie is aangenomen. Een afzonderlijke beoordeling van eventuele losstaande wanden kan worden uitgevoerd, op basis waarvan maatregelen kunnen worden getroffen. Opgemerkt wordt dat de hier omschreven symptomen overeenkomen met die van schadeklasse 3 voor metselwerk.
- Het ontbreken van de verbinding tussen geprefabriceerde dakelementen (dakdozen of sporenkappen) en de kopgevel. Indien tijdens de inspectie geen bijzonderheden worden gevonden die wijzen op onvoldoende weerstand, zoals scheurvorming of grote vervormingen, kan worden aangenomen dat er sprake is van voldoende verbinding tussen deze elementen en de gevel.

4.6 Schijfwerking van hellend dak

Indien de schijfwerking in het vlak van het hellend dak geheel ontbreekt, heeft dit mogelijk een significant effect op het seismisch gedrag.

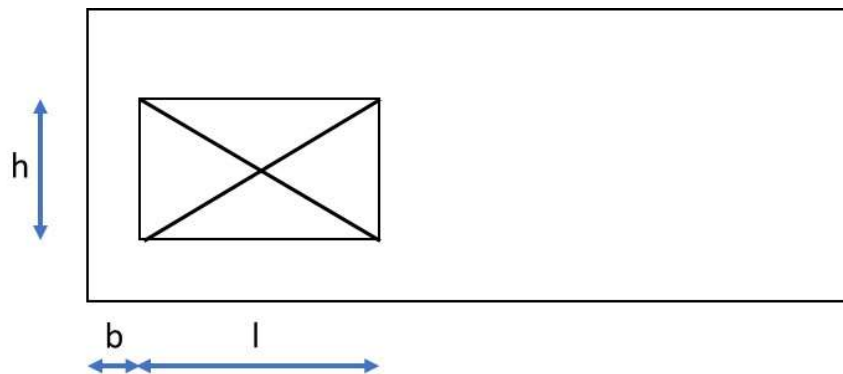
Een hellend dak moet in staat zijn de krachten op het dak en de kopgevels over te dragen naar de stabiliteitselementen van het constructiesysteem. Als dit onvoldoende is geborgd, kan het gebouw zich anders gedragen als waar voor de typologie eigenschappen mee is gerekend bij de kalibratieberekeningen. Als dit van toepassing is kan geen typologie worden toegedeeld. Het gebouw wordt uitgesloten van typologietoedeling als ten minste 1 van de volgende zaken wordt aangetroffen:

- Het dakbeschot ontbreekt, waardoor er geen stijfheid in het dakvlak is.
- Het dakbeschot is gemaakt van een materiaal dat onvoldoende stijf is.

Voorbeelden daarvan zijn textiel of plastic, houtwolcementplaten, dunne hardboardplaten, zachtboardplaten. Materialen voor het dakbeschot die wel voldoende stijf zijn, betreffen onder meer underlaymentplaten; OSB platen of planken; en geprefabriceerde geïsoleerde dakelementen (zoals van merknamen Isobouw of Unidek).

- De opleggingen van de gordingen zijn niet constructief verbonden met de kopgevels
Opmerking: Bij schilddaken komt deze situatie niet voor, er is dan sprake van een spantconstructie die de stabiliteit verzorgt voor de gehele kap.
- Er is sprake van grote dakdoorbrekingen (dakkapel, dakramen) in beide dakvlakken bij en tweezijdig hellend dak en er zijn geen maatregelen getroffen die zorgen voor voldoende stijfheid van het dakvlak bij het aanbrengen van deze dakdoorbrekingen. Voor deze beide dakdoorbrekingen geldt (zie Figuur 10):
 - een van de afmetingen l of h is groter dan 3 meter, en
 - de afstand b tot de kopgevel is zodanig dat de verhouding $h/b > 4$.
- Er is sprake van een of meerdere grote dakdoorbrekingen in het dakvlak van een lessenaarsdak en voor deze dakdoorbreking geldt (zie Figuur 10):
 - een van de afmetingen l of h is groter dan 3 meter, en
 - de afstand b tot de kopgevel is zodanig dat de verhouding $h/b > 4$.

Indien sprake is van afwezige of slechte verbindingen kan worden nagegaan of deze zijn te herstellen of aan te brengen. Onder voorwaarde dat dit gebeurt kan tot typologie indeling worden overgegaan.



Figuur 10: Definitie van afmetingen h , l en b in het dakvlak (zijaanzicht). b is de afstand van kopgevel tot de dakdoorbreking. h is hoogte van de dakdoorbreking, gemeten in het vlak. l is de horizontale afmeting van de dakdoorbreking.

- Indien sprake is van een dakvlak met meerdere dakdoorbrekingen, zoals dakkapellen, dan geldt:
 - Voor de toetsing van de eis gesteld aan de afmeting h , geldt: Voor h wordt de grootste van de afmetingen in het dakvlak van de beschouwde dakkapellen genomen.
 - Voor de toetsing van de eis gesteld aan de afmeting l : Voor l wordt per dakvlak de som van de lengtes van de dakdoorbrekingen genomen.
 - Voor de toetsing van de eis gesteld aan de afmeting b : Voor b wordt per dakvlak de kleinste afstand van de dakdoorbrekingen tot de kopgevel genomen.
 - In het geval van geschakelde bouw waarbij het dakvlak doorloopt over de verschillende woningen wordt voor de toets het gehele dakvlak beschouwd. De afmeting b is in dat geval gelijk aan de afstand van de dakdoorbreking tot de kopgevel. Indien aantoonbaar sprake is van een niet-doorlopend dakvlak, bijvoorbeeld door hoogteverschillen, moet de eis per deel van het dakvlak zijn getoetst.
 - Bij lessenaarsdaken geldt dat bij meerdere dakkapellen voor de afmeting h de grootste van de afmetingen van de individuele dakkapellen wordt genomen. Voor l wordt de som van de lengtes van de dakkapellen genomen.
 - Indien de dakdoorbreking in het dakvlak niet rechthoekig is (bijvoorbeeld driehoekig of trapeziumvormig) dan wordt voor h de hoogste afmeting genomen, en voor de afmeting l wordt de gemiddelde lengte over de hoogte genomen.

Toelichting: Ter onderbouwing van de toelaatbare grote van de dakdoorbrekingen zijn in bijlage E en [Longo&Messali, 2021] resultaten van berekeningen gegeven, waarin gevarieerd is in grootte en positie van een dakkapel in een dakvlak. Aangetoond is dat het effect van deze variaties valt binnen de aangenomen gebouw-tot-gebouw variatie voor de beschouwde typologie. Op basis van dat resultaat is aanwezigheid van een grote dakkapel in één dakvlak geen reden om hiervoor een uitsluitingsgrond te definiëren. Omdat er geen resultaten beschikbaar zijn van gebouwen waarbij in beide dakvlakken van een tweezijdig hellend dak (grote) dakdoorbrekingen aanwezig zijn, kan niet worden uitgesloten dat er in zo'n geval wel sprake kan zijn van verlies van samenhang. In dat geval wordt het gebouw niet aan een typologie toegedeeld.

4.7 **Verschillen in niveaus van de vloer van de tweede en/of hogere bouwlaag.**

Indien in een gebouw sprake is van verschillende vloerniveaus van de vloer van de tweede en/of hogere bouwlaag, dan wordt deze als een uitsluitingsgrond beschouwd als aan elk van de twee onderstaande voorwaarden wordt voldaan:

- Het verschil in vloerniveau is meer dan 20 cm (meer dan één optrede), en
- Het totale aandeel van de afwijkende vloerniveaus op het totale vloeroppervlak is meer dan 10% van het vloeroppervlak van de beschouwde bouwlaag.

4.8 **Afwezigheid van een vloer**

Indien sprake is van een hellend dak en de afstand tussen de bovenste vloer en het hoogste punt van het dak is gelijk aan of groter dan 4 meter dan is sprake van een uitsluitingsgrond.

4.9 **Vorm van de plattegrond bij drie of meer bouwlagen**

Indien de plattegrond van een gebouw met meer dan drie bouwlagen afwijkt van een rechthoekige vorm is sprake van een uitsluitingsgrond.

Opmerking: kleine afwijkingen van een rechthoek zijn toegestaan, zoals het aanwezig zijn van een knik in de plattegrond van ten hoogste 15 graden.

4.10 **Omgang met gemetselde binnenwanden in typologiegroepen HOUT, STAAL, BETON en PREFAB**

De aanwezigheid van gemetselde binnenwanden die niet behoren tot het stabiliteitssysteem van het gebouw is geen reden tot uitsluiting van typologietoedeling. Indien het dragende wanden betreft die mede zorgdragen voor de stabiliteit van het gebouw wordt dit wel als uitsluitingsgrond beschouwd.

Indien sprake is van de aanwezigheid van gemetselde binnenwanden in gebouwen met een hoofddraagconstructie van beton, hout of staal, wordt de typologietoedeling gedaan op basis van die hoofddraagconstructie, en wordt de aanwezigheid van gemetselde binnenwanden afzonderlijk benoemd.

Voorbeelden hiervan zijn:

- Aanwezigheid van gemetselde halfsteens afscheidingen in grote hallen met stalen of houten draagconstructie.
- Aanwezigheid binnen hallen van inpandige kantooruimtes opgebouwd uit gemetselde halfsteens wanden die constructief op zichzelf staan.
- Niet dragende gemetselde halfsteens binnenwanden in gebouwen met een betonnen of stalen skelet.

In het geval van aanwezigheid van gemetselde binnenwanden in de typologiegroepen HOUT, STAAL, BETON en PREFAB wordt in de typologiespecifieke rapporten beschreven hoe hiermee omgegaan wordt bij de beoordeling.

5 Overzicht van typologieën

Dit hoofdstuk geeft het overzicht van de te onderscheiden typologieën die zijn gedefinieerd op basis van de kenmerken beschreven in hoofdstuk 3. Op basis van die stappen wordt een gebouw voorlopig aan een typologie toegedeeld of wordt het gebouw uitgesloten van een typologie. De definitieve toedeling gebeurt na controle op de uitsluitingsgronden.

5.1 Typologiegroepen met metselwerk draagconstructies

Er worden op basis van de kenmerken uit stap 1 tot en met 7 in totaal 6 typologiegroepen onderscheiden voor metselwerk draagconstructies. Deze groepen zijn onderverdeeld in 1 of meerdere typologieën.

5.1.1 *Typologiegroep METSELWERK-A*

Typologiegroep METSELWERK-A bestaat uit geschakelde seriematige metselwerk gebouwen. Typologieën binnen deze typologiegroep zijn:

METSELWERK1: Seriematige bouw van rijtjeswoningen of 2 onder 1 kap, percentage openingen in de maatgevende langsgewel < 85% en betonnen vloeren

METSELWERK2: Seriematige bouw van rijtjeswoningen of 2 onder 1 kap, percentage openingen in de maatgevende langsgewel \geq 85% met betonnen vloeren

METSELWERK3: Seriematige bouw van rijtjeswoningen of 2 onder 1 kap met houten vloeren. Deze typologie is onderverdeeld in twee subtypologieën:

METSELWERK3A met een percentage openingen in de maatgevende langsgewel < 85%, en METSELWERK3B met een percentage openingen in de maatgevende langsgewel \geq 85%

5.1.2 *Typologiegroep METSELWERK-B*

Typologiegroep METSELWERK-B bestaat uit drive-in woningen.

De enige typologie binnen deze typologiegroep is:

METSELWERK4: Seriematige bouw met 3 bouwlagen met percentage opening van 100% in de langsgewel op de begane grond. Dit betreft drive-in woningen.

5.1.3 *Typologiegroep METSELWERK-C*

Typologiegroep METSELWERK-C bestaat uit vrijstaande woningen.

Typologieën binnen deze typologiegroep zijn:

METSELWERK5: Vrijstaande woning, gevel met steens muur, houten vloeren, goot ter hoogte van de vloer van de tweede bouwlaag

METSELWERK6: Vrijstaande woning, gevel met spouwmuur, betonnen vloeren, goot ter hoogte van de vloer van de tweede bouwlaag

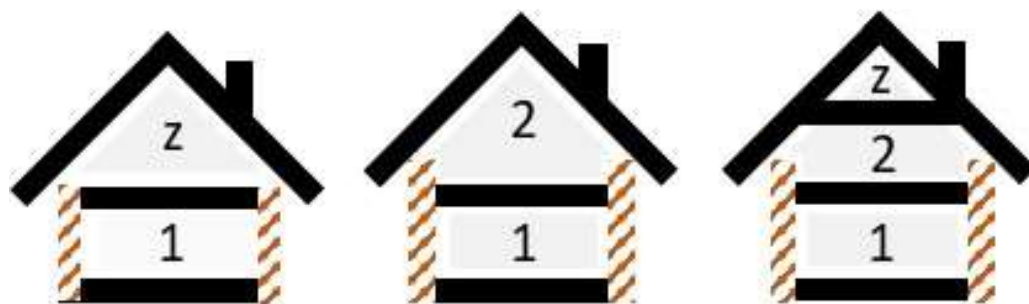
METSELWERK7: Vrijstaande woning, gevel met spouwmuur, houten vloeren, goot ter hoogte van de vloer van de tweede bouwlaag

Indien sprake is van een goothoogte hoger dan de vloer van de tweede bouwlaag, dan volgt mogelijk toedeling in nog nader te definiëren typologieën.

OPMERKING: Het gevelmetselwerk van de kopgevels kan wel doorlopen tot in de punt, het criterium betreft alleen de dragende gevels met de goot evenwijdig aan de nok van het dak.

Ook indien de kapconstructie begint ter plaatse van de vloer van de tweede bouwlaag waarbij het gevelmetselwerk enige metsellagen (tot maximaal 300 mm boven de vloer) is doorgezet, is nog sprake van een goot ter hoogte van de vloer van de tweede bouwlaag. Bij een afstand tussen 300 en 1000 mm moet worden gecontroleerd bij de bouwkundige opname of er sprake is van een verbinding van de kapconstructie met de vloer van de bouwlaag waartoe de kapconstructie wordt gerekend. Indien dit het geval is wordt de bouwlaag als zolder beschouwd. Indien de dakconstructie via gordingen afdraagt aan de gevels en deze niet steunt op de vloer, is tot een hoogte van 1000 mm sprake van een goot ter hoogte van de vloer van de tweede bouwlaag.

Dit is schematisch weergegeven in Figuur 11 (middelste en rechter plaatje). In Figuur 12 zijn voorbeelden gegeven van doorsnedes met meer dan 1 bouwlaag met opgaand metselwerk.



Figuur 11: Voorbeelden van doorsnedes met 1 bouwlaag met opgaand metselwerk.



Figuur 12: Voorbeelden van doorsnedes met meer dan 1 bouwlaag met opgaand metselwerk.

5.1.4 Typologiegroep METSELWERK-D

De typologiegroep METSELWERK-D bestaat uit woonblokken met 3 tot 5 bouwlagen. Aanvankelijk werd voorzien dat deze zou bestaan uit twee typologieën, maar op basis van de uitgevoerde studie is besloten geen nadere onderverdeling te maken. METSELWERK-D is derhalve gedefinieerd als de typologie met 3 tot 5 bouwlagen. De naam van typologiegroep en typologie is dus dezelfde.

5.1.5 *Typologiegroep METSELWERK-E*

De typologiegroep METSELWERK-E bestaat uit geschakelde panden in de binnenstad, met gemeenschappelijke dragende wanden.

Deze groep is niet verder onderverdeeld in typologieën. De naam van typologiegroep en typologie is dus dezelfde.

5.1.6 *Typologiegroep METSELWERK-F*

Een specifieke groep gebouwen betreft de boerderijen. Dit zijn de gebouwen die oorspronkelijk gebruikt zijn voor agrarische doeleinden (deze hoeven dus momenteel niet als zodanig in gebruik te zijn). Hiervoor is een aparte typologiegroep gedefinieerd die nog verder wordt uitgewerkt.

Indien de boerderij bestaat uit een vrijstaande woningen met daarnaast bedrijfsgebouwen, dan wordt de vrijstaande woning beoordeeld volgens de van toepassing zijnde typologie.

Voor boerderijen waarbij het woonhuis is verbonden met het schuurgedeelte zijn aanvullende typologieën ontwikkeld.

In een latere versie van dit rapport wordt deze typologiegroep nader uitgewerkt.

5.2 **Typologiegroepen van gewapend beton**

Bij gebouwen van beton wordt onderscheid gemaakt tussen gebouwen gemaakt van ter plaatse gestort beton en gebouwen van geprefabriceerd beton. Dit zijn twee afzonderlijke typologiegroepen, te weten BETON en PREFAB.

5.2.1 *Typologiegroep BETON*

De typologiegroep BETON omvat de volgende 7 typologieën:

BETON1: Gietbouw woningen met stabiliteitswanden, 1 of 2 bouwlagen; deze wordt onderverdeeld in de subtypologieën BETON1a, BETON1b, BETON1c.

BETON2: Gietbouw woningen met stabiliteitswanden, 3 of 4 bouwlagen; Deze wordt onderverdeeld in de sub-typologieën BETON2a en BETON2b.

BETON3: Gietbouw woningen met stabiliteitswanden, 5 of 6 bouwlagen; Deze wordt onderverdeeld in de subtypologieën BETON3a en BETON3b.

BETON4: Laag betonnen gebouw met kolommen en balken/vloeren

BETON5: Ter plaatse gestort beton met raamwerkconstructie met 1 of 2 bouwlagen

BETON6: Ter plaatse gestort beton met raamwerkconstructie met 3 of 4 bouwlagen

BETON7: Ter plaatse gestort beton met raamwerkconstructie met 5 of 6 bouwlagen

5.2.2 *Subtypologieën binnen de typologie BETON1, BETON2 en BETON3.*

Gebouwen van de typologieën BETON1, BETON2 en BETON3 kenmerken zich door de aanwezigheid van dragende betonnen wanden (kopgevels en woning-scheidende wanden) die voor stabiliteit zorgen in de ene (sterke) hoofdrichting. In de andere (zwakke) hoofdrichting wordt de stabiliteit ofwel ontleend aan de gewapende verbinding tussen de betonnen vloer en de betonnen wand (het constructieve systeem in deze richting is een raamwerk met momentvaste verbindingen), ofwel de stabiliteit wordt ontleend door stabiliteitselementen in de

gevel of in het gebouw (het constructieve systeem met stabiliteitswanden), waarbij de vloeren niet gewapend verbonden zijn met de wanden. BETON1 heeft 1 of 2 bouwlagen, BETON 2 heeft 3 of 4 bouwlagen en BETON3 heeft 5 of 6 bouwlagen.

In de Nederlandse bouwpraktijk is de bouwwijze waarbij geen wapening wordt toegepast in de wand-vloer verbindingen veel toegepast. In dat geval is er sprake van een gestapelde bouw waarvan het seismisch gedrag sterk overeenkomt met dat van een metselwerk gebouw waarbij de vloeren op de wanden liggen zonder een koppeling door middel van wapening, zoals het geval is in de typologieën METSELWERK 1, 2 en 3. Het sterktemodel wat is gebruikt voor de eigenschappen van BETON1, BETON2 en BETON3 is gebaseerd op het systeem met gewapende verbindingen tussen vloeren en wanden. Dit sterktemodel kan niet als representatief worden gezien voor het systeem met gestapelde wanden en vloeren. Dit is aanleiding voor het opnemen van een aanvullend criterium: Het wel of niet aantoonbaar aanwezig zijn van gewapende aansluitingen tussen vloeren en wanden.

Nadat op basis van de inspectiekenmerken een adres voorlopig is toegedeeld aan BETON1, BETON2 of BETON3, moet worden nagegaan of er sprake is van een constructiesysteem gebaseerd op gewapende aansluitingen van wanden en vloeren (waarvoor het sterktemodel dat is gebruikt voor BETON 1, 2 en 3 van toepassing is). Het wel of niet aanwezig zijn van deze wapening kan niet op basis van een niet-destructieve opname worden vastgesteld. Hiervoor is archiefonderzoek noodzakelijk.

Indien uit archiefgegevens (berekeningen, tekeningen) aantoonbaar gemaakt wordt dat sprake is van vloeren van de tweede en hogere bouwlagen die constructief, via wapening, zijn gekoppeld met de wanden en als zodanig in staat zijn de stabiliteit te verzorgen in langsrichting, dan wordt het gebouw toegedeeld aan subtypologie BETON1a, BETON2a of BETON3a.

Indien niet aantoonbaar gemaakt wordt dat sprake is van vloeren van de tweede en hogere bouwlagen die constructief, via wapening, zijn gekoppeld met de wanden, dan moet ervan worden uitgegaan dat deze koppeling niet aanwezig is. In dat geval wordt de volgende toedeling aan subtypologieën gebruikt:

- Indien het een gebouw betreft van 1 of 2 bouwlagen dan wordt het als volgt toegedeeld:
 - Indien sprake is van geschakelde bouw (rijwoningen), dan wordt het gebouw toegedeeld aan subtypologie BETON1b.
 - Indien sprake is van een vrijstaand gebouw dan wordt het toegedeeld aan subtypologie BETON1c.
- Indien het een gebouw betreft van 3 of 4 bouwlagen in geschakelde bouw dan wordt het gebouw toegedeeld aan BETON2b.
- Indien het een gebouw betreft van 5 bouwlagen dan wordt het gebouw toegedeeld in BETON3b.
- Indien sprake is van 6 of meer bouwlagen wordt het gebouw in dit geval niet aan een (sub)typologie toegedeeld.

5.2.3 *Typologiegroep PREFAB*

De typologiegroep PREFAB omvat 3 typologieën:

PREFAB1: Prefab betonnen constructie met 1 of 2 bouwlagen

PREFAB2: Prefab betonnen constructie met 3 of 4 bouwlagen

PREFAB3: Prefab betonnen constructie met 5 of 6 bouwlagen

5.3 **Typologieën met een houten draagconstructie**

Voor gebouwen met houten draagconstructie is de typologiegroep HOUT ontwikkeld. Opgemerkt wordt dat houten gebouwen met 3 of meer bouwlagen niet aan een typologie worden toegedeeld, omdat daarvoor geen typologie is gedefinieerd.

Verder zijn landbouwschuren met een houten draagconstructie zoals een gebintconstructie, die onderdeel zijn van een boerderijgebouw (nog) niet ingedeeld. Deze worden in het kader van de ontwikkeling van de boerderijen nader onderzocht.

5.3.1 *Typologiegroep HOUT*

De typologiegroep HOUT omvat 2 typologieën:

HOUT1: Houtskeletbouw met maximaal 2 bouwlagen

HOUT2: Portaalconstructie met gelamineerd hout met maximaal 2 bouwlagen

5.4 **Typologieën met stalen draagconstructie**

Voor typologieën met een stalen draagconstructie is de typologiegroep STAAL ontwikkeld.

5.4.1 *Typologiegroep STAAL*

De typologiegroep STAAL omvat 8 typologieën:

STAAL1: Raamwerk met 1 of 2 bouwlagen

STAAL2: Raamwerk met 3 of 4 bouwlagen

STAAL3: Raamwerk met 5 of 6 bouwlagen

STAAL4: Constructie met schoren met 1 of 2 bouwlagen

STAAL5: Constructie met schoren met 3 of 4 bouwlagen

STAAL6: Constructie met schoren met 5 of 6 bouwlagen

STAAL7: Constructie met stalen portaalconstructie (driescharnierspant)

STAAL-A: Stalen constructie met 1 bouwlaag en rechthoekige plattegrond

Opmerking: STAAL-A bevat gebouwen uit de typologieën STAAL1, STAAL4 en STAAL7.

6 Referenties

[ACVG, 2022] Veiligheid van de gebouwen buiten de scope van de versterkingsoperatie, ACVG, november 2022

[Arup 2019] Typology Modelling: Explicit MDOF Validation of Fragility Functions, URM3L/URM4L, Arup, July 2019

[Brzev et al, 2013]

Brzev S., C. Scawthorn, A.W. Charleson, L. Allen, M. Greene, K. Jaiswal, V. Silva, 2013; GEM Building Taxonomy, version 2, GEM Foundation

[BRE, 1995]

Assessment of damage in low-rise buildings, BRE Digest 251, 1995, Building Research Establishment.

[CUR/COB, 2012]

Aanbevelingen voor het ontwerp van bouwkuipen in stedelijk gebied, CUR/COB L530, 2012

[Longo&Messali, 2021]

Influence of dormers on the seismic performance of a detached house: case study Kwelder 1, Loppersum, TU Delft Report B2B-R04, TU Delft, 2021

[Meijdam, 2015]

Eindadvies Handelingsperspectief voor Groningen, Commissie Meijdam, December 2015

7 Ondertekening

Delft, april 2023

TNO

Dr.Ir. M.R. de Rooij
Project Manager

Ir. M. Roermund
Research Manager
Reliable Structures

A Achtergronden seismische typologiekenmerken

De keuze voor de gehanteerde seismische kenmerken is gebaseerd op de (internationaal gebruikte) gebouwtaxonomie van GEM [Brzev et al, 2013]. GEM specificeert de volgende 13 kenmerken die het seismisch gedrag beschrijven:

- 1: direction**
- 2. material of the lateral load-resisting system**
- 3. lateral load-resisting system**
- 4. height**
5. date of construction or retrofit
6. occupancy
- 7. building position within a block**
8. shape of the building plan
9. structural irregularity
- 10. exterior walls**
11. roof
- 12. floor**
13. foundation system.

De dik gedrukte weergegeven kenmerken in het kader worden in de TNO typologie indeling gebruikt voor de typologietoedeling. Deze kunnen op basis van een bouwkundige opname worden vastgesteld.

TNO voegt als laatste kenmerk toe dat een classificatie van eventueel aanwezige schade (van metselwerk) moet worden gedaan.

Met betrekking tot de andere punten, die wel door GEM worden genoemd maar niet bepalend zijn in de typologieaanpak, geldt het volgende:

Het bouwjaar (punt 5) kan een rol spelen bij de duiding van bijvoorbeeld materiaaleigenschappen en heeft ook een relatie met de opbouw van de gevels (punt 10). Het bouwjaar levert daarmee indirecte informatie op. De keuze is gemaakt om alleen directe informatie te gebruiken voor de typologietoedeling en geen gebruik te maken van dergelijke indirecte informatie. Immers, zelfs als het bouwjaar bekend is, zal een inspectie moeten aantonen van welk materiaal bijvoorbeeld de vloer is gemaakt en of er wel of geen spouwmuur aanwezig is.

De wijze waarop het gebouw gebruikt wordt (punt 6) speelt ook indirect een rol in de beoordeling. Voor de risicobeoordeling wordt onderscheid gemaakt in gebouwen die wel, en gebouwen die niet zijn bedoeld als verblijfplaats voor personen. De risicobeoordeling is alleen nodig voor gebouwen waarin zich personen bevinden. De punten 8 en 9 hebben betrekking op de mate waarin plattegronden en de constructie kunnen afwijken van eenvoudige vormen. Dit is in de typologie aanpak geen direct criterium voor het wel of niet kunnen indelen in typologieën. De onregelmatige plattegrond komt met name veel voor bij vrijstaande woningen. In de typologietoedeling bestaat een indirecte relatie met onregelmatigheden in de constructie of de plattegrond. Indien sprake is van verschillende constructietypen of materialen in één gebouw voor de relevante seismische kenmerken, kan geen

typologie indeling worden gedaan en moet een individuele beoordeling worden gedaan. Er is dan geen sprake van een match tussen de ingevulde tabel met inspectiegegevens (bijlage C) en de lijst met eigenschappen van de typologieën (bijlage B).

De onregelmatigheid in plattegrond is relevant als deze samengaat met de aanwezigheid van verschillende constructietypen. Met betrekking tot aanbouwen is in hoofdstuk 4 een uitsluitingsgrond gedefinieerd.

Met betrekking tot de invloed van het dak (punt 11) wordt het dak niet als seismologisch kenmerk voor de typologietoedeling gebruikt. De invloed van het dak is meegenomen in de berekeningen per typologie. Een aantal eigenschappen van het hellend dak is expliciet benoemd bij de toedelings- en uitsluitingsgronden:

- Bij rijtjeswoningen en vrijstaande woningen wordt de aanwezigheid van de kap en ook het aantal bouwlagen benoemd. De opbouw van de kap in de Nederlandse bouwpraktijk kent een aantal types die algemeen voorkomen. Een hellend dak van woningen in de traditioneel Nederlandse bouwwijze is opgebouwd uit houten spanten, gordingen en beplating, voorzien van dakpannen. Impliciet is aangenomen dat deze bouwwijze van toepassing is voor de gebouwen in de typologie.
- Er is een uitsluitingsgrond gedefinieerd voor de kwaliteit van de verbinding tussen dakbeschot en kopgevels.
- Er is een uitsluitingsgrond gedefinieerd als de schijfwerking van het dak onvoldoende is. De schijfwerking van het dakbeschot is nodig voor de stabiliteit van kopgevels (afdracht van de in rekening te brengen horizontale belastingen op de kopgevel via het dakvlak naar andere constructiedelen). Daarom is in de berekeningen van de referentiegebouwen voor de typologieën uitgegaan van schijfwerking in het dakvlak. Beperkte schijfwerking kan al bepalend zijn voor het optredende bezwijkmechanisme in geval van een seismische belasting en moet daarom niet buiten beschouwing gelaten worden. Indien er sprake is van dakdoorbrekingen (dakkapellen of dakramen) wordt er ten behoeve van de typologie eigenschappen van uitgegaan dat deze zodanig zijn uitgevoerd, dat de op te nemen windbelastingen van kopgevel via dakvlak doorgegeven kunnen blijven worden naar andere constructiedelen.

De invloed van de fundering (13) op de seismische weerstand is onderzocht in verschillende studies, onder meer in [Arup, 2019]. Daaruit blijkt dat het type fundering van ondergeschikt belang is voor het seismisch gedrag van de onderzochte gebouwen. Om die reden is ervoor gekozen om voor de typologieaanpak de fundering buiten beschouwing te laten. Opgemerkt wordt dat de invloed van schades aan een gebouw gerelateerd kan zijn aan de staat van de fundering. Als dus uit de schades volgt dat een individuele beoordeling noodzakelijk is, zal de fundering mee in beschouwing moeten worden genomen.

B Overzicht typologieën

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van de kenmerken die tezamen de (sub)typologieën per typologiegroep definiëren. Per typologiegroep is een of meerdere tabellen gegeven met het overzicht van de onderscheiden (sub)typologieën toegekende relevante seismische kenmerken.

B.1 *Relevante eigenschappen*

In deze bijlage zijn de verschillende typologieën (gegeven het materiaal van de hoofddraagconstructie) omschreven en zijn de relevante seismische kenmerken van een gebouw gegeven, die de toedeling aan een typologie bepalen.

Per typologie is weergegeven:

- Naam van de typologie.
- Korte omschrijving/benaming van de typologie.
- De kenmerken die uit een inspectie volgen:
 1. Materiaal van het constructiesysteem (in twee hoofddraagrichtingen).
 2. Constructiesysteem (in twee hoofddraagrichtingen).
 3. Aantal bouwlagen.
 4. Vrijstaand of geschakelde bouw.

Indien relevant (alleen voor metselwerk gebouwen):

5. Materiaal van de vloer van de tweede en hogere bouwlaag.
6. Opbouw van de (metselwerk) gevel (spouwmuur of steens muur).
7. Percentage openingen in de gevel in maatgevende doorsnede.

Alle andere eigenschappen en variaties die het seismisch gedrag beïnvloeden, zijn opgenomen in de gebouw-tot-gebouw variatie en de modelonzekerheid. De invloed van deze variaties kan per typologie verschillen. Tot deze variaties behoren:

- Funderingswijze.
- Bekleding van gevel en dak.
- Opleglengtes van vloeren.
- Variaties in aanwezigheid van en aantallen (spouw) ankers.
- Materiaaleigenschappen.
- Aanwezigheid van niet dragende binnenwanden.

Hoe hiermee is omgegaan is omschreven in het hoofdrapport [TNO, 2021] en de typologiespecifieke rapporten.

B.2 *Typologiegroep STAAL*

Voor gebouwen waarvoor de aardbevingsbelasting wordt afgedragen via een stalen draagconstructie (in beide hoofddraagrichtingen), is typologiegroep STAAL van toepassing. Binnen deze groep wordt onderscheid gemaakt naar het type stalen constructiesysteem en tussen een laag, middelhoog en hoog gebouw. Dit levert 7 typologieën op zoals omschreven in de volgende tabel.

TYOLOGIE-GROEP omschrijving	STAAL Gebouwen met stalen draagconstructie		
TYOLOGIE	STAAL1	STAAL2	STAAL3
NADERE OMSCHRIJVING	Raamwerkconstructie staal laag gebouw	Raamwerkconstructie staal middelhoog gebouw	Raamwerkconstructie staal hoog gebouw
INSPECTIEGEGEVENS			
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Staal	Staal	Staal
CONSTRUCTIE-SYSTEEM (richting X)	Raamwerk	Raamwerk	Raamwerk
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Staal	Staal	Staal
CONSTRUCTIE-SYSTEEM (richting Y)	Raamwerk	Raamwerk	Raamwerk
AANTAL BOUWLAGEN	1-2	3-4	5-6
VRIJSTAAND of GESCHAKELD	Vrijstaand/ geschakeld	Vrijstaand/ geschakeld	Vrijstaand/ geschakeld

TYPOLOGIEGROEP omschrijving	STAAL Gebouwen met stalen draagconstructie		
TYPOLOGIE	STAAL4	STAAL5	STAAL6
NADERE OMSCHRIJVING	Geschoorde constructie staal laag	Geschoorde constructie staal middelhoog	Geschoorde constructie staal hoog
INSPECTIEGEGEVENS			
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Staal	Staal	Staal
CONSTRUCTIE- SYSTEEM (richting X)	Raamwerk met schoren	Raamwerk met schoren	Raamwerk met schoren
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Staal	Staal	Staal
CONSTRUCTIE- SYSTEEM (richting Y)	Raamwerk met schoren	Raamwerk met schoren	Raamwerk met schoren
AANTAL BOUWLAGEN	1-2	3-4	5-6
VRIJSTAAND of GESCHAKELD	Vrijstaand/ geschakeld	Vrijstaand/ geschakeld	Vrijstaand/ geschakeld

TYOLOGIEGROEP omschrijving	STAAL Gebouwen met stalen draagconstructie
TYOLOGIE	STAAL7
NADERE OMSCHRIJVING	Bouwwerk met schuin dak, 3-scharnierspant
INSPECTIEGEGEVENS	
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Staal
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Anders, namelijk Driescharnierspant
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Staal
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Anders, namelijk Windverbanden
AANTAL BOUWLAGEN	1-2
VRIJSTAAND of GESCHAKELD	Vrijstaand/ geschakeld

TYOLOGIEGROEP omschrijving	STAAL Gebouwen met stalen draagconstructie
TYOLOGIE	STAAL-A
NADERE OMSCHRIJVING	Gebouw met rechthoekige plattegrond en stalen constructie en 1 bouwlaag
INSPECTIEGEGEVENS	
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Staal
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Geen criterium
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Staal
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Geen criterium
AANTAL BOUWLAGEN	1
MAXIMALE HOOGTE	10 m
MAXIMALE BREEDTE	40 m
MAXIMALE LENGTE	160 m
VRIJSTAAND of GESCHAKELD	Vrijstaand

B.3 *Typologiegroep HOUT*

Als is vastgesteld dat de aardbevingsbelasting wordt afgedragen via een houten draagconstructie (in beide hoofddraagrichtingen) is indeling mogelijk in typologiegroep HOUT. Binnen deze groep wordt onderscheid gemaakt naar het type houten constructiesysteem. In Groningen betreft het gebouwen met maximaal 2 bouwlagen. Dit levert 2 typologieën op zoals omschreven in de volgende tabel.

TYPOLOGIEGROEP omschrijving	HOUT Gebouwen met houten draagconstructie	
TYPOLOGIE	HOUT1	HOUT2
NADERE OMSCHRIJVING	Houten gebouw met houtskeletbouw constructie	Portaalconstructie van gelamineerd hout
INSPECTIEGEGEVENS		
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Hout	Hout
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Raamwerk en/of Schijfwerking	Portaalconstructie
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Hout	Hout, Staal of Metselwerk
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Raamwerk en/of Schijfwerking	Stabiliteit via Windverband
AANTAL BOUWLAGEN	1 - 2	1 - 2
VRIJSTAAND of GESCHAKELD	Vrijstaand	Vrijstaand/ geschakeld

B.4 Typologiegroep *BETON*

Nadat is vastgesteld dat de aardbevingsbelasting wordt afgedragen via een betonnen draagconstructie (in beide hoofddraagrichtingen), wordt voor de typologie indeling onderscheid gemaakt tussen:

- het constructietype
- of het geprefabriceerd of ter plaatse gestort beton betreft
- het aantal bouwlagen

Er wordt onderscheid gemaakt in de typologiegroep PREFAB en typologiegroep BETON.

De typologiegroep BETON omvat in totaal 7 typologieën. Bij BETON1, 2 en 3 wordt daarnaast een aantal subtypologieën onderscheiden. Dit levert in totaal 7 subtypologieën op zoals omschreven in de volgende tabel.

TYOLOGIEGROEP omschrijving	BETON Gebouwen met betonnen draagconstructie		
TYOLOGIE	BETON1		
SUBTYPOLOGIE	BETON1a	BETON1b	BETON1c
NADERE OMSCHRIJVING	Ter plaatse gestorte geschakelde woningen met betonnen wanden en vloeren, laagbouw	Ter plaatse gestorte geschakelde woningen met betonnen wanden en vloeren, laagbouw	Ter plaatse gestorte vrijstaande woningen met betonnen wanden en vloeren, laagbouw
INSPECTIEGEGEVENS			
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Schijfwerking met massieve betonnen wanden	Schijfwerking met massieve betonnen wanden	Schijfwerking met massieve betonnen wanden
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Raamwerk (met gewapende vloer-wand verbinding)	Schijfwerking (geen gewapende vloer-wand verbinding)	Schijfwerking (geen gewapende vloer-wand verbinding)
AANTAL BOUWLAGEN	1 of 2 (met eventueel zolder)	1 of 2 (met eventueel zolder)	1 of 2 (met eventueel zolder)
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)	Geschakeld, seriematig	Geschakeld, seriematig	Vrijstaand

TYOLOGIEGROEP omschrijving	BETON Gebouwen met betonnen draagconstructie	
TYOLOGIE	BETON2	
SUBTYPOLOGIE	BETON2a	BETON2b
NADERE OMSCHRIJVING	Ter plaatse gestorte geschakelde woningen met betonnen wanden en vloeren, laagbouw	Ter plaatse gestorte geschakelde woningen met betonnen wanden en vloeren, laagbouw
INSPECTIEGEGEVENS		
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Schijfwerking met massieve betonnen wanden	Schijfwerking met massieve betonnen wanden
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Raamwerk (met gewapende vloer-wand verbinding)	Schijfwerking (geen gewapende vloer-wand verbinding)
AANTAL BOUWLAGEN	3 of 4	3 of 4
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)	Geschakeld, seriematig	Geschakeld, seriematig

TYOLOGIEGROEP omschrijving	BETON Gebouwen met betonnen draagconstructie	
TYOLOGIE	BETON3	
SUBTYPOLOGIE	BETON3a	BETON3b
NADERE OMSCHRIJVING	Ter plaatse gestorte geschakelde woningen met betonnen wanden en vloeren, laagbouw	Ter plaatse gestorte geschakelde woningen met betonnen wanden en vloeren, laagbouw
INSPECTIEGEGEVENS		
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Schijfwerking met massieve betonnen wanden	Schijfwerking met massieve betonnen wanden
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Raamwerk (met gewapende vloer-wand verbinding)	Schijfwerking (geen gewapende vloer-wand verbinding)
AANTAL BOUWLAGEN	5 of 6	5
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)	Geschakeld, seriematig	Geschakeld, seriematig

TIPOLOGIEGROEP omschrijving	BETON Gebouwen met betonnen draagconstructie
TIPOLOGIE	BETON4
NADERE OMSCHRIJVING	Kolom/vloer constructies
INSPECTIEGEGEVENS	
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Beton (ter plaatse gestort)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Kolommen en balken
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Beton (ter plaatse gestort)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Kolommen en balken
AANTAL BOUWLAGEN	Maximaal 2
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)	Vrijstaand/ Geschakeld, seriematig

TYPOLOGIEGROEP omschrijving	BETON Gebouwen met betonnen draagconstructie		
TYPOLOGIE	BETON5	BETON6	BETON7
NADERE OMSCHRIJVING	Portaalconstructie laag	Portaalconstructie middelhoog	Portaalconstructie hoog
INSPECTIEGEGEVENS			
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Portaalconstructie	Portaalconstructie	Portaalconstructie
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)	Beton (ter plaatse gestort)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Schijfwerking of windverbanden	Schijfwerking of windverbanden	Schijfwerking of windverbanden
AANTAL BOUWLAGEN	1 - 2	3-4	5+
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)	Vrijstaand/ Geschakeld, seriematig	Vrijstaand/ Geschakeld, seriematig	Vrijstaand/ Geschakeld, seriematig

B.5 Typologiegroep PREFAB

Nadat is vastgesteld dat de aardbevingsbelasting wordt afgedragen via een betonnen draagconstructie (in beide hoofddraagrichtingen), wordt voor de typologie indeling onderscheid gemaakt tussen:

- het constructietype,
- of het geprefabriceerd of ter plaatse gestort beton betreft,
- het aantal bouwlagen.

Er wordt onderscheid gemaakt in de typologiegroep PREFAB en typologiegroep BETON.

De typologiegroep PREFAB omvat in totaal 3 typologieën.

TYPOLOGIEGROEP omschrijving	PREFAB Gebouwen met geprefabriceerd betonnen draagconstructie		
TYPOLOGIE	PREFAB1	PREFAB2	PREFAB3
NADERE OMSCHRIJVING	Seriematig prefab beton wand-vloer-wand A	Seriematig prefab beton wand-vloer-wand B	Seriematig prefab beton wand-vloer-wand C
INSPECTIEGEGEVENS			
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Beton (geprefabriceerd)	Beton (geprefabriceerd)	Beton (geprefabriceerd)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Schijfwerking	Schijfwerking	Schijfwerking
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Beton (geprefabriceerd)	Beton (geprefabriceerd)	Beton (geprefabriceerd)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Schijfwerking	Schijfwerking	Schijfwerking
AANTAL BOUWLAGEN	2 (met eventueel zolder)	3-4	5 of 6
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)	Vrijstaand, seriematig geschakeld	Vrijstaand, seriematig geschakeld	Vrijstaand, seriematig geschakeld

B.6 Gebouwen met draagconstructie van metselwerk

Nadat is vastgesteld dat de aardbevingsbelasting wordt afgedragen via een draagconstructie van metselwerk is een verdere onderverdeling in typologieën noodzakelijk.

Er wordt voor de typologie indeling voor metselwerk gebouwen onderscheid gemaakt tussen:

- geschakelde bouw en vrijstaande bouw;
- het constructietype;
- het aantal bouwlagen en de goothoogte;
- de aanwezigheid van spouwmuren in de gevel;
- het percentage openingen in de gevel;
- het materiaal van de vloer (beton of hout).

Dit levert de typologieën op zoals omschreven in de volgende tabel.

TYOLOGIEGROEP omschrijving	METSELWERK-A Rijtjeswoningen van metselwerk, seriematige bouw			
TYOLOGIE	METSELWERK1	METSELWERK2	METSELWERK3	
SUBTYPOLOGIE			METSELWERK3A	METSELWERK3B
NADERE OMSCHRIJVING	Minder dan 85% openingen in maatgevende langsgewel op begane grond; betonnen vloer	85% of meer openingen in maatgevende langsgewel op begane grond, betonnen vloer	houten vloer van de tweede bouwlaag	
INSPECTIEGEGEVENS				
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Metselwerk (stapelbouw)	Metselwerk (stapelbouw)	Metselwerk (stapelbouw)	
CONSTRUCTIE-SYSTEEM (richting X)	Schijfwerking wanden (woningscheidende wanden en kopgevels)	Schijfwerking wanden (woningscheidende wanden en kopgevels)	Schijfwerking wanden (woningscheidende wanden en kopgevels)	
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Metselwerk (stapelbouw)	Metselwerk (stapelbouw)	Metselwerk (stapelbouw)	
CONSTRUCTIE-SYSTEEM (richting Y)	Schijfwerking wanden (door langsgewel en stabiliserende binnenwanden)	Schijfwerking wanden door langsgewel + stabiliserende binnenwanden, dan wel stabiliteit ontleend aan een doorgaande betonnen vloer	Schijfwerking wanden (door langsgewel + stabiliserende binnenwanden)	
AANTAL BOUWLAGEN	1 of 2 + eventueel zolder Gootlijn op niveau vloer tweede of derde bouwlaag	1 of 2 + eventueel zolder Gootlijn op niveau vloer tweede of derde bouwlaag	1 of 2 + eventueel zolder Gootlijn op niveau vloer tweede of derde bouwlaag	
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)	Geschakeld, seriematige bouw	Geschakeld, seriematige bouw	Geschakeld, seriematige bouw	
MATERIAAL VLOER TWEDE BOUWLAAG	Beton	Beton	Hout	
OPBOUW METSELWERK IN GEVEL	Spouwmuur	Spouwmuur	Spouwmuur	
PERCENTAGE OPENINGEN IN MAATGEVENDE LANGSGEVEL EERSTE BOUWLAAG	< 85%	≥ 85%	< 85%	≥ 85%

TYPOLOGIEGROEP omschrijving	METSELWERK-B Drive-in Woningen
TYPOLOGIE	METSELWERK4
NADERE OMSCHRIJVING	Seriematige bouw, 3 bouwlagen, begane grond 100% open
INSPECTIEGEGEVENS	
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Metselwerk (stapelbouw)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Schijfwerking wanden (woningscheidende wanden en kopgevels)
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Metselwerk (stapelbouw)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Doorgaande betonnen vloeren
AANTAL BOUWLAGEN	3 + eventueel zolder
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)	Geschakeld, seriematige bouw
MATERIAAL VLOER TWEEDE BOUWLAAG	Beton
OPBOUW METSELWERK IN GEVEL	Spouwmuur
PERCENTAGE OPENINGEN IN MAATGEVENDE LANGSGEVEL EERSTE BOUWLAAG	100 %

TYPOLOGIEGROEP omschrijving	METSELWERK-C Vrijstaande Woningen		
TYPOLOGIE	METSELWERK5	METSELWERK6	METSELWERK7
NADERE OMSCHRIJVING	Vrijstaand gebouw, 1 of 2 bouwlagen + eventueel zolder; Gevel van steens metselwerk	Vrijstaand gebouw, 1 of 2 bouwlagen + eventueel zolder; Spouwmuur gevel Vloer tweede bouwlaag van beton	Vrijstaand gebouw, 1 of 2 bouwlagen + eventueel zolder; Spouwmuur gevel Vloer tweede bouwlaag van hout
INSPECTIEGEGEVENS			
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Metselwerk (stapelbouw)	Metselwerk (stapelbouw)	Metselwerk (stapelbouw)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Schijfwerking wanden	Schijfwerking wanden	Schijfwerking wanden
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Metselwerk (stapelbouw)	Metselwerk (stapelbouw)	Metselwerk (stapelbouw)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Schijfwerking wanden	Schijfwerking wanden	Schijfwerking wanden
AANTAL BOUWLAGEN	2 bouwlagen met gootlijn op niveau vloer tweede bouwlaag	2 bouwlagen met gootlijn op niveau vloer tweede bouwlaag	2 bouwlagen met gootlijn op niveau vloer tweede bouwlaag
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)	Vrijstaand	Vrijstaand	Vrijstaand
MATERIAAL VLOER TWEEDE BOUWLAAG	Beton of hout	Beton	Hout
OPBOUW METSELWERK IN GEVEL	Steens muur, geen spouw	Een of meer gevels als spouwmuur	Een of meer gevels als spouwmuur

TYOLOGIEGROEP omschrijving	METSELWERK-D Meerlaagse bouw (appartementen)
TYOLOGIE	METSELWERK-D
NADERE OMSCHRIJVING	Meerlaagse bouw, draagconstructie uit metselwerk
INSPECTIEGEGEVENS	
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Metselwerk (stapelbouw)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Schijfwerking wanden
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Metselwerk (stapelbouw)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Schijfwerking wanden (gevel en eventuele stabiliserende binnenwanden) met eventueel doorlopende gekoppelde betonnen vloeren.
AANTAL BOUWLAGEN	3 tot 5
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)	Geschakeld, seriematig
MATERIAAL VLOER TWEEDE EN HOGERE BOUWLAGEN	Beton
OPBOUW METSELWERK IN GEVEL	Spouwmuur

TYPOLOGIEGROEP omschrijving	METSELWERK-E Woningen in historische stadskern
TYPOLOGIE	METSELWERK10
NADERE OMSCHRIJVING	Unieke woningen, geschakeld via gemeenschappelijke dragende muur
INSPECTIEGEGEVENS	
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Metselwerk (stapelbouw)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Schijfwerking wanden
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Metselwerk (stapelbouw)
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Schijfwerking wanden
AANTAL BOUWLAGEN	Maximaal 2 met zolder
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)	Geschakeld, niet seriematig
MATERIAAL VLOER TWEEDE BOUWLAAG	Hout
OPBOUW METSELWERK IN GEVEL	Steens muur

TYOLOGIEGROEP omschrijving	METSSELWERK-F * Boerderijen		
TYOLOGIE	METSSELWERK11	METSSELWERK12	METSSELWERK13
NADERE OMSCHRIJVING	Woonhuis van Kop hals romp	Woonhuis van Oldambtster en vergelijkbaar	Schuur
INSPECTIEGEGEVENS			
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	<i>Metselwerk (stapelbouw)</i>	<i>Metselwerk (stapelbouw)</i>	<i>Metselwerk (stapelbouw) En hout</i>
CONSTRUCTIESYSTE EM (richting X)	<i>Schijfwerking wanden</i>	<i>Schijfwerking wanden</i>	<i>Schijfwerking wanden Alsmede houten raamwerk</i>
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	<i>Metselwerk (stapelbouw)</i>	<i>Metselwerk (stapelbouw)</i>	<i>Metselwerk (stapelbouw) En hout</i>
CONSTRUCTIESYSTE EM (richting Y)	<i>Schijfwerking wanden</i>	<i>Schijfwerking wanden</i>	<i>Schijfwerking wanden Alsmede houten raamwerk.</i>
AANTAL BOUWLAGEN EN GOOTLIJN			
VRIJSTAAND of GESCHAKELD (indien geschakeld, wel of niet seriematig)			
MATERIAAL VLOER TWEDE BOUWLAAG			
OPBOUW METSSELWERK IN GEVEL			

*Deze typologiegroep is vooralsnog niet nader uitgewerkt; de indeling en beschrijving is nog niet definitief.

C Bouwkundige opnames

De toedeling van een gebouw aan een typologie gebeurt door middel van een bouwkundige opname. Deze bouwkundige opname bestaat zowel uit het inventariseren van beschikbare informatie als een bezoek ter plaatse. De relevante kenmerken die moeten worden bepaald in deze opname zijn toegelicht in hoofdstuk 3 van dit rapport.

Voor de toekenning van de schadeklasse op basis van waargenomen scheurvorming wordt verwezen naar Tabel 2.

Bijgaande checklist kan als basis worden gebruikt bij het uitvoeren van de opnames. Deze checklist is in drie delen gegeven. Deel 1 betreft de kenmerken die voor alle gebouwen moeten zijn vastgesteld. Deel 2 is alleen van toepassing voor gebouwen met een draagconstructie van metselwerk. Deel 3 betreft de beoordeling van aanwezige schade en de consequentie ervan voor de toedeling aan een typologie. Deel 4 betreft tenslotte eventuele uitsluitingsgronden.

Deel 1: Kenmerken vast te stellen voor alle gebouwen

Kenmerk	Keuze	Opmerkingen
Materiaal Draagconstructie (per hoofddraagrichting)	<input type="checkbox"/> Staal <input type="checkbox"/> Hout <input type="checkbox"/> Beton (Ter plaatse gestort) <input type="checkbox"/> Beton (Prefab) <input type="checkbox"/> Metselwerk <input type="checkbox"/> Anders of Onbekend	Definieer in inspectierapport X en Y richting (in plattegrond schets)
Constructiesysteem (per hoofddraagrichting)	<input type="checkbox"/> Kolom-Balk <input type="checkbox"/> Raamwerk momentvast <input type="checkbox"/> Raamwerk met schoren <input type="checkbox"/> Portaalconstructie <input type="checkbox"/> Hybride <input type="checkbox"/> Schijfwerking wanden <input type="checkbox"/> Doorgaande betonnen vloeren <input type="checkbox"/> Anders	Voor beide hoofddraagrichtingen afzonderlijk bepalen
Aantal Bouwlagen (zolder en kelder niet meetellen)	Noteer aantal: Indien van toepassing: Noteer de goothoogte (ter hoogte van welke vloer)	
Vrijstaand of geschakeld	<input type="checkbox"/> Vrijstaand <input type="checkbox"/> Geschakeld, seriematig <input type="checkbox"/> Geschakeld, niet seriematig <input type="checkbox"/> Anders	

Deel 2: Kenmerken vast te stellen voor gebouwen met draagconstructie van metselwerk

Kenmerk	Keuze	Opmerkingen*
Materiaal vloeren tweede en hogere bouwlaag	<input type="checkbox"/> Beton <input type="checkbox"/> Hout <input type="checkbox"/> Anders	Bij laagbouw is het materiaal van de vloer van de tweede bouwlaag (de eerste verdiepingsvloer) van belang. Een zoldervloer wordt niet beschouwd.
Opbouw gevel	<input type="checkbox"/> Steens muur <input type="checkbox"/> Spouwmuur met steens buitenblad <input type="checkbox"/> Betonnen buitenblad <input type="checkbox"/> Anders of Onbekend	
Percentage openingen in langsgevel begane grond, in de maatgevende doorsnede	Waarde:	Maatgevende doorsnede is die horizontale doorsnede waarin het aandeel metselwerk het kleinst is. Kozijnen, ramen, puien behoren alle tot de openingen.
Aanwezigheid scheurvorming in draagconstructie	Ja/Nee <i>Indien ja, ga verder met Deel 3</i>	

*De kolom Opmerkingen is met name bedoeld voor die gevallen waarbij het kenmerk als 'anders' of 'onbekend' wordt aangeduid.

Deel 3: Vaststelling van de schadeklasse in geval van aanwezige schade

Kenmerk	Keuze	Opmerkingen
Aanwezigheid scheurvorming in draagconstructie	Geef Schadeklasse op basis van onderstaande tabel: <i>In geval van schadeklasse 3, 4 of 5 is een individuele beoordeling nodig</i>	

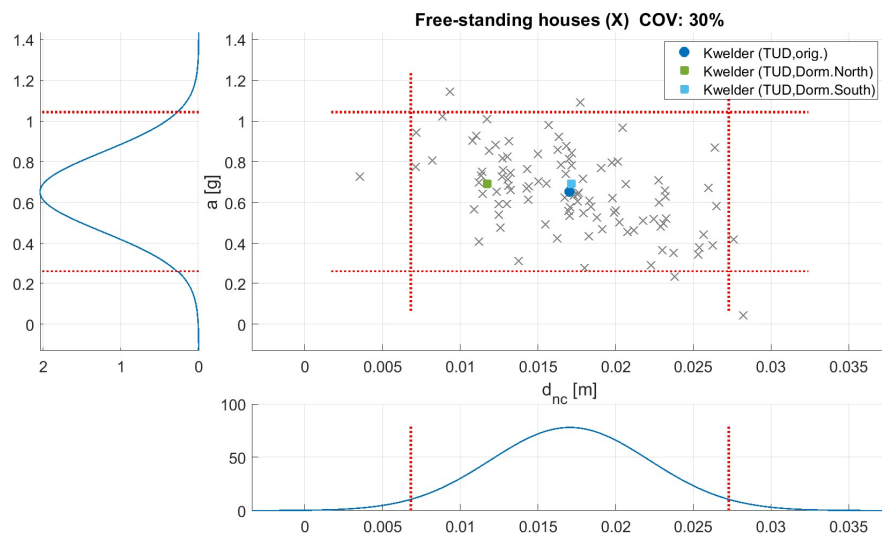
Deel 4: Vaststelling van eventuele uitsluitingsgronden

Kenmerk	Keuze	Opmerkingen
Combinatie van eigenschappen uit deel 1 en 2 leidt niet tot een typologietoedeling	<i>Combinatie van eigenschappen benoemen.</i>	
Er is sprake van 1 of meer uitsluitingsgronden zoals omschreven in dit rapport	<i>Uitsluitingsgrond benoemen</i>	Bij enkele uitsluitingsgronden is wegnemen van deze grond voldoende om alsnog tot toedeling te komen.

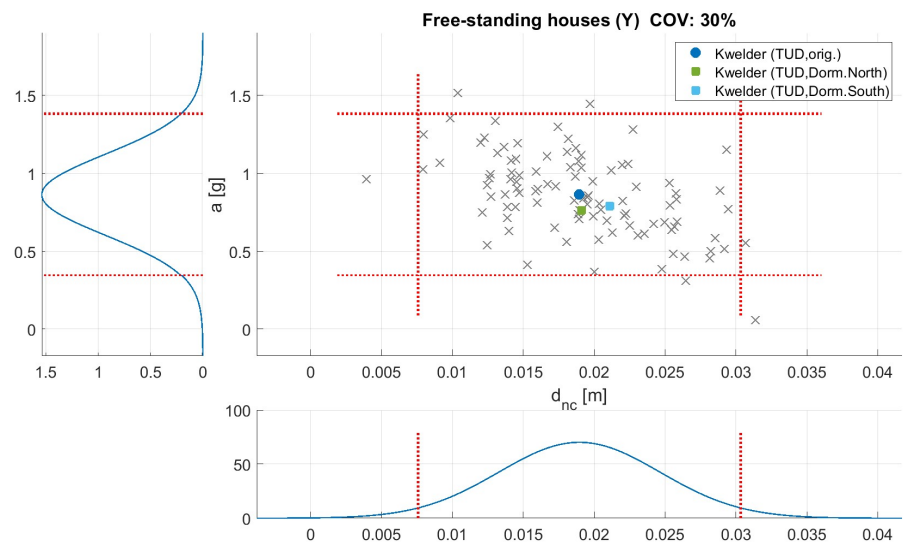
D Variatiestudie dakkapellen

Door TU Delft [Longo&Messali, 2021] is een studie uitgevoerd naar het gedrag van een woning met verschillende configuraties dakkapellen. Er is gekozen voor 2 variaties, op basis van posities en afmetingen van de dakkapel die binnen de in de praktijk voorkomende afmetingen als maatgevend worden beschouwd voor het uit-het-vlak bezwijken van beide topgevels. Deze posities bevinden zich aan de noordzijde (Dorm.North) en de zuidzijde (Dorm.South) van het dak, dicht bij de kopgevels. Voor de beschrijving van de precieze afmetingen en de hoofdrichtingen van het gebouw wordt verwezen naar [3].

In de Figuren D.1 en D.2 is de base-shear en verplaatsingscapaciteit van de TU Delft studie [Longo&Messali, 2021] geplot binnen de gebouw-tot-gebouw variatie zoals deze is aangehouden in het typologie-project voor de beschouwde typologie. Er is onderscheid gemaakt tussen de resultaten voor de X- en voor de Y- richting van het gebouw (Figuur D.1 respectievelijk Figuur D.2).

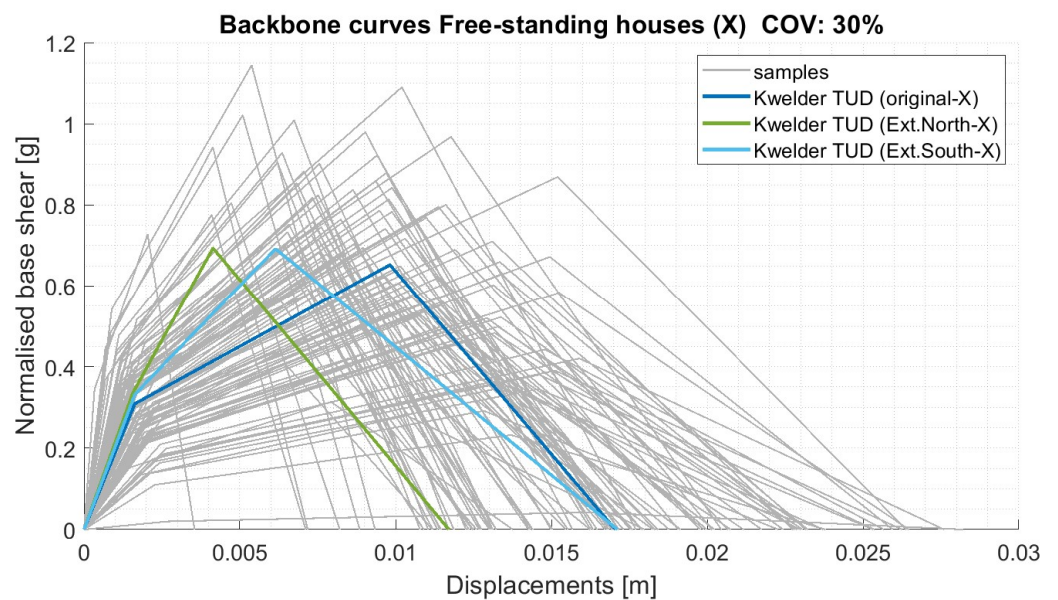


Figuur D.1: Base shear $a[g]$ en verplaatsingscapaciteit d_{nc} van de door TU Delft beschouwde gebouwen met dakkapel geplot binnen de base shear en verplaatsingscapaciteit op basis van de gebouw-tot-gebouw variatie zoals aangehouden in het typologieproject; X-richting.

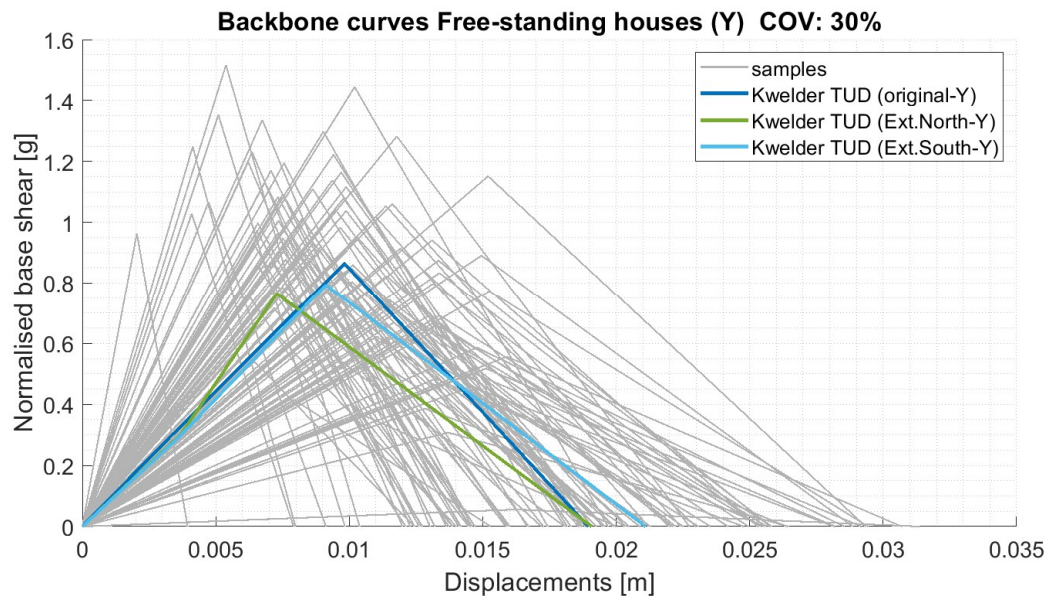


Figuur D.2: Base shear a [g] en verplaatsingscapaciteit d_{nc} van de door TU Delft beschouwde gebouwen met dakkapel geplot binnen de base shear en verplaatsingscapaciteit op basis van de gebouw-tot-gebouw variatie zoals aangehouden in het typologieproject; Y richting.

In de Figuren D.3 en D.4 zijn de backbone curves voor de bestudeerde gebouwen weergegeven samen met de backbone curves op basis van de gebouw-tot-gebouw variatie zoals gebruikt binnen de beschouwde typologie.



Figuur D.3: Backbone curves van de TU Delft gebouwen met dakkapel geplot in de gebouw-tot-gebouw variatie zoals aangehouden in het typologieproject; x-richting.



Figuur D.4: Backbone curves van de TU Delft gebouwen met dakkapel geplott in de gebouw-tot-gebouw variatie zoals aangehouden in het typologieproject; y-richting.

Uit bovenstaande figuren blijkt dat de door de TU Delft doorgerekende huizen met dakkapel binnen de gebouw-tot-gebouw variatie vallen zoals aangehouden voor de betreffende typologie. De aanwezigheid van een dakkapel zoals beschouwd door de TU Delft hoeft daarom niet te leiden tot een uitsluitingsgrond.

De TU Delft heeft geen studie uitgevoerd naar een situatie waarin gevallen met 2 grote dakkapellen aan beide zijden van het dak, daarom is een situatie met een dakkapel op beide dakvlakken opgenomen als uitsluitingsgrond.

E Overzicht van wijzigingen

In deze bijlage is het overzicht gegeven van de wijzigingen in dit rapport ten opzichte van TNO rapport TNO 2021 R11002D d.d. 24 juni 2022. Deze aanpassingen zijn het resultaat van een evaluatie van de vorige versie samen met NCG op basis van de ervaringen in de praktijk.

Tekstuele aanpassingen

In het rapport zijn (beperkt) tekstuele aanpassingen verricht. Dit betreft correcties van typfouten en kleine redactionele aanpassingen. Deze worden hier niet afzonderlijk beschreven.

Inhoudelijke aanpassingen

De inhoudelijke aanpassingen worden hieronder behandeld op volgorde van de paragraaf waarin deze wijzigingen zijn aangebracht.

Hoofdstuk 1

Verwijzingen naar de eerdere versie van dit document zijn ingevoegd.

Hoofdstuk 2

In 2.1 (inleiding) is STAAL-A toegevoegd aan de opsomming.

Paragraaf 2.3:

Toegevoegd is de volgende tekst:

In het geval dat een gebouw niet aan een typologie kan worden toegedeeld, kunnen op basis van een of meerdere van de volgende situaties de bijbehorende vervolgcacties worden ingezet:

- Er is sprake van een uitsluitingsgrond die op eenvoudige wijze verholpen kan worden. Na het wegnemen van de uitsluitingsgrond kan alsnog tot typologietoedeling worden overgegaan. Voorbeelden zijn het verhelpen van beperkte schade in metselwerk, het vervangen van beschadigde verbindingen of het herstellen van een grote geveldoorbraak.
- Het is op basis van de 7 kenmerken niet mogelijk om tot een toedeling aan een van de typologieën te komen. In dat geval moet het gebouw individueel worden beoordeeld (maatwerk).
- Er is sprake van één of meerdere uitsluitingsgronden die zodanig zijn dat deze niet eenvoudig zijn aan te passen. In dat geval moet het gebouw individueel worden beoordeeld (maatwerk). Voorbeelden zijn het aanwezig zijn van ernstige schade of de aanwezigheid van significante wijzigingen in de constructie door een grootschalige verbouwing, waardoor deze niet meer past binnen de betreffende typologie.

De volgende aspecten moeten worden afgewogen bij het vaststellen van een eenvoudige maatregel voor het wegnemen van uitsluitingsgronden ten behoeve van typologietoedeling:

- Er hoeft niet of zeer beperkt gerekend te worden bij het vaststellen van de maatregel om de uitsluitingsgrond te verhelpen.
- Het is voldoende maatregelen te treffen die worden gerealiseerd conform de standaard bouwpraktijk.

Opmerking. In het sterktemodel is uitgegaan van de doorsnee bouwpraktijk (waarbij geen rekening gehouden is met een seismische belasting). Omdat de modelonzekerheid en gebouw-tot-gebouw spreiding al is meegenomen in de afleiding van deze typologieën is het voldoende om een maatregel conform de standaard bouwpraktijk te realiseren.

Hoofstuk 3

Paragraaf 3.2: Kenmerk 1: Materiaal van het constructiesysteem

Onder het kopje **Uitsluitingsgronden** is de volgende opmerking toegevoegd

OPMERKING: Als dit een combinatie betreft van het materiaal metselwerk met een of meerdere materialen van hout, staal en/of beton; dan kan het materiaal metselwerk als kenmerk worden toegekend.

Paragraaf 3.3: Kenmerk 2: Constructiesysteem

De bestaande tekst:

Indien een van de volgende situaties van toepassing is, is sprake van een uitsluitingsgrond en kan geen typologietoedeling plaatsvinden:

Is vervangen door:

Indien een van de volgende situaties van toepassing is, is sprake van een kenmerk op basis waarvan geen typologie kan worden toegedeeld:

Onder **Uitsluitingsgronden**

Zijn de laatste 2 bullets vervallen (deze zijn aangepast en verplaatst naar een andere plaats in het rapport.

Paragraaf 3.4: Kenmerk 3: Aantal Bouwlagen

Na de opsomming is toegevoegd:

Opmerking: In het geval van een gebouw met een constructie van staal is een aparte typologie STAAL-A gedefinieerd met 1 bouwlaag.

Paragraaf 3.5. Kenmerk 4: Vrijstaande of geschakelde bouw

De tekst:

Opmerking: Indien sprake is van seriematig geschakelde bouw, waarbij sprake is van een als zodanig ontworpen en gerealiseerde combinatie van geschakelde bouw van typologie METSELWERK-A en typologie METSELWERK-D, dan worden de adressen ingedeeld volgens de voor het adres van toepassing zijnde typologie, omdat dan sprake is van gedeelde constructiedelen (zoals fundering en woning-

scheidende wanden). De hierboven gegeven uitsluitingsgrond is dan niet van toepassing.

Is vervangen door:

Opmerking: Indien sprake is van een als zodanig ontworpen en gerealiseerde combinatie van seriematig geschakelde bouw van typologieën METSELWERK-A, BETON1 en/of METSELWERK-D, dan worden de adressen ingedeeld volgens de voor het adres van toepassing zijnde typologie.

3.6 Kenmerk 5: Materiaal van de vloer van de tweede en hogere bouwlaag

De tekst onder het kopje **Uitsluitingsgronden** wordt in zijn geheel vervangen door: In de volgende gevallen is sprake van een uitsluitingsgrond:

1. Indien bij gebouwen uit metselwerk een ander materiaal dan beton of hout is toegepast voor de vloer van de tweede bouwlaag (bijvoorbeeld gemetselde gewelfvloeren).
2. Indien de vloer van de tweede bouwlaag:
 - van beton is en:
 - niet in het werk is gestort, en
 - niet voorzien is van een druklaag, en
 - er is sprake van verschillende draagrichtingen.
3. Indien meer dan 20% van het vloeroppervlak bestaat uit een materiaal dat afwijkt van het materiaal van de oorspronkelijke vloerconstructie.
4. Indien 5m² of meer van de oppervlakte van de vloer van de tweede of hogere bouwlaag ontbreekt ten behoeve van een vide.

OPMERKING: Deze uitsluitingsgrond verdisconteert twee zaken:

1: Schijfwerking van de vloer.

2: Door de vide ontstaan mogelijk hoge lateraal ongesteunde wanden.

OPMERKING: Indien de uitsluitingsgrond van lateraal ongesteunde wanden kan worden weggenomen is de aanwezigheid van een vide groter dan 20% van het vloeroppervlak een uitsluitingsgrond.

3.9 Omgang met Aanbouwen

De tekst:

2: Indien meerdere aanbouwen aanwezig zijn, dan wordt de oppervlakte van alle aanbouwen opgeteld, en telt voor het aantal bouwlagen waaraan wordt getoetst het aantal van de aanbouw met de meeste bouwlagen. Niet meegeteld worden de aanbouwen met 1 bouwlaag met een plat dak (zoals bedoeld onder 1) waarvan het niveau niet hoger is dan het niveau van de vloer van de tweede bouwlaag van het (hoofd)gebouw en die niet grenzen aan een aanbouw met meer bouwlagen.

Is vervangen door:

2: Indien meerdere aanbouwen aanwezig zijn, dan wordt de oppervlakte van alle aanbouwen opgeteld, en telt voor het aantal bouwlagen waaraan wordt getoetst het

aantal van de aanbouw met de meeste bouwlagen. Niet meegeteld worden de aanbouwen met 1 bouwlaag met een plat dak (zoals bedoeld onder 1).

De tekst

4: Indien het aantal bouwlagen van het hoofdbouwdeel 1 is zonder aanwezigheid van een zolder, dan is een aanbouw ondergeschikt als deze maximaal 1 bouwlaag heeft.

Is komen te vervallen

(Punt 5 en punt 6 zijn aangepast naar punt 4 en punt 5)

De tekst onder figuur 9 is als volgt aangepast:

1: De doorgang is maximaal 1 bouwlaag hoog met plat dak, en

Is vervangen door

1: De doorgang is maximaal 1 bouwlaag hoog met plat of hellend dak zonder een beloopbare zolder, en

De volgende tekst is toegevoegd:**3.10: Omgang met schoorstenen/rookkanalen**

Ten aanzien van schoorstenen heeft ACVG geadviseerd in [ACVG, 2022] om zogenoemde verslepte schoorstenen uit te sluiten van typologietoedeling indien sprake is van één van de volgende situaties:

- *Gemetselde rookkanalen die inpandig schuin zijn opgetrokken over een lengte van meer dan 5 meter en niet voldoende zijn ondersteund.*
- *Gemetselde rookkanalen die inpandig verticaal zijn opgetrokken met een verhouding tussen de ongesteunde hoogte en de breedte van > 20 .*

Hoofdstuk 4**Paragraaf 4.4. Grote wijzigingen aan de draagconstructie.****Toegevoegd (overgenomen in aangepast vorm uit hoofdstuk 3)**

- Verbouwingen waarbij de inwendige stabiliteitswanden zijn weggehaald met uitzondering van de volgende situaties:
 - Indien de constructieve functie is overgenomen door balken en kolommen die momentvast zijn verbonden, zodanig dat sprake is van een raamwerk.
 - Indien bij vrijstaande gebouwen de dragende gevels niet zijn veranderd of waarbij de constructieve functie is overgenomen door balken en kolommen die momentvast zijn verbonden.
 - Indien sprake is van het verplaatsen van een wand zodanig dat de verplaatste wand de stabiliteitsfunctie in de betreffende richting overneemt.

OPMERKING: Het weghalen of verplaatsen van wanden die niet bijdragen aan de stabiliteit is geen uitsluitingsgrond.

De tekst:

- *Verbouwingen waarbij de oorspronkelijke gevel is vervangen door een pui die geen bijdrage levert aan de horizontale stabiliteit. Voorbeelden zijn aan winkelramen, maar ook woningen waar later een doorbraak van de gevel is gemaakt om een aanbouw of serre te realiseren. Er is sprake van een uitsluitingsgrond als één of beide van de volgende situaties van toepassing zijn:*
 - *Als bij een gevel als gevolg van een verbouwing meer dan 85% van de gevel als open moet worden beschouwd.*
 - *Als het gemiddelde percentage openingen voor twee parallelle gevels meer is dan 75% van die gevels.*

(dit betekent bijvoorbeeld dat als de voorgevel tot 85% opening is verbouwd, de achtergevel ten hoogste 65% open mag zijn).

Is vervangen door:

- *Verbouwingen waarbij de oorspronkelijke gevel is vervangen door een pui die geen bijdrage levert aan de horizontale stabiliteit. Voorbeelden zijn winkelramen, maar ook woningen waar later een doorbraak van de gevel is gemaakt om een aanbouw of serre te realiseren. Hierbij zijn de volgende situaties met betrekking tot uitsluitingsgronden van toepassing:*
 1. *Bij een draagconstructie van staal, hout of beton waarbij de aanpassingen aan de gevel de stabiliteit van de hoofddraagconstructie niet beïnvloeden, is de wijziging van de gevel geen uitsluitingsgrond.*
 2. *Indien het adres of meerdere adressen waarvan de gevel is vervangen onderdeel is van een bouwkundige (seismische) eenheid van seriematig geschakelde bouw zijn de volgende regels van toepassing:*
 - a. *Bij een draagconstructie van metselwerk of beton, is geen sprake van een uitsluitingsgrond, maar worden alle adressen in de eenheid op basis van het openingspercentage van de gehele eenheid beoordeeld.*

Opmerking: dit kan betekenen dat de toedeling van de woningen die niet wijzigen in het blok verandert (met name een verschuiving van METSELWERK1 naar METSELWERK2 is mogelijk).

- b. *Bij een draagconstructie van beton met constructieve verbindingen van de vloeren is het openingspercentage van de gevel geen toedelingscriterium of uitsluitingsgrond.*
- c. *Bij een draagconstructie van geprefabriceerd beton is sprake van een uitsluitingsgrond indien de verwijderde gevel onderdeel was van het constructiesysteem.*
- d. *Indien bij seriematig geschakelde bouw bij een verbouwing een deel van de woningscheidende wanden of kopgevels, die zorgen voor de stabiliteit, wordt weggehaald, is sprake van een uitsluitingsgrond als het openingspercentage in de maatgevende doorsnede van de stabiliteitswand na de wijziging meer dan 50% bedraagt of indien het deel wat is weggehaald, groter is dan 10 m². De procedure voor het bepalen van dit percentage is gegeven in paragraaf 3.8. De procedure van 3.8 moet worden toegepast op alle bouwlagen.*

3. *Indien het adres waarvan de gevel is vervangen door een pui zonder constructieve functie een vrijstaand gebouw betreft, is sprake van een uitsluitingsgrond als één van de volgende situaties van toepassing is:*
 - a. *Als bij een gevel ten gevolge van een verbouwing meer dan 85% van de gevel als open moet worden beschouwd en er geen maatregelen zijn getroffen om de constructieve functie over te nemen.*
 - b. *Als het gemiddelde percentage openingen voor twee parallelle gevels meer is dan 75% van de gevels en er geen maatregelen zijn getroffen om de constructieve functie over te nemen.*

De tekst van punt 4 is verplaatst naar punt 2d.

De tekst:

- *In het geval van seriematige bouw: verbouwingen waarbij de stabiliteitswanden (die tevens de vloeren dragen) zijn voorzien van openingen van 2m² of meer.*

Is komen te vervallen

Paragraaf 4.5 Verbindingen

De tekst van de laatste bullet is aangepast tot:

- Het ontbreken van de verbinding tussen geprefabriceerde dakelementen (dakdozen of sporenkappen) en de kopgevel. Indien tijdens de inspectie geen bijzonderheden worden gevonden die wijzen op onvoldoende weerstand, zoals scheurvorming of grote vervormingen, kan worden aangenomen dat er sprake is van voldoende verbinding tussen deze elementen en de gevel.

Paragraaf 4.6: Schijfwerking van het hellend dak.

De tekst:

Voorbeelden daarvan zijn textiel of plastic, houtwolcementplaten, hardboardplaten, zachtboardplaten. Materialen voor het dakbeschot die wel voldoende stijf zijn, betreffen onder meer underlaymentplaten, OSB platen of planken van ten minste 12 mm dikte en geprefabriceerde dakelementen.

Is aangepast als volgt:

Voorbeelden daarvan zijn textiel of plastic, houtwolcementplaten, hardboardplaten, zachtboardplaten. Materialen voor het dakbeschot die wel voldoende stijf zijn, betreffen onder meer underlaymentplaten; OSB platen of planken; en geprefabriceerde isolerende dakelementen (zoals van merknamen Isobouw of Unidek).

Paragraaf 4.8: Afwezigheid van een vloer

De tekst is aangepast en luidt:

Indien sprake is van een hellend dak en de afstand tussen de bovenste vloer en het hoogste punt van het dak is gelijk aan of groter dan 4 meter dan is sprake van een uitsluitingsgrond.

Een nieuwe paragraaf 4.9 is toegevoegd:

4.9: Vorm van de plattegrond bij drie of meer bouwlagen

Indien de plattegrond van een gebouw met meer dan drie bouwlagen afwijkt van een rechthoekige vorm is sprake van een uitsluitingsgrond.

Opmerking: kleine afwijkingen van een rechthoek zijn toegestaan, zoals het aanwezig zijn van een knik in de plattegrond van ten hoogste 15 graden

Hoofdstuk 5

De tekst onder 5.4.1 is vervangen door:

De typologiegroep STAAL omvat 8 typologieën:

STAAL1: Raamwerk met 1 of 2 bouwlagen

STAAL2: Raamwerk met 3 of 4 bouwlagen

STAAL3: Raamwerk met 5 of 6 bouwlagen

STAAL4: Constructie met schoren met 1 of 2 bouwlagen

STAAL5: Constructie met schoren met 3 of 4 bouwlagen

STAAL6: Constructie met schoren met 5 of 6 bouwlagen

STAAL7: Constructie met stalen portaalconstructie (driescharnierspant)

STAAL-A: Stalen constructie met 1 bouwlaag en rechthoekige plattegrond

Opmerking: STAAL-A bevat gebouwen uit de typologieën STAAL1, STAAL4 en STAAL7

Hoofdstuk 6

De volgende referentie is toegevoegd:

[ACVG, 2022] Veiligheid van de gebouwen buiten de scope van de versterkingsoperatie, ACVG, november 2022

Bijlage B

B.2 Typologiegroep STAAL

Toegevoegd is onderstaande tabel

TYPLOGIEGROEP omschrijving	STAAL Gebouwen met stalen draagconstructie
TYPLOGIE	STAAL-A
NADERE OMSCHRIJVING	Gebouw met rechthoekige plattegrond en stalen constructie en 1 bouwlaag
INSPECTIEGEGEVENS	

MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting X)	Staal
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting X)	Geen criterium
MATERIAAL CONSTRUCTIE (richting Y)	Staal
CONSTRUCTIESYSTEEM (richting Y)	Geen criterium
AANTAL BOUWLAGEN	1
MAXIMALE HOOGTE	10 m
MAXIMALE BREEDTE	40 m
MAXIMALE LENGTE	160 m
VRIJSTAAND of GESCHAKELD	Vrijstaand