

# Duurzaam Herstel en Versterking van Woningen in Groningen

## Hoofdstuk 3

### SCHOORSTENEN en GEVELTOPPEN

De aardbevingsproblematiek van hoge bakstenen elementen



**Abstract:** Schoorstenen en geveltoppen zijn vanwege hun hoge positie de **meest risicovolle elementen** aan oude gebouwen in het geval van een aardbeving. Zij zullen als eersten van het gebouw afvallen. Het onderkennen van dit probleem en het wegnemen van die risico's is het thema van dit document.

Kernwoorden o.a.: Aardbeving, dak, diafragma, flexibel, geveltop, Groningen, isoleren, lichtgewicht, PGA, schoorsteen, verankering, verduurzamen, versterken, vervangen, woningen.



Door: Sjoerd Nienhuys  
Bouwkundig, seismisch ingenieur  
juli 2023

## Inleiding

De Nederlandse bakstenen schoorstenen en decoratieve topgevels zijn de **twee meest kwetsbare gebouwelementen tijdens aardbevingen**. Dat komt omdat ze:

- a. Een grote massa hebben, hoe zwaarder, hoe groter de bevingskrachten.
- b. Van bros metselwerk zijn gemaakt, dus niet flexibel. Ook de kanalen onder de kap.
- c. Boven aan het gebouw zitten dus een verhoogde horizontale beweging ondergaan.
- d. Verslepte gemetselde kanalen in de kap hebben die vaak slechts aan de flexibele houten constructie zijn verbonden.
- e. Alleen aan de basis op loodslabben zijn geplaatst, waardoor ze bijna los staan.
- f. Een erg smalle basis hebben, waarbij hoe slechter de verhouding tussen de basis en de hoogte is, hoe groter het omvalrisico is.
- g. Wanneer ze door het dak vallen, kunnen ze dwars door alle houten vloeren vallen.
- h. Een basis hebben die bij topgevels vaak onderbroken wordt door raamopeningen.
- i. Vaak een slechte verankering aan de achterliggende kapconstructie hebben.
- j. Aan of op een flexibele houten kap zitten en waarbij dat flexibele dak extra belasting op de stijve topgevels of schoorstenen uitoefent.
- k. Vaak oud en verweerd metselwerk hebben met zelfs bijna losse bakstenen.
- l. Aan de straatkant staan en dan op de openbare weg kunnen vallen.
- m. Als ze langs de openbare ruimte zitten, en bij een aardbeving vallen, dan zullen ze vaak **dodelijke slachtoffers veroorzaken**.<sup>1</sup>

**Daarom is er hier als eerste thema een apart hoofdstuk aan gewijd.**



---

<sup>1</sup> Ongeveer 50% van de dodelijke slachtoffers van de aardbeving in 2011 in Nieuw-Zeeland was door het neerstorten van topgevels in een winkelstraat.

## Inhoudsopgave

<b>Hoofdstuk 3</b> .....	1
<b>SCHOORSTENEN en GEVELTOPPEN</b> .....	1
<b>Inleiding</b> .....	2
<b>3.0.    Introductie. Relatieve gebouw versterking</b> .....	4
<b>3.1.    Cultureel erfgoed</b> .....	5
<b>3.2.    Opties voor schoorsteen vervangen</b> .....	7
<b>3.3.    Open haard en duurzaamheid</b> .....	9
<b>3.4.    Schoorsteen versterken</b> .....	11
<b>3.5.    De jaren '30 schoorstenen en voorbeeld</b> .....	13
<b>3.6.    De schoorsteen op een 'stoel'</b> .....	15
<b>3.7.    Schoorsteen midden op het dak of wolfseind</b> .....	17
<b>3.8.    Stijver en sterker maken van de dakconstructie</b> .....	19
<b>3.9.    Lichtgewicht schoorsteen</b> .....	20
<b>3.10.    Versterking van de draagconstructie.</b> .....	21
<b>3.11.    Zijwaartse ondersteuning van schoorstenen</b> .....	27
<b>3.12.    Lichtgewicht schoorstenen</b> .....	29
<b>3.13.    Geveltoppen</b> .....	30
<b>3.14.    Versterking topgevel versiering</b> .....	32
<b>3.15.    Uitkregend gebouw onderdeel of balkon.</b> .....	33
<b>3.16.    Historisch erfgoed boerderij Zuidpool</b> .....	35
<b>3.17.    Fabrieksschoorsteen</b> .....	37

### Introductie. Relatieve gebouw versterking

Een gebouw kan schade oplopen door een aardbeving. Die schade is het gevolg van de **massa** van dat gebouw, de hoogte, de flexibiliteit en de sterkte van de constructie.

- a. Hoe groter de **massa** is, hoe groter de bevingskracht. Metselwerk is zwaar.
- b. Hoe hoger in het gebouw hoe groter de zijwaartse beweging. Schoorstenen zitten hoog.
- c. Hoe brosser de constructie hoe eerder deze breekt. Metselwerk is erg bros.
- d. Hoe zwakker de verbinding, hoe eerder deze valt. Loodslabbe onderbreking aan de basis.
- e. Hoe slapper de kapconstructie, hoe groter de belasting op de schoorsteen.

Op basis van deze vijf eenvoudige regels kan geconcludeerd worden dat gemetselde schoorstenen op flexibele houten daken een verhoogd aardbevingsrisico hebben. Hetzelfde geldt voor topgevels.

In Groningen was een van de eerste veiligheidsacties dan ook om deze hoge risico's te identificeren en meteen veilig te stellen, zodat er bij een herhaalde beving, en een vermeerdering of verhoging van de bevingen er geen gebouw onderdelen zouden vallen. In 2014 werden er in het epicentrumgebied van de provincie Groningen (gemeente Loppersum) ongeveer 3000 schoorstenen, topgevels, balkons en dergelijke geïdentificeerd en versterkt of vervangen of verwijderd. Dat was een seismische versterking, maar ook een relatieve versterking, omdat het gebouw relatief bestendiger is tegen de beving zonder de schoorsteen.<sup>2</sup>

De schoorsteen verwijderen om de woning te beschermen kan vergeleken worden met een zeilboot die met sterke wind kan omwaaien. Het is niet mogelijk om de wind te verminderen (minder aardbevingen), maar het is wel mogelijk om het zeil kleiner te maken (minder belasting). De zeilboot wordt dan beschermd tegen omwaaien. Daarvoor hoeft de romp van de boot niet aangepast te worden.

*Figuur 3-1. Schoorstenen van monumenten zijn vaak beschermd.*

*In 2016 wordt het versterken van 1200 schoorstenen (in Appingedam) opgeschort, omdat Monumentenzorg het vervangen van zware schoorstenen bij karakteristieke panden blokkeerde, omdat ze eerst een onderzoek wilden doen. Deze mochten niet zomaar door een identiek lichtgewicht model vervangen worden.<sup>3</sup> (Foto CVW).*



Wanneer er een aardbeving is, is het niet altijd verstandig om tijdens een aardbeving naar buiten proberen te rennen. Een ander aspect is dat de geïnduceerde aardbevingen in Groningen zo kort zijn, dat het niet mogelijk is om binnen een seconde te realiseren wat er aan de hand is en dan ook nog naar buiten te rennen.

<sup>2</sup> Toen er in 2014 besloten werd dat de schoorstenen niet meetelden als versterking, gaat het niet over de seismische versterking maar over structurele versterking van het gebouw; dat is wat anders.

<sup>3</sup> Hier lopen twee zaken door elkaar. Het ene is dat het zware versterken van monumentale schoorstenen tegen een hele hoge Mmax niet meer nodig was, en er dus geen onmiddellijk risico meer bestond. Het andere is dat monumentenzorg onvoldoende kennis van zaken had over de mogelijkheid om de lichtgewicht schoorsteen er identiek uit te laten zien als de oude schoorsteen.

### 3.1. Cultureel erfgoed

In Hoofdstuk 2 Gebouwworm, werd aangehaald dat er in het Groningse epicentrum (gemeente Loppersum) begin 2013 een straatonderzoek van meer dan 1000 woningen werd uitgevoerd<sup>4</sup>, waaruit bleek dat bij maar liefst 40 % van de gebouwen de gemetselde schoorstenen en geveltoppen een veiligheidsrisico vormden bij de in 2012 voorkomende aardbevingen ( $PGAg < 0,1$ ).

*Figuur 3-2. Een baksteen schoorsteen heeft een grote massa. De massa van de met een spouwmuur gemetselde schoorsteen, die minstens een meter boven de pannenlijn uitsteekt is al meer dan 1 ton. Omdat de schoorsteen of geveltop hoog in het gebouw zit krijgt deze een extra horizontale belasting en verplaatsing gedurende een aardbeving. Omdat de schoorsteen op een flexibele houten kap zit en het lood rondom in de lintvoeg zit, kan de aansluiting met het onderliggende gemetselde makkelijk scheuren. Wanneer de schoorsteen valt kan deze dodelijke ongelukken veroorzaken. Schoorstenen of geveltoppen langs de openbare ruimte worden daarom extra kritisch bekeken en zo nodig verwijderd of vervangen.*



De Groningse architectuur van meer dan een eeuw geleden heeft veel karakteristieke gebouwen, waarbij de hoge gemetselde schoorstenen een belangrijk onderdeel zijn van de architectuur. Ofschoon de houtkachel zijn belangrijkste functie als warmtebron heeft verloren, kan de schoorsteen nog wel gebruikt worden als ventilatiekanaal. Wanneer de schoorsteen beeldbepalend is of onderdeel van een monument zal de wens bestaan dat deze behouden blijft, of vervangen wordt door een lichtgewicht model, dat er van de straat uit precies hetzelfde uitziet.



*Figuren 3-3. Verschillende modellen schoorstenen.*

*Links: Hier is de schoorsteen het hoofdbepalende deel van het gebouw.*

*Midden: Hier past de schoorsteen in het geheel van de architectuur. Meestal zijn het er twee.*

*Rechts: Bij dit historische gebouw Ekenstein zijn de schoorstenen niet beeldbepalend, noch belangrijk en geeft het architectonisch niet als ze allebei verwijderd worden.*

*Omdat schoorstenen meestal op een afstand van meer dan 30 m te zien zijn, kan het niet worden waargenomen of het een lichtgewicht imitatie exemplaar is, of een ton weegt.*

<sup>4</sup> Dit is na de aardbeving in Huizinge van 16 augustus 2012 ( $PGAg$  0,085 en Richter 3,6). Allereerst werd de ASCE 41-13, onderzoeksmethode van de ATC-20 (*Rapid Evaluation Safety Assessment Form*) geadopteerd, op basis waarvan er een *Rapid Visual Screening (RVS)* werd uitgevoerd. De eerste de resultaten staan in de grafiek van Hoofdstuk 2. Deze methode identificeerde 13 *High Risk Building Elements (HRBE)*, waarvan schoorstenen en geveltoppen het meest voorkwamen met 40%.



Omdat het verwijderen van een schoorsteen (ook binnen in het dak) veel goedkoper is dan het vervangen door een lichtgewicht model, zal per gebouw bekeken moeten worden wat de historische waarde is of wat de beeldbepalende waarde. De gemeente of de woningeigenaar kan ook een mening hebben over het behoud van het aanzicht, maar bij veel woningen is dat nauwelijks een punt.

Het restaureren of vervangen van een risicovolle maar niet architectonisch relevante schoorsteen is niet logisch. In dergelijke situaties zou de woningeigenaar met de schadeveroorzaker kunnen onderhandelen om het kostenverschil tussen vervangen door een lichtgewicht en verwijderen uit te keren, zodat die woningeigenaar met het verschil bijvoorbeeld zijn dak kan isoleren.

Bij geveltoppen zijn deze vaker onderdeel van de architectuur en komen dan vaker voor versteviging in aanmerking in plaats van slopen. Echter, zoals verderop in dit hoofdstuk wordt vermeld is het voor gewone bouw vaak verstandiger om het brosse metselwerk te vervangen voor een goede lichtgewicht versie die ook iets meer flexibel is dan de oude topgevel.



*Figuren 3-4. Verschillende soorten geveltoppen.*

*Deze geveltoppen hebben verschillende scheuren en zijn architectonisch beeldbepalend of historisch erfgoed. Aan de achterzijde kunnen deze op verschillende manieren versterkt worden. (Foto's M. Eekhout)*

Het veiligheidsrisico bestaat eruit, dat als er zich meerdere aardbevingen zouden voordoen met een  $PGAg \approx 0,1$  dan bestond er de mogelijkheid dat verschillende schoorstenen of geveltoppen zouden (los)breken en eventueel konden vallen.

De mogelijkheid van versterken is afhankelijk van de volgende parameters:

- De veronderstelde zwaarte van de nog komende aardbevingen. Hoe hoger de sterkte boven de  $PGAg 0,1$  zou uitkomen, hoe groter het risico zou zijn.
- Massief metselwerk (of spouwmuur), is zijdelings of aan de basis gesteund door een flexibele houten kapconstructie.
- De hoogte van het gebouw en de flexibele houten kapconstructie; hoe hoger, hoe meer risico.
- Langs de dakpannenlijn is het metselwerk onderbroken door loodslabben die er de oorzaak van zijn dat er verticaal geen trekweerstand bestaat met de onderliggende constructie. In principe wordt metselwerk ook niet op trekbelasting berekend.
- Hoe hoger de schoorstenen of geveltoppen boven de pannenlijn uitsteken, hoe kleiner de verhouding basis/hoogte is, waardoor de instabiliteit van de schoorsteen toeneemt. Geveltoppen hebben meestal een erg smalle basis en zijn daarom extra risicovol.

- f. De mate van verwerking van het metselwerk, vooral het voegwerk.
- g. De locatie van de schoorsteen of geveltop. Bij schoorstenen die aan één zijde onderdeel zijn van de topgevel, zijn aan de binnenzijde vaak ondersteund door middel van een 'stoel'. Bij bevingen kunnen deze zowel op het gebouw vallen als naar buiten. Indien deze boven een openbare ruimte zoals een trottoir staan, wordt dit als verhoogd risico aangemerkt. Geveltoppen staan per definitie aan de dakrand en in veel situaties langs het trottoir.

**Versterken, vervangen of verwijderen?** In de volgende bladzijden worden de opties vergeleken.

### 3.2. Opties voor schoorsteen vervangen

Als onderdeel van het verwijderen van het risico van schoorstenen en geveltoppen rijst de vraag of deze verwijderd of vervangen moeten worden, of op een andere manier veiliggesteld. Bij een keuze zal ook de mogelijkheid van verduurzamen van de hele woning meegenomen moeten worden. Omdat open haarden niet milieuvriendelijk zijn, is verwijderen de voorkeursoptie. Alle schoorstenen dateren uit de tijd van vóór de gas-CV ketels of warmtepompen.

Ná 2020 is er geen sprake meer van aardbevingen van groter dan PGAg 0,05 en dus is het valrisico bijna verdwenen<sup>5</sup>. Reparaties aan geveltoppen en schoorstenen die al erkende aardbevingsschade hebben, worden door de NCG of IMG vergoed. In feite is er dan geen directe noodzaak meer voor versterken. Nieuwe of grotere schade zal dan niet meer voorkomen, tenzij er andere bouwkundige oorzaken zijn waarom een schoorsteen of geveltop instabiel wordt<sup>6</sup>.

Voor schoorstenen als topgevels zijn er verschillende opties:

- a. Geheel verwijderen. Het verminderen van de **massa** is een van de basisregels van aardbevingsresistent bouwen. Dit is relevant wanneer de schoorsteen geen technische functie (meer) heeft en geen belangrijk onderdeel is van de gebouwarchitectuur.<sup>7</sup> Het voordeel is tegelijkertijd dat de dak doorbreking weg is. Minder lekkage risico.

*Figuur 3-5. Jaren '30 woning architectuur.*

Links. Bij sommige typen woningen kan de schoorsteen een essentieel onderdeel zijn van de architectuur. Het verwijderen van dat element zou dan de architectonische uitstraling van het gebouw aantasten.

*Figuur 3-6. Schoorsteen heeft geen architectonische waarde.*

Rechts. Het alleen aan het dak vastzetten mag eenvoudig zijn, maar geeft bij een slanke schoorsteen geen stabiliteit in de lengterichting van het gebouw. In deze situatie is het beter om een roestvrij stalen pijp te maken.



<sup>5</sup> Ofschoon de officiële seismische dreiging in 2020 nog op maximaal PGAg 0,15 wordt gesteld, is dat ongeveer 50% tot 100% hoger dan de werkelijke sterkte van de schokken, terwijl met steeds minder aardgasextractie die PGAg-waarden waarden nog verder dalen.

<sup>6</sup> Te denken valt bijvoorbeeld aan vorstschade die kan ontstaan bij verregaande verwerking en inwatering.

<sup>7</sup> Hetzelfde geldt voor beschermd stadsgezicht. Voor een grote schoorsteen kan vergunning-plichtig zijn vanwege de afvoer van puin. Steigerwerk is verplicht vanwege de arbeidswet.

- b. Aan de kap vastzetten met beugels, stangen en ankers (Figuur 3-6) en paragraaf 3.11.

Bij deze oplossingen wordt de **massa** van de schoorsteen niet verminderd, en de aardbevingskrachten overgebracht naar de flexibele houten kap. Bij een geringe beweging van die kap zal de basis van de schoorsteen of geveltop scheuren. Dit is alleen zinvol als het dak stijve diafragma's heeft (Hoofdstuk 9).

*Figuur 3-7. Onder de pannenlijn is het metselwerk smaller.*

*Boven de pannenlijn heeft de schoorsteen vaak een spouwmuur. Dan staat de schoorsteen vaak op een enkel gemetseld kanaal. Bij minimale beweging in de (flexibele) kap zal aan de basis van de schoorsteen (het dunne gedeelte) een scheur ontstaan. Deze scheur kan ook rook en CO (koolmonoxide) in de woning veroorzaken. Omdat schoorstenen voor houtkachels bij verduurzamen niet wenselijk zijn (laag rendement, CO<sub>2</sub> en erg veel fijnstof), kunnen ze beter helemaal verwijderd worden.*



- c. Vervangen door een lichtgewicht imitatie metselwerk schoorsteen. Deze maatregel is gebaseerd op het principe van vermindering van **massa**. Wanneer de schoorsteen onderdeel is van de architectuur of deze een monumentale waarde heeft, is het vervangen door een lichtgewicht exemplaar een ideale oplossing die veel wordt toegepast.

*Figuur 3-8: Plaatsen van een imitatie lichtgewicht schoorsteen.*

*Een kleine metselwerk schoorsteen zou ongeveer 500 kg wegen. In de getoonde optie is er slechts sprake van een geïsoleerde pijp naar het dak. Buiten op is een aluminium schoorsteen van > 100 kg, afgewerkt met steen-strips in de kleur van het andere metselwerk.*

*Van een korte afstand is het verschil met echt metselwerk niet te zien.*



- d. Vervangen door een roestvrij stalen en geïsoleerde buiten schoorsteen. Wanneer de schoorsteen haar functie moet behouden (CV) en geen architectonische waarde heeft, kan deze vervangen worden door een lichtgewicht metalen rookkanaal. In sommige situaties zal een nieuwe schoorsteen langer gemaakt moeten worden om voldoende vrij van de dak-nok te blijven voor goede rookgas afvoer.

*Figuur 3-9. Geïsoleerde lichtmetalen pijpen als schoorsteen.*

*Voor goede rookgasafvoer dient de schoorsteen boven de noklijn van het gebouw uit te steken, of een combinatie van afstand met de hoogte. Vergeleken met lange gemetselde schoorstenen die lager op het dak staan is de roestvrij stalen sandwich schoorsteen een goede oplossing.<sup>8</sup>*



<sup>8</sup> <https://www.bouwwereld.nl/bouwtechniek/herziene-nen-norm-verscherpt-regels-rondom-houtkachels/>



- e. Vervangen door een metalen schoorsteen omkapping. Behalve de schoorsteen van een open haard of CV inlaat/uitlaat zitten er op het dak vaak andere ventilatiepijpen voor de keuken of badkamer afblaas, riolering ventilatie of balansventilatie. Een op een schoorsteen gelijkende metalen doos kan verschillende van deze uitlaten omvatten waardoor er een rustiger dak beeld ontstaat.

*Figuren 3-10. Aantal schoorstenen op een dak. Links. Dit dak-deel heeft 6 schoorsteen- en ventilatiepijpen. Rechts. Met prefab metalen schoorstenen kunnen alle pijpen samengebracht worden in een enkele doos.*



- f. Vervangen door warmtepomp. Met deze optie is er geen behoefte meer aan een schoorsteen. Wanneer er geen andere locatie is kan er op het dak een warmtepomp geplaatst worden in een geluid reducerende omkapping. De constructie moet zo gemaakt worden dat de ventilatie van de warmtepomp geen trillingen op de constructie overbrengt. Ook is niet elk dak geschikt voor de belasting en zal de opbouw ondersteund moeten worden.



*Figuur 3-11. Ventilatie buitenunit van warmtepomp op het dak.*

*Links. In het dak de opbouw van warmtepompen en dakraam. Foto Dutch Heat solutions.*

*Rechts. Buitenunit met ventilator gedeelte. Foto Decorio. Grote ventilatoren van de buienunits voor de lucht-water warmtepompen maken minder lawaai dan kleine. Kleine dak-units zijn daarom minder gunstig.*

### 3.3. Open haard en duurzaamheid

De open haard is een verbetering van de open hittebron en kookvuur binnenshuis en door de eeuwen heen het centrum van de woning. Psychologisch gezien is het sterk ingeprent in onze denkwereld als huiselijk element, warmte en gezelligheid. Voor de gezondheid van de bewoners is een schoorsteen nodig om de rook van het brandende hout of kolen naar buiten te brengen.

Omdat woningen van vóór 1970 niet of slecht geïsoleerd waren, was een kachel of CV een middel om in de woning veel warmte te produceren, waarbij beide systemen een schoorsteen nodig hadden om de rook naar buiten te evacueren, meestal via een gemetseld rookkanaal. De HR-CV heeft echter een eigen gecombineerde in- en uitlaat (vanwege het rendement). De houtkachel is nu een onrendabele warmtebron vanwege het lage energierendement.



Figuren 3-12. Verschillende soorten kachels van oud naar nieuw.

*Links.* Middeleeuwen. *Boven.* Gietijzeren fornuis in een woonkeuken, open haard in woonkamer voor sfeer. *Rechts.* Gesloten houtkachel of allesbrander en een moderne sfeer gashaard.



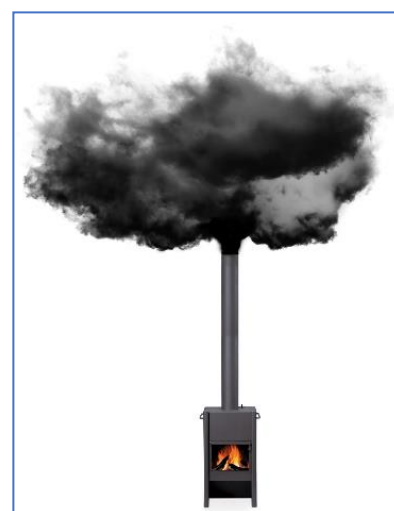
Imitatie elektronische en 3D of 4D (met geluid) haarden zijn zo echt dat ze vergelijkbaar zijn met ouderwetse houtkachels en kunnen met Infrarood paneel ook schone warmte produceren in combinatie met gezelligheid. Voor elektronische open haarden zijn geen schoorstenen nodig.

Nieuwe woningen van ná 2015 zijn veel beter geïsoleerd en hebben daardoor een veel kleinere verwarmingsbron nodig, waarbij verschillende technieken mogelijk zijn, maar de open haard is gebleven als sfeerelement, ook al wordt deze nauwelijks nog gebruikt.

Het energierendement van een moderne HR-CV ligt op 107%, van een warmtepomp op 300% tot 500%, maar bij een gesloten houtkachel ligt dit misschien volgens de fabrikant op de 50% tot 60%, bij een open haard is het rendement veel lager (< 25%). Voor een goed rendement moet het brandhout goed droog zijn (RV<20%). Echter, een houtkachel onttrekt de nodige lucht meestal uit de woonkamer die eerst verwarmd wordt door de HR-CV. Die voorverwarmde lucht wordt door het houtvuur extra verhit en door de schoorsteen naar buiten afgevoerd. Hierdoor is het werkelijke energie rendement dus heel veel lager (effectief < 20%).

*Figuur 3-13. Een gesloten houtkachel produceert heel veel fijnstof. Dat fijnstof komt buiten in de lucht en slaat overal neer. Tijdens koude mistige dagen kan het stoken van houtkachels zelfs 'smog' veroorzaken, waardoor alle buurtbewoners daar last van ondervinden. Een open haard verstoort het systeem van mechanische ventilatie. Bij veel woningen zal het aanzetten van de uitblaas keuken-wasemkap vuile lucht via de schoorsteen naar binnen zuigen. Afbeelding uit Trouw.*

Voor 1 kg droog hout is  $\approx 15 \text{ m}^3$  verse lucht nodig om te verbranden en die hete lucht gaat de schoorsteen uit met veel  $\text{CO}_2$  en fijnstof.<sup>9</sup>



<sup>9</sup> De meeste hout gestookte kachels hebben daardoor een laag milieurendement, m.u.v. pellet-kachels. Voor brandhout met een hoger vochtgehalte daalt het rendement, want eerst moet dat vocht verdampt worden. Emissies van open haarden en oude **houtkachels** liggen gemiddeld tussen 6 tot 40 g fijnstof per kg brandstof. Bij nieuwere **houtkachels** is dat tussen 4 en 10 g/kg. Pellet-kachels stoten gemiddeld 1 tot 2 g/kg uit of minder.

De luchtvervuiling van houtkachels is erg groot en **daarom horen ze niet meer bij een verduurzaming van de woning**.<sup>10</sup> Wanneer een losse gemetselde schoorsteen van slechte kwaliteit is, is het verstandiger om deze helemaal te verwijderen. Op die manier geeft deze ook geen schaduw op PV-panelen.

### 3.4. Schoorsteen versterken

Deze paragraaf behandelt de problematiek van enkele vormen van schoorstenen en geeft een paar opties voor versterking. De foto's zijn bedoeld ter illustratie en geven niet aan of een situatie veilig of onveilig is. Om de veiligheid van een constructie te bepalen is het nodig om de kwaliteit van het metselwerk, de dakconstructie en de onderliggende constructie te kennen. Ook is de sterkte van een te verwachte aardbeving of storm van belang om een beoordeling te geven. Zonder gedetailleerde informatie is het niet mogelijk om precies aan te geven welke maatregelen genomen moeten worden. Wanneer er vanaf de straat een hoog risico schoorsteen wordt geïdentificeerd (RVS), zal het nodig zijn om de constructie ook aan de binnenzijde te beoordelen (EVS).

*Figuren 3-14. Foto's van schoorstenen uit New Zealand.*

*Links: Huis in Darfield. Na een zware aardbeving in 2010 viel de schoorsteen door het dak van een huis.*

*Rechts: Door de korte heen- en-weer schok is de schoorsteen net blijven staan.*



De keuze van een eventuele versterkingsoptie, vervanging voor een lichtgewicht model of algehele verwijdering, zal sterk afhangen van het kostenplaatje en het aanzicht van het gebouw. Ook kan het afhangen van de na-isolatiemethode van het dak, aan de binnenkant of de buitenkant; bij buitenzijdige dakisolatie is het weghalen van een schoorsteen weinig extra werk.

Voor het versterken van een schoorsteen is de plaats van het massapunt t.o.v. de basis belangrijk. De loodslabben die moeten voorkomen dat het vocht van boven door het metselwerk naar binnen zakt, maar zijn een onderbreking van het metselwerk, waardoor het metselwerk daar geen trekkrachten kan opnemen. **Een schoorsteen staat daardoor bijna altijd los te balanceren.**

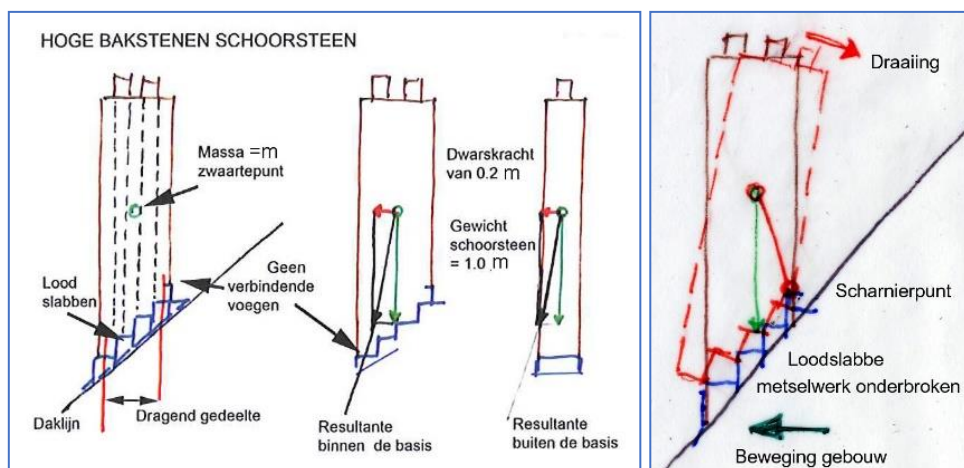
Met het massapunt op ongeveer halverwege de vrije hoogte kan de resultante tussen de horizontale druklijn en de eigen gewichtslijn, buiten de voet van de schoorsteen vallen. Als de horizontale kracht ten gevolge van een zeer lichte aardbeving PGAg 0,1 x de massa is, dan zal de krachtenresultante binnen de schoorsteenvoet vallen indien de schoorsteen minder dan vier keer zo hoog als breed is. Bij een erg slanke of hoge schoorsteen of hogere belasting zal deze resultante buiten de basis vallen.

Bij een PGAg 0,08 is de zijwaartse belasting ter hoogte van de nok van het dak, bij een woning van niet meer dan 10 m hoog, omstreeks 0,2 X de massa. Dit betekent dat een slanke schoorsteen, zoals in de schets hieronder, een hoog risico loopt van afbreken en omvallen.

<sup>10</sup> Zie: <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/verwarmen-op-gas-of-hout/houtkachel-of-open-haard/> en <https://joop.bnnvara.nl/nieuws/rivm-komt-met-open-haard-alarm-tegen-gezondheidsklachten> en <https://www.trouw.nl/duurzaamheid-natuur/de-knusse-houtkachel-is-eigenlijk-een-no-go~b274ce61/>



Figuren 3-15.  
Berekening  
dwarskracht op  
schoorsteen.  
De schets geeft het  
principe van de  
berekening aan.



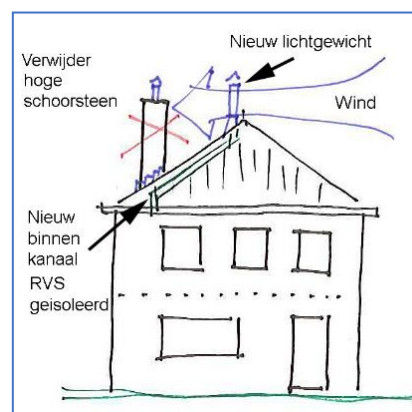
De krachten-resultante kan ingetekend worden. **Rood** is de horizontale kracht van de aardbeving. **Groen** is de massa van de schoorsteen. Bij belasting naar buiten telt het onderste steunpunt.

Figuur 3-16. Naar binnen gevallen schoorsteen.  
Bij belasting naar binnen is er een hoger scharnierpunt. De richting van vallen is afhankelijk van de richting van de aardbeving.



Bij slanke of zeer hoge schoorstenen wordt het risico groter. De frequentie (aantal schokken per seconde) van de aardbeving en de amplitude (zijwaartse beweging) zijn medebepalend. Geïnduceerde aardbevingen van  $PGA_g < 0,1$  hebben een lage frequentie, meestal maar 1 schok, waarbij de maximale horizontale verplaatsing van het gebouw kleiner is dan 1 cm.

Figuren 3-17. Hoge schoorsteen.  
Voorbeeld van een schoorsteen die omvalt bij een  $PGA_g 0,1$  beving. Het is alleen niet zeker naar welke kant. Vervangen door een lichte roestvrij stalen sandwich buis tot boven de nok is hier een optie.



Een goede oplossing is om een risicovolle schoorsteen in haar **geheel verwijderen**, of te vervangen door een lichtmetalen (sandwich, geïsoleerde) schoorsteenpijp.

- Een gemetselde schoorsteen die geen functie meer heeft voor de afvoer van rookgassen van een houtkachel kan beter helemaal verwijderd worden.
- Een schoorsteenkanaal dat alleen voor ventilatie dient, of voor gasafvoer van een centrale verwarmingsketel kan vervangen worden door een zwarte HDPE-pijp.
- Bij een gemetselde schoorsteen die op de zijkant van een schuin dak staat kan de nieuwe afvoer beter op de nok van het gebouw worden geplaatst, met een schuin rvs-kanaal binnendoor.



Figuren 3-18. Roestvrij stalen geïsoleerde pijpen.

Lichtgewicht en geïsoleerde metalen schoorstenen of ventilatiepijpen die boven de nok uitkomen voor verbeterde rookgas afvoer.



De pijpen die bij goed geïsoleerde woningen nu nog uit het dak steken zijn hoofdzakelijk bedoeld voor luchtafvoer en -verversing. Binnen dezelfde architectuur is het volledig geaccepteerd om als alternatief op een gemetselde schoorsteen een metalen pijp te hebben of helemaal geen schoorsteen.



Figuren 3-19. Moderne woningen met of zonder schoorsteen.

Links. Deze twee nieuwe woningen zijn bijna identiek. De uitzondering is de schoorsteen. Het rechterhuis heeft geen gemetselde schoorsteen maar een rvs uitlaat. Rechts. Passief huis zonder schoorsteen.

### 3.5. De jaren '30 schoorstenen en voorbeeld

Vanwege de bijzondere architectuur zijn de jaren '30 gebouwen vaak aangemerkt als beeldbepalend of beschermd stadsgezicht, waardoor er van monumentenzorg vaak geen grote veranderingen aan de gevels gemaakt mogen worden.

Figuur 3-20. Voorbeeld van een jaren '30 woning met twee hoge schoorstenen.

De voorste schoorsteen aan de straatkant zou aangemerkt kunnen worden als een beeldbepalend element die past in de architectuur van het gebouw. De achterste is nauwelijks beeldbepalend, en slechts beperkt zichtbaar vanaf de openbare weg. Deze kan in zo'n geval vervangen te worden door een rvs dubbelwandige schoorsteenpijp. Echter, omdat hier het schaderisico door het aardbevingsteam in de provincie Groningen werd geïdentificeerd, had de eigenaar recht op behoud en versterking van beide schoorstenen.



De achterste, hogergeplaatste, schoorsteen had al een beschadiging opgelopen, waarbij de scheur werd gerepareerd. De reden dat deze achterste schoorsteen was beschadigd heeft hoogst waarschijnlijk met het niet-stijve dakbeschot als oorzaak. De basis van de achterste schoorsteen ligt 3m hoger dan de basis van de voorste schoorsteen, en staat op het flexibele houten dak, waardoor deze schoorsteen een grotere zwiepbeweging maakte tijdens de geleden aardbeving ( $PGAg < 0,06$ ).<sup>11</sup>

Figuren 3-21. Een jaren '30 schoorsteen in donkere, gesinterde sierbakstenen. Schoorsteen van 3 x 4 strekken (60 cm x 80 cm), een spouwmuur met een enkel rookkanaal.

Het zwakke punt is de aansluiting langs de twee dakranden.



Figuur 3-22 Ontwerp voor versterking schoorsteen.

Vier opties werden overwogen.

(1) In het geheel aftillen van de top en verwijderen tot onder de daklijn.

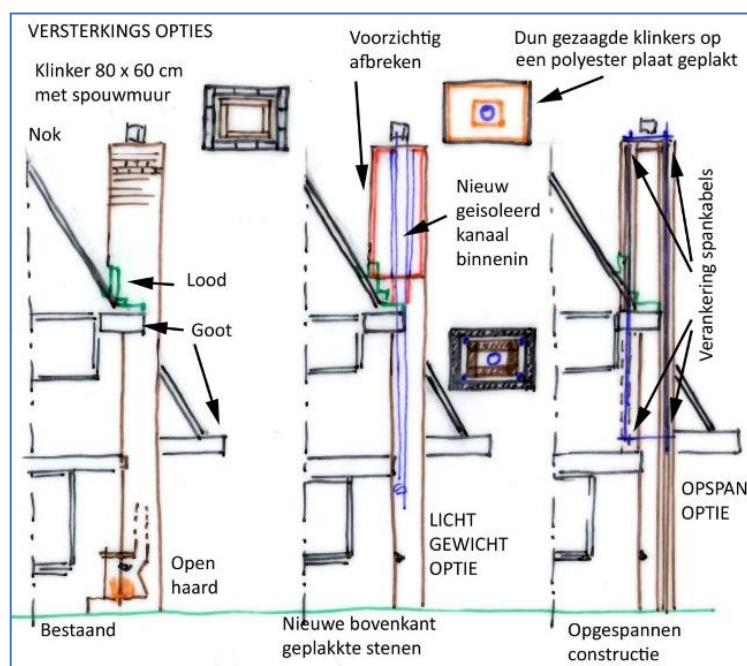
Stenen in plakjes zagen. Aluminium koker en plakjes erop plakken.

Aanvullende steen-strips aan de achterkant.

(2) In het geheel verwijderen en aluminium koker met imitatie stenen.

(3) Met spankabels van boven naar beneden zekeren.

(4) Een stalen koker van boven inbrengen tot aan de begane grond.



Wanneer voor een lichtgewicht schoorsteen zou zijn gekozen, waren er drie opties.

Optie I: Kiezen voor de standaard composiet stenen, als die voldoende gelijkenis hebben, of

Optie II: Speciale composiet baksteen strips namaken volgens bestaande gevel, of

Optie III: Steen-strips zagen van de huidige schoorsteen en die op het aluminium plaatwerk plakken. Bij veel breuk extra steen-strips aan de achterkant bijvoegen. Deze optie garandeert precies dezelfde uitstraling door de originele baksteen.

Bij alle drie van deze opties kan de hoge  $M_{max}$   $PGAg > 0,3$  zonder problemen weerstaan worden.

<sup>11</sup> Het alleen dichtsmen van de gescheurde lintvoegen is in dit geval een foutieve oplossing die alleen mogelijk is bij onvoldoende deskundigheid van zowel de schade-inspecteur, de aannemer en de woningeigenaar. Een probleem is dat de schade-inspecteur vaak geen opinie gaf over de te nemen maatregelen en de aannemer slechts de esthetische "reparatie" uitvoerde.



Vanwege de grote hoogte van deze schoorstenen is het maken van nieuwe lichtgewicht composiet steen-strips altijd aanbevolen. In het geval van composiet namaakstenen is het belangrijk dat de eigenaar van de woning verschillende praktijkvoorbeelden ziet.

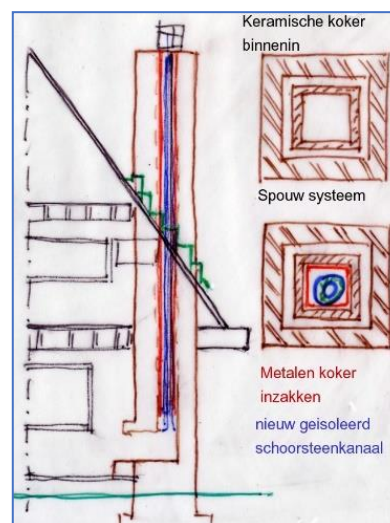
*Figuur 3-23. De gekozen methode van versterken.*

*De gekozen versterkingsoptie was optie (4) om een metalen koker door het schoorsteenkanaal te laten zakken, tot net boven de open haard.*

*Echter, bij het laten inzakken van de koker bleek dat het kanaal niet recht was en extra hak- en breekwerk noodzakelijk was.*

*Binnen het stalen koker kanaal komt een geïsoleerd rvs-kanaal.*

*Bij deze optie blijft de massa van de schoorsteen bestaan. De mogelijke  $M_{max}^{12}$  voor deze optie is  $PGA < 0,2$ .*



*Figuren 3-24.*

*Verskil tussen oude en nieuwe schoorsteen.*

*Links: Bestaande schoorsteen naast dakkapel.*

*Rechts: Nieuwe composiet steen--strips van lichtgewicht schoorstenen van Meekro, Groningen.*



Bovenstaande foto's zijn van verschillende woningen, reden waarom de baksteen een andere kleur heeft. De composiet baksteen strips zijn op een paar meter afstand niet van de echte bakstenen te onderscheiden.

### 3.6. De schoorsteen op een 'stoel'

Bij schoorstenen die aan de zijkant van de woning op de kopgevel zijn geplaatst, steunen meestal slechts half op deze zijgevel. De dak zijde van de schoorsteen steunt op een 'stoel' of een ondersteuningsplaat op halve hoogte in de kap. De gordingen van het dak zijn in de kopgevel verankerd, maar het hele dakbeschot is flexibel. Vaak zijn deze schoorstenen symmetrisch geplaatst, een aan elke kant van de nok en zijn dan een element in de architectuur.

Bij veel woningen zijn ze onderdeel van beschermd stadsgezicht, maar bij rijtjeswoningen niet. Vanwege deze zwakke ondersteuningsconstructie zijn deze bij oude woningen vaak iets naar binnen gebogen, niet door een aardbeving. In veel situaties zijn deze schoorstenen verweerd en slechts decoratief zonder functie; de eventuele HR-CV heeft een eigen, nieuwe in- en uitlaat.

<sup>12</sup> In 2015 was de  $M_{max}$  nog  $PGA < 0,36$ . Deze oplossing zou dan niet voldoende zijn. Terwijl enerzijds de  $M_{max}$  zeer hoog was, werden anderzijds veel "versterkingen" toegepast die slechts bestand waren tegen een  $M_{max}$  met een  $PGA \approx 0,1$ .

Figuren 3-25. Verzakte schoorstenen 'op stoel'.

In beide foto's zijn de schoorstenen op de geveleinden verweerd en uit het lood **naar binnen gedraaid**. Dit betekent dat de draagstoel eronder vervormd is.



Bij goedkope bouw komt het ook voor dat het buitendeel van de schoorsteen op een houten dwarsbalk of raveling staat. Door het uitdrogen en/of buiging, lekkage en houtrot van het hout en de verbindingen kan dan de houten draagconstructie krimpen of inzakken, waardoor de schoorsteen naar de noklijn draait. Bij het ophangen van de schoorsteen aan een enkel-steens bouwmuur geeft dit een excentrische belasting waardoor de onderstaande muur op de duur gaat doorbuigen.

Figuren 3-26. Kopgevel schoorstenen op een steens en halfsteensmuur.

Links. Het metselwerk met koppen en strekken geeft aan dat dit een steens muur is, maar de schoorsteen is breder.

Rechts. Deze kopgevel schoorsteen staat op een oude halfsteensmuur (alleen strekken en oud gebouw).



In beide bovenstaande foto's is de kopgevel met ankers aan de gordingen verbonden. De linker foto met stutten, geeft aan dat de hele gevel onvoldoende stabiel is. De rechter foto toont dat schoorsteen al eens helemaal vernieuwd werd, maar de verwerking van de onderliggende (halfsteens) muur is aanzienlijk. Wanneer dit pand een monumenten status heeft, dan zou een nieuwe lichtgewicht schoorsteen de optie zijn., maar de hele muur moet ook versterkt worden. Ook moet dan rechts het gevelwerk opnieuw gevoegd worden.

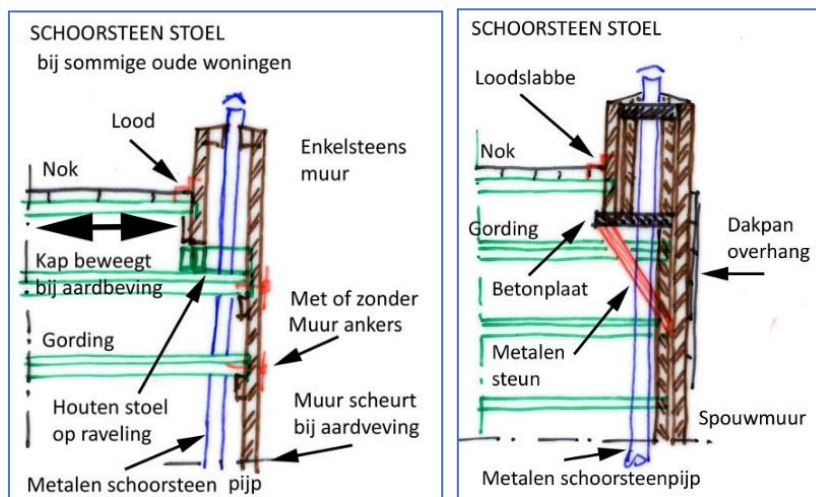
Dit type oude schoorstenen zijn vaak van de fundering naar boven toe door-gemetseld. In het vlak van de kopgevel is er dan zijwaartse ondersteuning, maar loodrecht op de gevel niet. Bij een beweging van de flexibele houten kapconstructie, en onvoldoende diafragmawerking van de vloeren, zal deze schoorsteen meebewegen, waarbij scheuren in de basis ontstaan. Dit gebeurt al onder stormbelasting. Bij een herhaalde aardbevingen zullen deze gevels verder los komen te staan en eventueel afbreken.



Figuren 3-27. Bestaande constructies van een schoorsteenstoel.

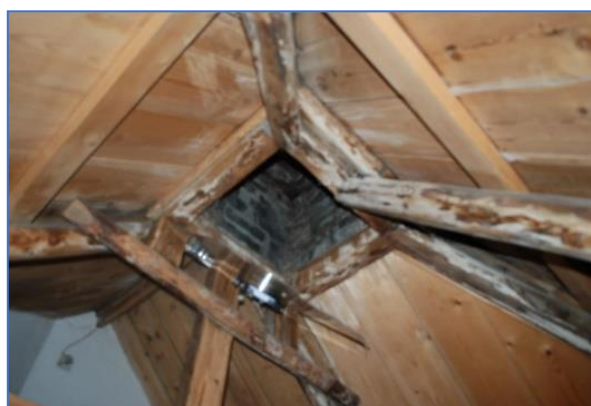
*Links.* De schoorsteen staat op een houten raveling tussen de gordingen (erg zwak). De buitenmuur kan halfsteens zijn of een spouwmuur. Asbest pijp, voor jaren 1920.

*Rechts.* Spouwmuur met metalen steunen onder betonplaatje. Sinds 1960, asbest pijp.



Figuur 3-28. Ondersteuningsconstructie van een lege sier-schoorsteen.

De aansluiting op de houten dakconstructie was/is niet goed waterdicht en leidt tot schimmel en houtrot. Door aantasting aan de binnenzijde kan de constructie extra zwak zijn.



Sinds de jaren '60 kunnen schoorstenen van eenvoudige bouw ook op asbest-cement of Eternit-pijpen staan. Bij de bovenstaande figuren is dan de oude metalen pijp vervangen door deze asbestcement pijp. In verband met de schadelijkheid van asbestcement, zullen deze pijpen op de duur vervangen moeten worden. In dat geval is het ook verstandig om de hele schoorsteen weg te halen.

Figuur 3-29. Oude woningen zonder de topgevel schoorstenen. Bij deze gerestaureerde monumentale woningen zijn de vroegere kopgevel schoorstenen verwijderd. De topjes links werden van achteren versterkt.



### 3.7. Schoorsteen midden op het dak of wolfseind

Een schoorsteen die op het wolfseind van een dak is gebouwd heeft niet de ondersteunende stijfheid in één richting van een gevel. De horizontale weerstand in beide richtingen wordt volledig gegeven door de (meestal) flexibele houten dakconstructie.

De volgende foto's zijn enkele voorbeelden van op de noklijn geplaatste schoorstenen die karakteristiek zijn in de Groningse woningbouw. De woning kan een monument zijn of beschermd (dorps) stadsgezicht, waarbij verwijdering van de schoorsteen niet wordt toegestaan. Deze woningen hebben symmetrisch geplaatste schoorstenen op de wolfseinden van het dak.



Figuren 3-30. Schoorsteen op wolfseinde en flexibele houten kapconstructie.

Links. Bij deze ontwerpen kan deze schoorsteen inclusief de onderbouw heen en weer bewegen. Dit is ook veelvuldig het geval bij woning tussenmuren in rijtjeswoningen. Rechts: Een paar ton bovenin en op het dak. De gemetselde schoorsteenpijpen binnenin hebben ook een grote massa.

Een wolfseinde is een veel voorkomende kapconstructie waarbij de schoorsteen niet op de kopgevel staat, maar een stukje naar het centrum van het gebouw. Dit voorkomt een spitse topgevel en verlaagd de windbelasting op het geveleinde. Alleen binnen in de woning kan de draagconstructie beoordeeld worden.

Figuur 3-31. Historische woning met steens muren in Usquert. Dit gebouw heeft aan twee kanten een grote schoorsteen op het wolfseinde. Die schoorstenen zijn daarmee een onderdeel van de architectuur. De manier waarom ze inwendig gedragen worden is belangrijk voor de methode van versterken en verduurzamen.



Figuur 3-32. Historische woning in Loppersum (monument). Deze woning met gedecoreerde schoorstenen heeft versleepte rookkanalen onder het dak. Wanneer deze twee schoorstenen vervangen zijn door lichtgewicht modellen, en de kanalen door geïsoleerde rvs pijpen, is het vanaf de straat niet te zien dat deze schoorstenen vervangen werden. In de nieuwe schoorsteen kunnen ook de ventilatiekanalen komen voor de balansventilatie.

Wanneer massieve bakstenen schoorstenen behouden moeten blijven én seismisch versterkt, betekent dat **zeer uitgebreide versterkingen** voor het **hele gebouw**, die **vele malen duurder** zijn dan om een paar goed gelijkende imitatieschoorsteen te plaatsen.



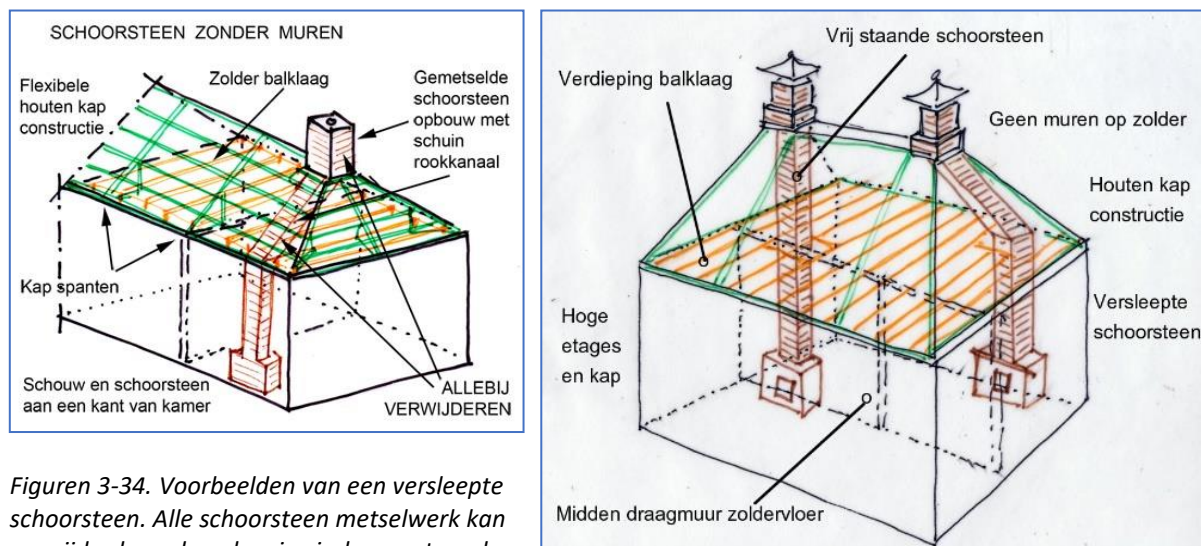
Figuur 3-33. Nieuwbouw zonder schoorsteen op het wolfseinde.

Voorbeeld van moderne bouw zonder schoorstenen op het dak. De schoorsteen is geen relevante toevoeging aan de gebouw architectuur.





Bij een schoorsteen op wolfseind constructie, binnen onder de kap, kan de schoorsteen op of aan een kruising van muren of op een enkele doorgaande muur zijn gemetseld. Hierdoor wordt de zijwaartse beweging wel opgevangen door deze muren, maar de massa van het metselwerk in de bovenste verdieping zal hierdoor ook toegenomen zijn. Dit kan alleen binnen geconstateerd worden en met bestudering van de bouwtekeningen (EVS). Vanwege veelvuldige verbouwingen kunnen er wijzigingen van de muren hebben plaatsgevonden. Ook is het mogelijk dat de binnenmuren op de etage slechts halfsteens zijn en onvoldoende sterk om belastingen in het vlak van de muren op te nemen.



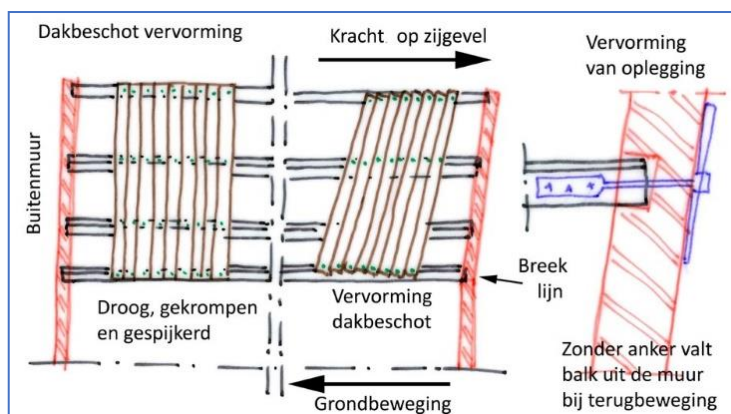
Figuren 3-34. Voorbeelden van een versleepte schoorsteen. Alle schoorsteen metselwerk kan verwijderd worden als seismische maatregel.

In veel woningen met een wolfseind is de locatie van de schoorsteenmantel zelden recht onder de dak-schoorsteen. Het gemetselde schoorsteenkanaal is dan op zolder of de etage versleept, hetgeen een erg kwetsbare constructie oplevert wanneer dat kanaal niet aan een muur is verbonden. Dit is zeker zo wanneer de kapconstructie verouderd is en meer bewegelijk is geworden. Bij een aardbeving zal het gemetselde kanaal gaan scheuren, lekken (rook en brandgevaar) en afbreken.

### 3.8. Stijver en sterker maken van de dakconstructie

Baksteen metselwerk weegt ongeveer  $1800 \text{ kg/m}^3$ . Een klassieke spouwmuur schoorsteen opbouw van 2 m hoog weegt ongeveer 2000 kg tot aan de dragconstructie eronder. Een 4 m hoge steens gemetselde schoorsteen van de zoldervloer tot aan die nok weegt nog eens 2 ton; voor 2 stuks samen 8 ton massa. De horizontale beweging van de **massa** van de schoorsteen moet opgevangen worden door de onderstaande muren, de kapconstructie en het dakbeschoot. Een houten kapconstructie is aanzienlijk meer flexibel en meer vervormbaar dan een stijve, brosse gemetselde constructie. Bij oude kapconstructies is dit nóg meer beweegbaar door de uitdroging en krimpings van het dakbeschoot.

Figuur 3-35. Oude daken hebben verdroogd en gekrompen dakbeschoot. Dat dakbeschoot kan makkelijk vervormen bij belasting in het vlak van het dak. Hierdoor zullen de kopgevels en tussenmuren op de hoogte van de zoldervloer gaan scharnieren. Schoorstenen zullen hierdoor extra heen en weer bewegen en scheuren.



Bij het heen en weer bewegen van de topgevel zal er een breuklijn aan de basis van die topgevel ontstaan, die echter zelden direct zichtbaar is. Het betekent wel dat die topgevel staat te balanceren en er alleen niet afvalt omdat deze vast zit aan de gordingen. Deze problematiek wordt verder toegelicht in Hoofdstuk 6: Versterking Muren.

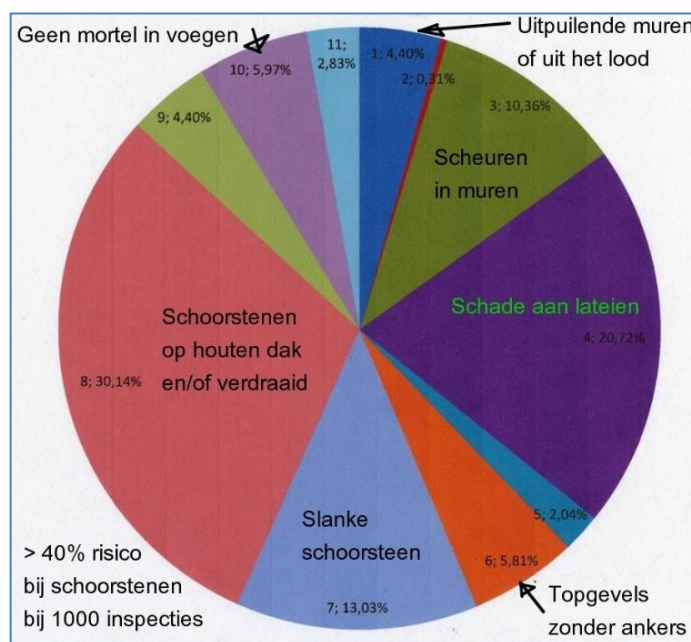
Wanneer de stijfheid van het dakbeschot onvoldoende is om de schoorsteen te ondersteunen, kan dit verbeterd worden op verschillende manieren: Zie hoofdstuk 8.

Deze twee aspecten geven aan dat de zware gemetselde schoorsteen invloed heeft op het gehele gebouw en in een aardbevingsgebied onwenselijk is.

*Figuur 3-36. Statistiek van geconstateerd hoog-risico elementen.*

*Bij het RVS-straatonderzoek zijn de gemetselde schoorstenen (30% +13%) samen met de topgevels (6%) **de helft van alle hoog-risico situaties**, maar de schoorstenen zijn veruit het grootste gedeelte.*

*Bij het seismisch veiliger maken van gebouwen, of het relatief versterken, hebben deze daarom de hoogste prioriteit.*



### 3.9. Lichtgewicht schoorsteen

De eenvoudigste opties voor seismisch versterken (na het geheel verwijderen van de gemetselde schoorsteen en het schoorsteenkanaal) is om er een lichtgewicht schoorsteen voor in de plaats te zetten, inclusief het onderliggende kanaal. Dit is het geval wanneer dat nodig/wenselijk is voor de architectuur van het gebouw<sup>13</sup>. Door de belasting op het dak te verminderen wordt het dak relatief sterker tegen bevingen; een van de belangrijkste maatregelen in het versterken en veiliger maken van woningen.<sup>14</sup>

Er zijn vier opties voor vervangen:

- I. Composiet imitatie steen-strips op aluminiumplaat (>80% gewichtsbepanking, >12 kleuren, > 90% identiek). Het verschil met de originele gemetselde schoorsteen is van de straat niet te zien.
- II. Speciaal gemaakte composiet steen-strips volgens een kopie van de bestaande gevelsteen van het gebouw (zeer licht, elke vorm/kleur, > 95% identiek). Langere productietijd, duurder.
- III. Hergebruik van oude stenen voor het maken van steen-strips en deze op een cementplaten plakken (≈ 70% gewichtsbepanking, 100% identiek). Lange productietijd, zeer hogere kosten.
- IV. Een modern ontwerp voor een metalen lichtgewicht schoorsteen/warmtepomp.

<sup>13</sup> De schade veroorzaker moet dit kosteloos verzorgen, echter het na-isoleren van het dak hoort daar niet bij.

<sup>14</sup> In principe heeft de woningeigenaar recht op een sterkere (lichtere) constructie wanneer het een aardbeving risico betreft, maar het is beter om te kiezen voor verwijdering en een financiële compensatie voor het kostenverschil tussen een lichtgewichtmodel (duurder) en verwijderen (goedkoper).



Methode van werken bij opties I, II en III:

Overeenkomstig de gevelsteen wordt een meest bijpassende kleur en textuur voor de steen-strip voor de nieuwe schoorsteen uitgezocht. Deze imitatiesteen wordt op een aluminium frame geplakt. Boven op de schoorsteen wordt de oude metalen afdekking gemonteerd of een andere lichtmetalen kopie.<sup>15</sup> De nieuwe schoorsteendoos heeft verstelbare voeten en kan vanwege haar lage gewicht op het dakbeschot worden vastgeschroefd. Deze lichtgewicht schoorsteen komt op dezelfde plaats als de oude schoorsteen zodat het aanzicht aan de buitenkant hetzelfde is als vroeger.

*Figuren 3-37. Het aanbrengen van prefab lichtgewicht schoorsteen. In het aardbevingsgebied van Groningen door [www.meekro.nl](http://www.meekro.nl). Van een afstand is het verschil met de gevelsteen niet te zien.*



De aansluiting op een eventueel rookkanaal gebeurt met dubbelwandige roestvrij stalen geïsoleerde pijpen. Bij hoog rendement HR-CV-installaties kan de verse lucht van onder de rollaag worden aangezogen zodat er geen vermenging met de rook of afvoergassen kan ontstaan. Het werk kan door lokale aannemers en timmerlieden worden gedaan. De aansluiting op het pannendak is met een kunststof loodvervanger.

### 3.10. Versterking van de draagconstructie.

De schoorsteen kan binnen het dak op verschillende manieren gedragen worden. Afhankelijk van de constructie dient deze draagconstructie versterkt te worden of de hele schoorsteen verwijderd. De juiste oplossing kan echter niet van buiten het gebouw beoordeeld worden. Dit betekent dat de er een onderzoek binnen in het gebouw moet plaatsvinden (EVS). De bouwtekening kan bestudeerd worden om na te gaan of er in de tijd wijzigingen zijn uitgevoerd. Verschillende situaties kunnen zich voordoen in het aardbevingsgebied.

- De kap laat bewegingen toe en de hele schoorsteen beweegt heen en weer met de kap. Als de kap en de onderliggende constructie sterk is en de schoorsteenpijp naar beneden flexibel, dan kan deze situatie bij een lichte/kleine schoorsteen blijven bestaan (max. 200 kg). Als het onderste gedeelte stijf metselwerk is, moet die gemetselde schoorsteen verwijderd worden en vervangen door een geïsoleerde rvs-pijp.
- De kleine/lichte schoorsteen (< 200 kg) staat direct onder de nok op een stevige stoel die aan de buitenmuur is verbonden. Zelfde als a) hierboven.
- De kleine/lichte schoorsteen (< 200 kg) staat direct onder de nok op een raveling die aan een kapsant en de gordingen is verbonden. Zelfde als a) hierboven.
- Een zwaardere (> 200 kg) schoorsteen moet vervangen worden.

<sup>15</sup> Het is mogelijk om in de schoorsteen openingen te houden voor vleermuizen. Dit is relevant in een gebied waar vleermuizen nesten. Voor het verwijderen van schoorstenen moet gecontroleerd worden of er geen vleermuizen of vogels in nestelen. Zie ook: <https://www.bureaubiota.com/flora-fauna-advies/wet-natuurbescherming-en-vleermuizen/>

- e. De schoorsteenpijp of de ventilatiepijp onder de bovenliggende bakstenen schoorsteen is van asbestcement of een grespijp. Deze pijpen zijn niet flexibel en kunnen bij een te grote beweging breken op de verbindingen. Dit is ook het geval als de pijp schuin loopt en extra wordt belast door de verticale beweging van een aardbeving. In deze gevallen is het van belang dat deze pijpen worden vervangen door lichtgewicht geïsoleerde rvs-pijp, en de schoorsteen door een lichtgewicht model.
- f. Er staan geen dragende muren onder de gemetselde schoorsteen. Dit is de slechtste situatie want het onderliggende vrije gemetselde schoorsteenkanaal kan/zal dan in twee richtingen breken bij het bewegen van de kapconstructie

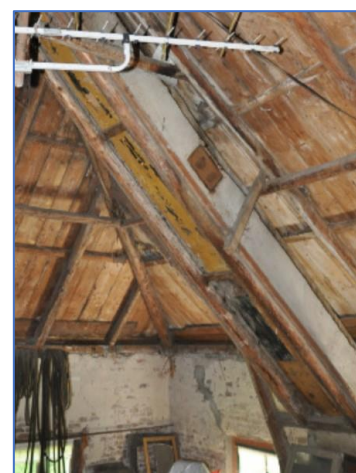
Figuren 3-38. Schuine asbestpijp schoorsteen en rvs-pijp  
 Links. Het buitendakse deel steunt op de gordingen. Vanwege rook lekkage met duct-tape dichtgeplakt.

Rechts. De vroegere asbestpijp is vervangen door een roestvrij stalen geïsoleerde pijp.



Figuur 3-39. Monument met hoge etages en verslechte schoorsteen. Deze **verslechte** schoorsteen loopt langs de houten kap en is ondersteund met balken. Hoewel de schoorsteen beneden wel op een begane grond muur staat, kan het schuine kanaal door de bewegingen zwaar beschadigen.

Deze schoorsteen heeft grote invloed op de dak belasting. Hoe hoger het in het gebouw zit, hoe verder de zijwaartse uitslag. De eigen trilling-periode van een hoog op een dak geplaatste schoorsteen zal ook verschillen van de trilling-periode van het gebouw.

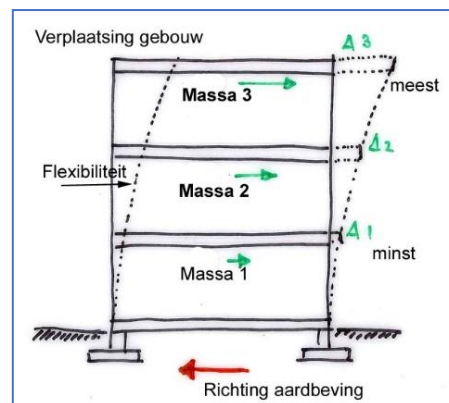


Figuren 3-40. Schoorstenen bij woningrenovatie. Links. Oude schoorsteen als decoratief element met aluminium luchtkanaal binnenin. Rechts. Verwijderde schoorsteenkanalen op de begane grond. Op de etage moeten ze ook verwijderd. De ruimte kan gebruikt worden voor ventilatie kanalen naar zolder en terug.



De verschillende trillingsfrequenties tussen lage en hoge constructies kan een extra belasting voor de schoorsteen opleveren. Bij aardbevingen van langer dan een seconde, kan de schoorsteen de ene kant op bewegen, terwijl het lage gebouw de andere kant op beweegt. Voor een lichte aardbevingszone met  $PGA_g < 0,1$  is **een schoorsteen met een doorsnede van 1/3 de hoogte al riskant ( $b/h < 0,3$ )**. De hoogte wordt dan gemeten van af het laagste aansluitpunt.

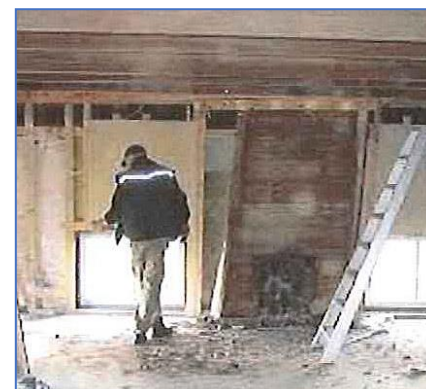
*Figuur 3-41. Verplaatsing van hogere etages bij aardbeving. De horizontale verplaatsing  $\Delta$  t.g.v. de S-golven zal bij elke hogere etage toenemen. Bij verschillende stijfheden van de etages zal de slapste etage de grootste  $\Delta$  toevoeging hebben. Voor schoorstenen betekent dat de grootste uitslag. Bij verslepte schoorstenen die niet goed ondersteund zijn, komt daar de verticale P-golf belasting bij als extra risico.*



*Figuren 3-42. Monument met vrijstaande schoorsteen. Rechts. De binnen kolom was zwaar beschadigd bij een lichte aardbeving.*



*Links. Tweede schoorsteen aan een muur met zware scheuren vanwege de flexibele kapconstructie. De metselwerk massa's werden verwijderd. Buiten werden twee nieuwe imitatie lichtgewicht schoorstenen geplaatst.*



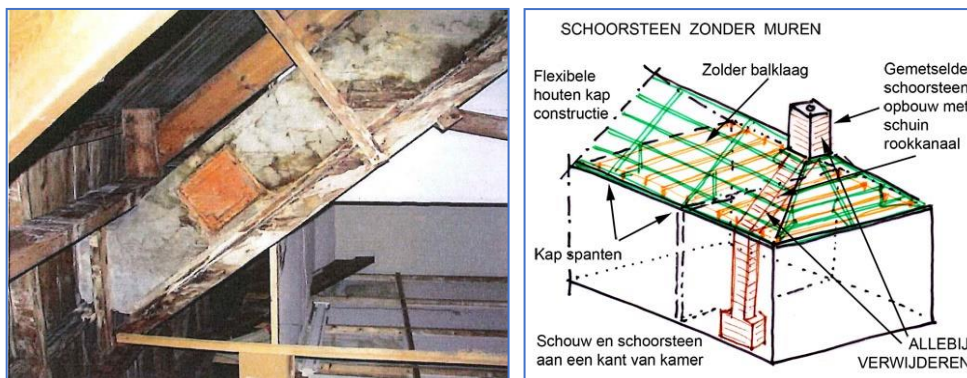
In de volgende afbeeldingen lopen de inwendige schoorsteenkanalen schuin (verslept). Deze zijn ondersteund door de hoge houten kap die aanzienlijk meer flexibel is dan het metselwerk. Bij wind en/of aardbeving belasting en door de stookhitte, zullen in de gemetselde kanalen scheuren ontstaan. Al het metselwerk moet worden verwijderd. Als de schoorsteen is aangesloten op een open haard of dergelijke is slechts de montage van een lichtgewicht dubbelwandige geïsoleerde rvs-pijp de oplossing.

g. Verslept gemetseld schoorsteenkanaal of losse schuin lopende of scheve schoorsteen. De metselwerkmassa kan makkelijk dwars door de onderliggende vloer(en) vallen. In een aardbevingsgebied dient deze hele constructie verwijderd te worden. Deze schuine schoorsteen moet vervangen worden door een geïsoleerde lichtgewicht roestvrij stalen schoorsteenpijp.

Figuren 3-43.  
Schuin gemetselde schoorstenen in houten kapconstructie. Deze moeten altijd verwijderd worden bij aardbeving risico's.



Figuren 3-44.  
Verslechte schoorstenen zonder dragende muur.



Figuren 3-45. Verslechte bakstenen schoorstenen zonder dragende muur. Het seismisch versterken van deze constructies is niet zinvol.



- h. Een schuin lopende asbest ventilatiepijp of rookkanaal onder de buitenzijdige schoorsteen. Deze pijpen, als ze nodig zijn, moeten vervangen worden door geïsoleerde rvs-pijpen.

Figuren 3-46. Onder de schoorsteen zitten asbest pijpen voor ventilatie. Het is soms beter om de hele kapconstructie te vervangen en meteen goed te isoleren.



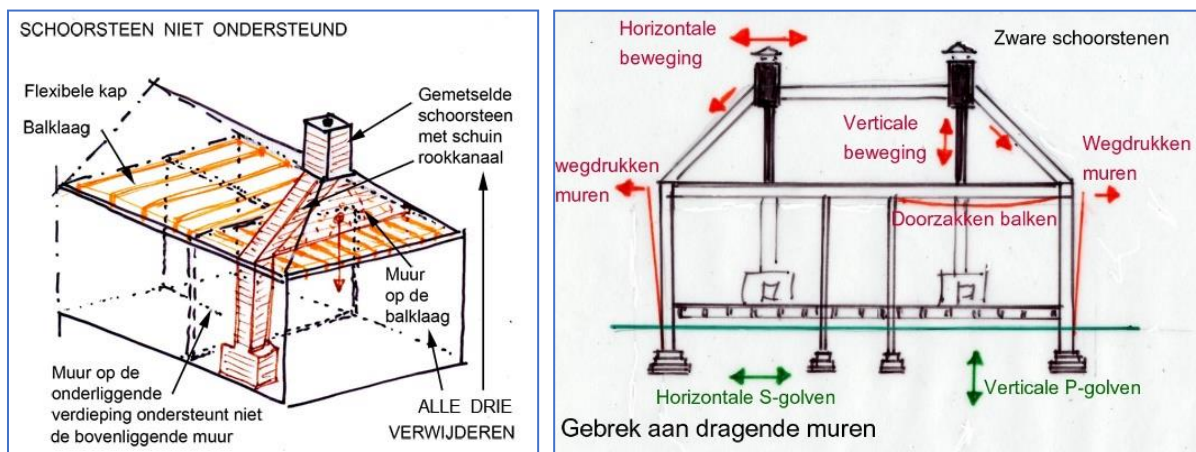


Hoewel het er aan de buitenzijde uit ziet als een klassieke schoorsteen, hebben veel van deze metselwerk schoorstenen slechts de functie als ventilatie uitlaat. Bij elke vorm van vernieuwing of verduurzaming van het gebouw zullen de asbest buizen vervangen moeten worden, waarbij de functie van de buitendakse gemetselde schoorsteen vervalt.



Figuren 3-47. Asbest ventilatiepijpen kunnen vervangen worden door Pvc-buizen. Ingemetselde asbest moet met zorg verwijderd zodat er geen stof bij vrijkomt (nathouden/verven).

- i. Een rechte of verslechte schoorsteen in een baksteen muur, waarbij die muur niet recht boven een muur op de onderliggende verdieping staat. De verticale P-schokken van een aardbeving zullen de onderliggende balklaag doen buigen, waarbij er scheuren in het metselwerk komen en de dakspanten (hoekkepers van een wolfseind) naar buiten worden gedrukt. Zowel de buitendakse schoorsteen als de binnenmuur met schoorsteen moet hier volledig verwijderd worden. Het ondersteunen van de massa van het metselwerk lost weinig op.



Figuren 3-48. Gebrek aan verticale draag continuïteit veroorzaakt doorbuiging balklaag. Bij de verticale P-schokken zal de balkvloer doorbuigen en zullen de sporen de buitenmuur muur zijwaarts wegdrücken.

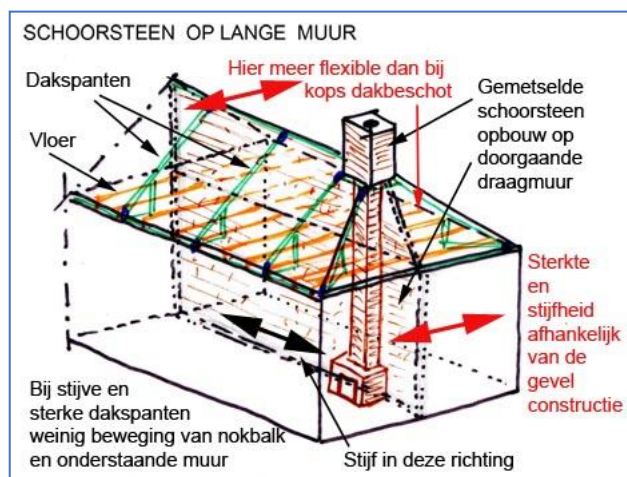
- j. De dragende muur onder de schoorsteen is slechts in één richting gebouwd (zwarte pijl in de schets beneden). Dit betekent dat deze muur in de andere richting samen met de kapconstructie mee zal buigen en daardoor op lintvoegen scheuren. De topgevel van het gebouw kan ook scheuren als hier grote ramen zitten (in de rode pijl richting). De schets geeft aan dat het lange gedeelte meer flexibel kan zijn dan waar de dakspanten in de kop van het dak stijfheid aan de constructie geeft.

Wanneer de (zware) gemetselde muur op zolder behouden moet blijven, dan moet kapconstructie in de richting loodrecht op de muur versterkt worden.

*Figuur 3-49. Gemetselde schoorsteen op langs-muur.*

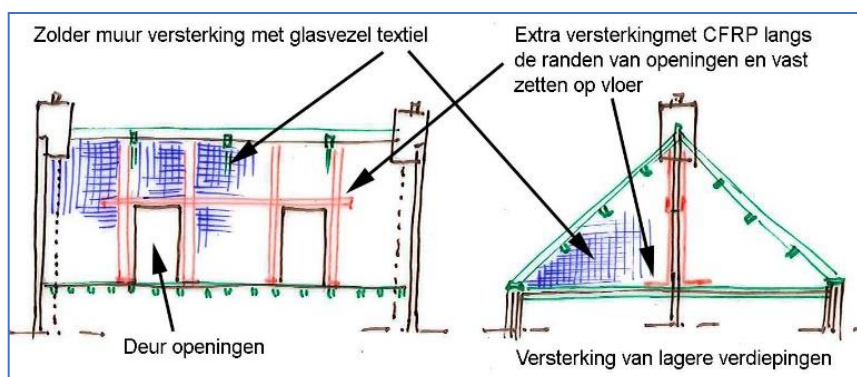
*In de richting van de zwarte pijl is de muur ondersteund.*

*Bij een flexibele kap kan deze in de richting van de bovenste rode pijl bewegen, hetgeen scheuren in het schoorsteen kanaal oplevert.*



Als de muur slechts een halfsteens draagmuur is (10-11 cm) dan moet deze muur aan twee kanten versterkt worden<sup>16</sup>. Binnenmuren met (veel) deuropeningen zijn zwakker dan gesloten muren. De muren kunnen rondom de openingen met in-gefreesde spiraalwapening of sterke koolstofvezel wapening worden versterkt (*Carbon-Fibre Reinforced Plastic, CFRP*). De onderstaande constructie op de begane grond zal navenant versterkt moeten worden. Zie hoofdstuk 6. Muren.

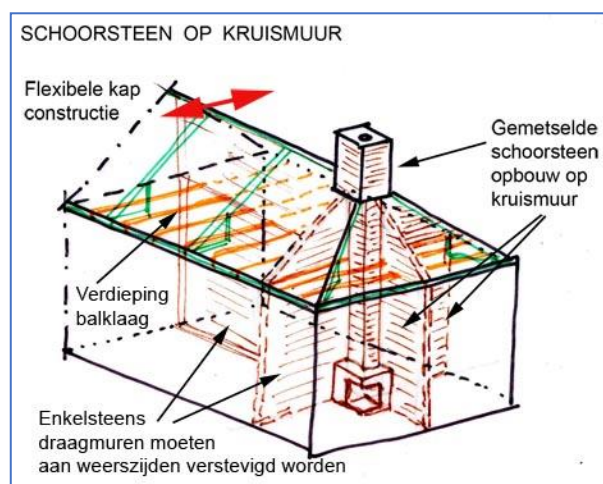
*Figuur 3-50. Om scheuren in de binnenmuren (op zolder) te voorkomen moet over alle deuropeningen een spiraalwapening worden ingemetseld en eveneens langs de openingen (rode lijnen). Ook kunnen de muren beplakt worden met glasvezel of CFRP.*



- k. De dragende muren onder de schoorsteen staan loodrecht op elkaar. Dit is de gunstigste situatie. Als deze muren halfsteens zijn dienen ze met een gewapende vezel versterkt te worden. De muren moeten tot aan de fundering doorlopen.

*Figuur 3-51. Kruiselings gebouwde ondersteunende muren.*

*Deze geven vaak voldoende sterkte om een zware schoorsteen te dragen. Deze muren mogen niet onderbroken zijn door deuropeningen en moeten tot aan de fundering doorlopen.*



<sup>16</sup> Pleisterwerk wapening is in verschillende vormen en sterktes in de handel. Bijvoorbeeld: Vitruvan Mesh type SD.4512K2 op rollen van 25 m<sup>2</sup> met een treksterkte van 4000 N/5cm breed.

Als er bij een renovatieprogramma scheidingsmuren op zolder nodig zijn dan kunnen deze beter in houtconstructie gemaakt worden en tweezijdig afgewerkt met OSB of gipsplaten. Met platen aan weerszijden worden deze scheidingsmuren redelijk stijf en hebben een veel kleinere massa dan metselwerk.

*Figuur 3-52. Schoorstenen zonder technische functie. Bij sommige gebouwen heeft de schoorsteen al jarenlang geen functie, omdat onder schoorsteen de indeling van de woning is veranderd. Bij een binnen aanpassing kan die schoorsteen dan beter verwijderd worden.*

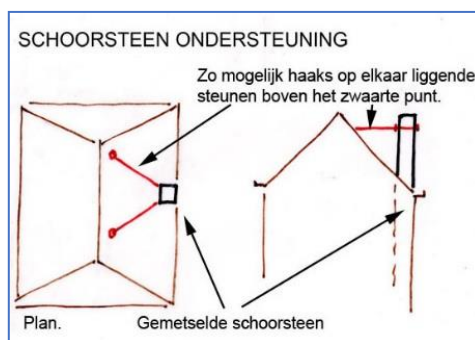
*Bij deze woning wilde de bewoner ook PV-panelen op het schuine dak gedeelte plaatsen, maar de schoorsteen creëert dan schaduw. In dat geval is het helemaal wenselijk om de schoorsteen definitief te verwijderen.*



### 3.11. Zijwaartse ondersteuning van schoorstenen

De goedkoopste oplossing om te zorgen dat een hoge schoorsteen niet om kan vallen is om deze te **verbinden met de dakconstructie** door **trek- en druk-vaste** stangen. De volgende foto's geven een paar voorbeelden.

*Figuren 3-53. Een enkele staaf is onvoldoende. De schoorsteen moet altijd in twee haaks op elkaar staande richtingen horizontaal ondersteund worden.*



In de bovenstaande foto staan twee schoorstenen, een ondersteund en een niet. De voorste schoorsteen is slechts in de zwakke/dunne richting ondersteund, tegen windbelasting. Omdat de schoorsteen breder is in de lengterichting van het dak is de stabiliteit in die richting iets groter, maar in een aardbevingsgebied is dit een onvoldoende oplossing.

*Figuren 3-54. Het bovenste stuk van de jaren '30 schoorsteen is verlengd.*

*Hierdoor is er een betere/hogere rookafvoer, maar de pijp is niet geïsoleerd.*

*Rechts. De oude schoorsteen is verwijderd en een nieuw geïsoleerd rvs en schoorsteenkanaal is binnendoor naar boven gemaakt en een lichte pijp op de nok geplaatst.*





Figuren 3-55. Schoorsteen stabiel in één richting.

Links. Deze staat op een betonnen plaatje en is vrij stabiel in één richting, terwijl deze aan de bovenkant met twee staven aan de nok is verbonden. Zonder esthetische waarde zijn een paar dunne lichtmetalen en geïsoleerde schoorstenen beter.

Rechts: voor een baksteen schoorsteen en bij bevingen is dit een ongewenste situatie.

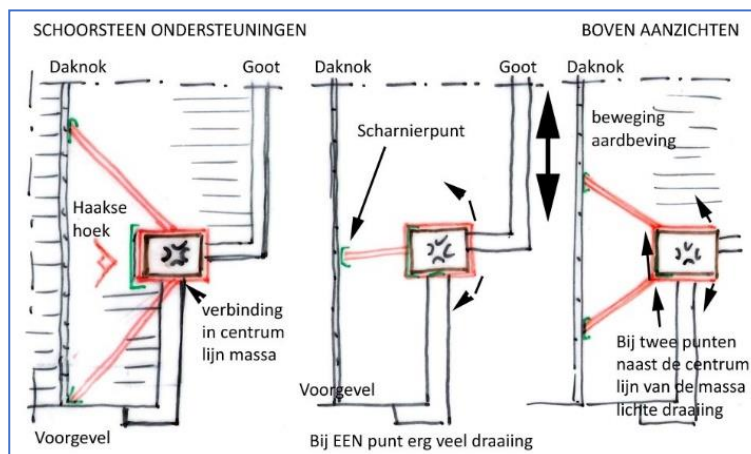


Figuur 3-56. Verankeringsopties.

Links. De juiste positie van de stangen voor de verankerings van een middelhoge schoorsteen.

Midden. Fout, de schoorsteen kan te veel bewegen.

Rechts. Matig. Draaiing mogelijk.



Het figuur boven geeft één goede en twee minder goede verbindingen aan voor middelhoge schoorstenen. De eerste schets links geeft de goede methode aan:

- = De twee druk-trek stangen dienen horizontaal en haaks op elkaar te staan.
- = De stangen moeten zo hoog mogelijk en horizontaal in de kap verankerd zijn.
- = Ze moeten boven het centrum van de massa lijn van de schoorsteen aangrijpen.
- = De kap moet voldoende stijf zijn zodat deze geen beweging toelaat.

Een doelstelling van een hoge schoorsteen is dat de rookgassen boven de daklijn door de wind worden afgevoerd (50 cm). Een schoorsteen die niet lang genoeg is kan beter helemaal vervangen worden door een nieuwe korte roestvrij stalen schoorsteen op of naast de nok van het gebouw.



Figuren 3-57. Verschillende soorten schoorstenen.

Links. Zware, oude gemetselde schoorsteen. Midden. Lichtgewicht composiet schoorsteen.

Rechts. rvs dubbelwandige pijp met detail van pijpdoorsnede.



Figuren 3-58. Dubbelwandige, geïsoleerde rvs-schoorstenen.  
Links. Hier is te zien dat de oude schoorsteen van de tussenwoning muur is verwijderd. Rechts. Buitenom.

### 3.12. Lichtgewicht schoorstenen

De schoorstenen met composiet stenen zijn van aanzienlijk betere kwaliteit dan de modellen met PVC plastic imitatie bakstenen. Er zijn ook lichtgewicht schoorstenen met steen-strips die op een geperforeerde aluminiumplaat of zijn geplakt<sup>17</sup>. Deze zijn weer iets zwaarder dan composiet. Er zijn ook geprefabriceerde schoorstenen van halfsteens metselwerk die in hun geheel op het dak worden gehesen. Deze hebben een aanzienlijk gewicht en zijn niet aanbevolen in een aardbevingsgebied.



Figuren 3-59. Meekro fabricage van lichtgewicht composiet schoorstenen.  
 In 2020 zijn er verschillende bedrijven in de provincie Groningen die lichtgewicht schoorstenen maken en plaatsen.

Boven. De boven afwerking kan worden aangepast naar de wensen van de klant.

Midden boven. Voor ventilatie opties zit er onder de rollaag een opening.

Rechts. Zonder de afdekplaat.

Wanneer de schoorsteen niet voor ventilatie doeleinden wordt gebruikt kan deze worden ingericht als vleermuizen kast.



<sup>17</sup> De verlijming van de steen=strips moet weer-vast en vorst-vast zijn. In enkele situaties zijn steen-strips of opgeplakte composiet strips door het binnendringen van vocht los gevoren.



Voorbeelden van lichtgewicht schoorstenen van composiet baksteen op aluminiumplaat. Door vier in hoogte en in hoek verstelbare voeten kan deze op het dakbeschot worden vastgeschroefd. De twee en een halve meter hoge lichtgewicht schoorsteen wordt met lange schroeven en bouten door het dakbeschot in de kapspanen en gordingen vastgezet.



*Figuren 3-60. Montage van een monumentale steenstrip-schoorstenen. Deze hebben een 70% gewichtsbeporing ten opzichte van de originele schoorsteen. Midden en rechts. Wolfseinde van een dak, composiet >80% gewichtsbeporing; schoorsteen met kap.*

*Figuren 3-37 laten zien hoe de lichtgewicht schoorstenen vanaf de straat op het dak worden gehesen. Figuur 3-42 laat zien hoe een gesloopte schoorsteen via het zolderraam en stortkoker wordt afgevoerd. In veel gemeenten is een vergunning nodig wanneer meer dan 1 m<sup>3</sup> puin wordt gesloopt.<sup>18</sup>*

### 3.13. Geveltoppen

Onder een geveltop wordt in dit verband alles verstaan onderdeel is van een topgevel en wat gedeeltelijk of helemaal boven de hoogste verankering aan de dakconstructie uitsteekt en slechts aan de onderzijde op de gevel staat.

Gemetselde geveltoppen hebben veel gemeen met gemetselde schoorstenen vanwege:

- Hun hoge positie op het dak, waardoor een extra horizontale beweging ontstaat;
- Hun grote massa vanwege het massieve metselwerk;
- Hun erg smalle basis (steens) soms met overhang, waardoor ze makkelijk instabiel worden;
- Hun meestal gebrekkige verankering; verbindingen zijn verroest of hebben speling;
- Hun positie aan de rand van het gebouw, vaak langs de openbare weg;
- Verweerd metselwerk vanwege slecht onderhoud;
- Onderdeel van de gebouwarctitectuur met vaak met monumentale waarde.

*Figuren 3-61. Karakteristieke geveltoppen in de provincie Groningen.*

*Deze soorten uit de jaren 1910 komen veelvuldig voor.*

*Links. Zware verwerking van de verbinding tussen gebouw en geveltop.*

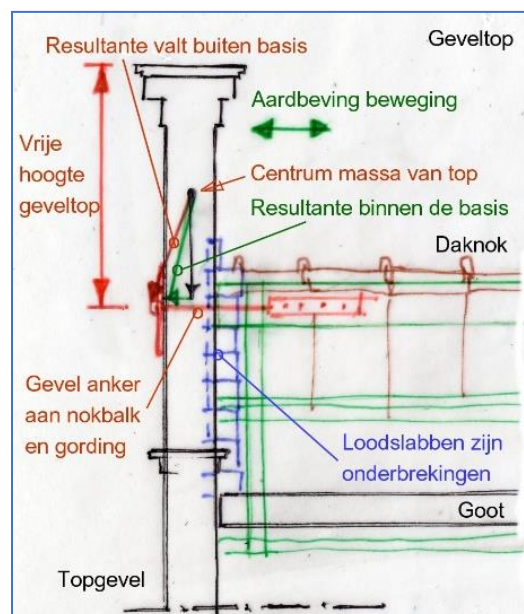
*Rechts. Balancerend op een onderste rand, doorsneden met loodslabbe.*



<sup>18</sup> Zie klusadvies voor binnen schoorsteen afbreken: <https://www.gamma.nl/schoorsteen-binnen-afbreken>



*Figuur 3-62. Constructie detail van een geveltop.*  
 Bij een  $PGA_g 0,08 \text{ m/sec}^2$  is de zijwaartse belasting ter hoogte van de nok van het dak (bij een woning van niet meer dan 10 m hoog) tussen de 0,2X en 0,3X de **massa** van de geveltop, afhankelijk van grondsoort en het gebouwtype. Dit betekent dat een geveltop, zoals in de schets een extra hoog risico loopt van afbreken en neervallen.



*Figuren 3-63. Verschillende modellen geveltoppen. Links. Verankerd maar risicovol. Midden. Vrijstaand, extra hoog en risicovol. Rechts. Aanzienlijk verweerd en risicovol.*



*Figuren 3-64. Vrije zijhoeken van geveltoppen zitten alleen aan de onderzijde vast. Links. Zeer hoog risico. Midden. Hoog risico voor de hoeken. Rechts. Zeer hoog risico omdat de achterliggende schuur erg flexibel is.*

Geveltoppen hebben vaak een monumentstatus, of in ieder geval een karakteristieke waarde waardoor de woningeigenaar deze behouden wil. Het metselwerk kan van achteren versterkt worden. Profielen kunnen met chemische ankers vastgezet. De verbindingen tussen de topgevel en de dak- en vloerdiafragma's moeten sterk zijn, terwijl deze dak diafragma's zelf ook sterk en stijf moeten zijn. Een composiet namaak-geveltop is soms mogelijk.

Het bovenstaande betekent dat er het behoud van een zware topgevel invloed heeft op de rest van de dakconstructie en er een versterkingsplan gemaakt moet worden dat het dak en het vloerdiafragma moet betrekken in de uitvoering.

De volgende tabel geeft een overzicht van een beslissingschema voor maatregelen.

#### Overzicht schoorsteen aanpassing ter voorkoming van aardbeving schade

versie januari 2014

- A** Indien bij een PGA < 0,1 m/sec<sup>2</sup> de bakstenen schoorsteen reeds beschadigd is of uit het lood staat, dient zonder uitzondering de gehele massa van de constructie verwijderd te worden.
- A1** Indien in de aangewezen aardbevings zone, bij een PGA > 0,1 m/sec<sup>2</sup> en < 0,2 m/sec<sup>2</sup> de schoorsteen een risico oplevert dient hetzelfde te gebeuren als onder A. De ondersteuningsconstructie van de schoorsteen dient eveneens verwijderd te worden uit de zolderruimte indien deze geen andere structurele functie heeft.
- B** Dit is in het bijzonder het geval bij gescheurde gemetselde constructies, gres en Eterniet pijpen, en halfsteens ondersteuning muren.
- C** Afhankelijk van de architectuur van het gebouw en de wensen van de gebouw eigenaar kan een lichtgewicht buiten schoorsteen worden teruggeplaatst.
- D** Wanneer de schoorsteen geen houtkachel rookgas afvoer functie heeft maar wel voor gas-CV of ventilatie dient, is een HDPE ventilator pijp aanbevolen.

Onderbouw van open haard houtkachel schoorsteen	Bouwkundige aanpassing
1. Op verticaal losstaand gemetseld baksteen schoorsteen kanaal tot beneden de zoldervloer.	Inwendige schoorsteen constructies geheel verwijderen tot aan lager liggende vloer.
2. Op gemetseld, grespijpen, asbest of prefab schoorsteen kanaal schuin langs een spant en tot beneden de zoldervloer.	
3. Op een houten raveel verbinding die op de dak constructie (gordingen of spanten) draagt.	Puin via buitenkant afvoeren.
4. Op gemetseld kanaal aan halfsteens muur of spouw vastgebouwd, doorlopend naar beneden.	
5. Op gemetseld kanaal aan een steens muur vastgebouwd, zonder dwarsmuur, doorlopend naar beneden.	Plaatsen van RVS dubbelwandig (geïsoleerd) rookkanaal tot aan de beneden liggende verdieping.
6. Op een metalen of hout constructie steel aan een halfsteens muur.	
7. Op een betonnen plaat die in een spouwmuur zit ingeklemd, eventueel ondersteund met L profiel.	Halfsteens muur verwijderen.
8. Op oude schoorsteen zonder huidige houtkachel of open haard rookafvoer functie.	
9.	Halfsteens muur tweezijdig met glasvezel mat bekleden (polymeer) en in dwarsrichting ondersteunen.
10. Centraal op een halfsteens binnenmuur die loodrecht op het vlak van de muur NIET stijf is ondersteund	
11. Centraal op een halfsteens binnenmuur die loodrecht op het vlak van de muur WEL stijf ondersteund is of beter ondersteund kan worden.	Tweezijdig met glasvezel mat versterken.
12. Centraal op een draagconstructie van dwars op elkaar staande halfsteens muren (kruis vorm).	

Verbeter opties met lichtgewicht schoorsteen van composiet steenstrips (niet polyethyleen), gewicht 10 kg/m<sup>2</sup> per buiten oppervlakte, zonder gewicht van de lood slabbe afwerking.

gewicht 20 kg/m<sup>2</sup> per buiten oppervlakte.

Gebouw type	Optie I, aluminium plaat/ standaard van voorbeelden, levertijd een maand afhankelijk jaargetijde.	Optie II, Aluminium plaat/speciale strips op vorm en kleur gemaakt - levertijd ongeveer 2 maanden.	Optie III, Frame/ cementplaat/steenstrips van oude bakstenen van verwijderde schoorsteen, levertijd > 2 maanden.	Overige informatie
a Monument, cultuur bezit	Zichtafstand > 15 m, goede stripkleur met aangepaste dunne/witte/kleur voeg.	Zichtafstand > 15 m, speciaal gemaakte aangepaste strip kleur en voegmaat/kleur	Zichtafstand > 10 m, behoud van de oude bakstenen	Betonnen afdekplaat wordt vervangen door aluminium imitatie.
b1 Beschermd stadsgezicht.	Zichtafstand > 15 m, goede stripkleur met aangepaste voeg in kleur.	Zichtafstand > 15 m, speciaal aangepaste strip kleur en voegmaat/kleur	nvt	
b2 Straatgezigts bepalend.	Waarschijnlijk nvt ivm speciale baksteen types en verdiept voegwerk.	Bij kleine voegdiepte. Maken van momentvaste verbinding onderliggende constructie.	Bij grote voegdiepte. Achterzijde van schoorsteen minder belangrijk in kwaliteit.	Metalen kappen en versierselen worden overgezet.
c Jaren '30 woning hoge schoorsteen, decoratief.	Voorkeur wanneer dakpannen tussen schoorsteen en gevel van gebouw	Wanneer schoorsteen metselwerk overgaat in gevel van gebouw	nvt	
d Symmetrische voorgevel	Voorkeur wanneer dakpannen tussen schoorsteen en gevel van gebouw	Wanneer schoorsteen metselwerk overgaat in gevel van gebouw	nvt	Extra conservering van versierselen kosten eigenaar.
e Eigenaar wenst behoud	Vervangen door dubbele RVS geïsoleerde schoorsteen of HDPE ventilatie pijp.	nvt	nvt	
f Niet straatbeeld bepalend	Vervangen door dubbele RVS geïsoleerde schoorsteen of HDPE ventilatie pijp.	nvt	nvt	Garantie 10 jaar. Loodslabbe afwerking.
g Aan achterkant van gebouw	nvt	nvt	nvt	
h Overig				

### 3.14. Versterking topgevel versiering

Sinds de 17<sup>de</sup> en 18<sup>de</sup> eeuw werden geveltop versieringen veelvuldig toegepast, waarmee ze een beeldbepalende elementen zijn geworden in de steden. Ofschoon de hoogste elementen normaliter van achteren werden vastgezet, zal in een aardbevingsgebied de versterking moeten worden uitgebreid afhankelijk van de te verwachte sterkte van de bevingen.

*Figuur 3-65. Geveltop versterking met stalen plaat. De ronde metalen plaat geeft aan de achterkant op meerdere punten een verbinding met het metselwerk. Bij een seismische versterking kan de plaat groter gemaakt worden. De diagonaal staaf is sterk verbonden aan het dakbeschoot. Het voegwerk is vernieuwd. in combinatie met goed onderhouden voegwerk.*

*Foto Jorritsma, geveltop in Ten Boer.*

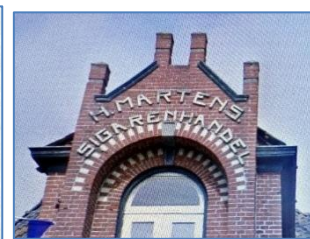




*Figuur 3-66. Hardstenen afdek elementen op topgevel. De hardstenen elementen voorkomen inwatering van boven, maar vorstschade blijft mogelijk. De verbinding tussen het bovenraan en de top is bijzonder zwak. Door door thermische bewegingen kunnen de stukken natuursteen losraken. Het opnieuw voegen of opnieuw helemaal op metselen van de topgevel is hier niet voldoende. De topgevel moet goed van achteren aan een stijve dak constructie verbonden worden. Foto Mick Eekhout.*



Rond 1910 werden topgevel details aan de gebouwen toegevoegd in de vorm van gemetselde balustrades en korte kolommen. Deze kunnen van achteren versterkt worden door het beplakken van carbonfiber stroken waarop L profielen in de bakstenen met kleine chemische geschroefd. De profielen moeten naar het achterliggende dak met een staaf verankerd.



*Figuren 3-67. Verankeringsmethode voor ballustrades. De balustrade is opnieuw gevoegd maar de zijgevel niet. Rechts. Voorbeeld van op metselwerk geplakte stroken van CRFP textiel. Hierop kunnen de verseringsprofielen geschroefd worden, die in het metselwerk met chemische ankers vastzitten.*

### 3.15. Uitkragend gebouw onderdeel of balkon.

Een uitkragend gebouw onderdeel zoals een balkon of een erker op de eerste etage is een hoog-risico onderdeel.

*Figuur 3-68. Ingestort betonnen balkon in Oudenbosch. Geen aardbevingschade, maar wel een voorbeeld van een verzaamd balkon. Hier speelt waarschijnlijk slechte wapening een rol. Een ingeklemd balkon zal bij een verticale trilling een extra grote belasting op het inklempingspunt hebben. Wanneer het balkon aan een betonkolom is bevestigd, kan de kolom bezwijken en het hele gebouw erboven instorten.<sup>19</sup>*



<sup>19</sup> Praktijkvoorbeelden laten zien dat flats van meerdere etages instorten door dit foutieve detail.



*Figuren 3-69. Uitkragende schoorsteen basis.*

*De aansluiting met het penant tussen de ramen op de bovenverdieping was al gebarsten.*

*Rechts. Voegwerk van nieuwe schoorsteen met lichtgewicht steen-strips is hetzelfde als de rest van de gevel.*



In de bovenstaande foto's is te zien dat de top van de schoorsteen al is verwijderd. Als op de begane grond de binnenzijde van de schoorsteen is verwijderd, zal dat muurpenant extra risico lopen bij een belasting loodrecht op de gevel. Deze in mei 2014 met een RVS geïdentificeerde schoorsteen had langs de hoogte scheuren. Onder de schoorsteen ligt het looppad naar een achteringang van het gebouw, redenen om deze schoorsteen als hoog risico aan te merken.

In overleg met de eigenaar werd de hele schoorsteen vervangen door een lichtgewicht versie, gemaakt met steen-strips van gelijksoortige baksteen. De dunne plakjes werden op een lichtgewicht frame gelijmd en met een gesneden voeg in kleur afgewerkt. De binnenmuur werd versterkt met horizontale wapening over de penantbreedte om het frame van de lichtgewicht constructie aan op te hangen. Het resultaat past geheel in de bestaande gevel.



*Figuur 3-70. Beoordeling van een geveltop of gemetselde dakkapel.*

Bij de beoordeling van een uitkragend gedeelte, geveltop of zware dakkapel moeten de volgende aspecten beoordeeld worden. Dit kan op basis van een RVS.

- a. De massa van de constructie.
- b. De hoogte boven het maaiveld.
- c. Bevindt het zich naast een openbare weg?
- d. De horizontale verbinding aan de achterliggende constructie.
- e. De verticale steun op achterliggen de vloeren of muren.
- f. De penanten onder de constructie, om te beoordelen of die wel voldoende sterk zijn.
- g. De kwaliteit van het voegwerk en metselwerk.
- h. De historische of karakteristieke waarde. Zonder grote waarde kan het gesloopt worden.

### 3.16. Historisch erfgoed boerderij Zuidpool

De grote gemetselde schoorstenen op oude bakstenen gebouwen zijn meestal onderdeel van de architectuur en beeldbepalend, reden waarom men deze karakteristieke elementen in het stadsbeeld wil behouden, ook al hebben ze hun technische functie verloren. Het is goed mogelijk om architectonische elementen te vervangen door lichtgewicht modellen die geen grote belasting op de constructies geeft. Deze Hooglandster herenboerderij Zuidpool uit 1852, wordt dan in haar geheel seismisch versterkt. In deze oude boerderij (kopgebouw) staan vier massieve, niet functionele, schoorstenen op het dak, terwijl de houten dakconstructie op hoge, zwakke borstweringen staat. Daarnaast staat aan de zijkant, boven de kelder en keuken nog een schoorsteen.



Figuren 3-71. Kop gebouw van monumentale boerderij met 5 schoorstenen.

Links. Linkerzijkant met extra centrale verwarming schoorsteen op de dakrand. Rechts: Voorzijde van het gebouw, geheel symmetrisch. De onderste rode lijn is het plafond binnen, de bovenste de bovenkant van de muurplaat

De later toegevoegde schoorsteen was functioneel, maar past niet in de architectuur van het gebouw en kan dus verwijderd worden. De vier topschoorstenen veroorzaken extra zware horizontale aardbevingsbelasting op het platte dak en indirect op de muurplaten.

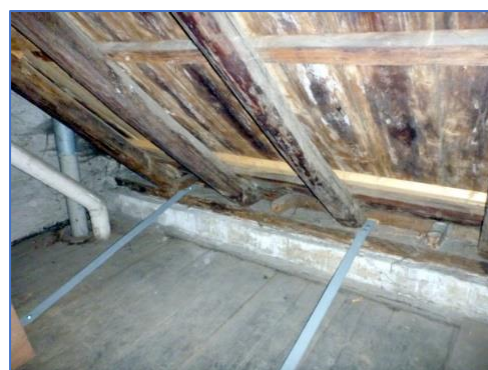
Figuren 3-72. Hoge borstwering met spanbanden verbonden.

Links. Binnen is de grote hoogte (> 1,5 m) van de borstwering te zien en de spanbanden.



Rechtsboven. De basis van de schoorsteen op de zijkant bij een verhoogd gedeelte.

Rechts. De later aangebrachte metalen trekstangen om de spatkrachten op de muurplaat op te vangen.





Figuren 3-73. Bijgebouw met extra schoorsteen.

Deze latere toevoeging heeft geen enkele monumentale waarde en kan verwijderd worden.



- De muren van het hoofdgebouw van deze boerderij zijn met kalmortel gemetseld en hebben een geringe sterkte.
- Het kopgebouw is gescheiden van de grote schuur door een hals gebouw, maar er zijn geen dilatatievoegen aanwezig, wel barsten.
- De twee extra bijgeplaatste schoorstenen, één op het hoofdgebouw (oliestook kelder) en één op het bijgebouw (keuken) zijn geen onderdeel van het historisch erfgoed en moeten in hun geheel verwijderd worden. Het zijn allebei aardbevingsrisico's.
- Met een moderne HR-CV kan dan in plaats van de massieve bakstenen schoorsteen een kleine uit-inlaat gemaakt worden.
- Geen van de vier schoorstenen aan de rand van het platte dak van het hoofdgebouw hebben een technische functie, maar belasten de borstwering vanwege de flexibele kap.
- De vier schoorstenen zitten op ongeveer > 30 m van een persoon op de grond vandaan, waardoor het niet mogelijk is om te zien of het een lichtgewicht imitatie schoorsteen is. Ook niet met een verrekijker.
- Van de openbare weg is de afstand tot de schoorstenen minimaal 100 m.
- Als een van de zware schoorstenen omvalt, komt deze steenmassa waarschijnlijk in de kelder terecht, waardoor het antieke interieur onherstelbaar beschadigd zal worden.
- De dakconstructie uit 1852 bestaat uit rondhouten sporen die allen op de muurplaat steunen.
- Het dakbeschot bestaat uit brede houten planken, waarbij sommigen vervangen werden vanwege verval.
- Gezien de kieren in het oude dakbeschot zal er bij wind- of bevingsbelasting veel beweging in het dak zitten.
- Om het wegdrukken van de hoge borstwering te voorkomen zijn naast de houten verbindingbalken (elke 1,5 tot 2 m) ook stalen strips (elke 1 m) aan de muurplaat verbonden.

Om het hele dak en de borstwering muren te ontlasten, is het vervangen van de vier monumentale, slechts decoratieve hoekschoorstenen door lichtgewicht modellen de meest aangewezen optie. Hier moet dan ook het lichtste model uitgekozen worden.

Om het hele kopgebouw op *Base-isolation* te zetten zou ongeveer 2 miljoen euro kosten.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> De boerderij werd in 2017 door de schadeveroorzaker aangekocht.



*Figuren 3-73. Belasting van de baksteen schoorsteen is oorzaak schade.*

*De scheuren zijn een combinatie van de flexibele kap en het brosse metselwerk.*



Bij de beoordeling van historisch erfgoed moet altijd overwogen of de bakstenen schoorsteen wel een belangrijk onderdeel is van de originele architectuur en noodzakelijk. Als dat niet het geval is dan kunnen ze beter helemaal verwijderd worden. In het geval van het gebouw rechts hierboven kan de topgevel vervangen worden door een flexibele houten en goed geïsoleerde façade, zonder schoorsteen.

*Figuren 3-38. Een houten topgevel is flexibel.*

*Een goed geïsoleerde houten geveltop kan de kleine bewegingen van de kap opvangen. Dit kan voor historisch erfgoed ook met steenstrips op isolatieplaten worden uitgevoerd.*

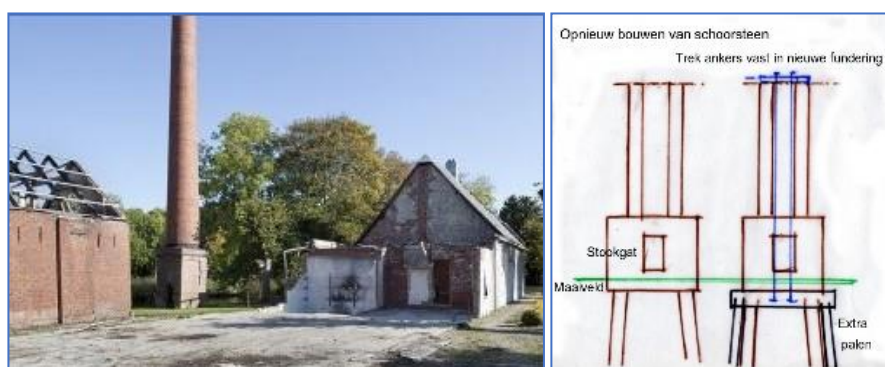


### 3.17. Fabrieksschoorsteen

Nederlands industrieel erfgoed omvat een aantal hoge fabrieksschoorstenen die een aandenken zijn aan grote bedrijven, stoomgemalen en warmtecentrales.

*Figuur 3-39. De 'Eendragt' in Tjamsweer bij Appingedam.*

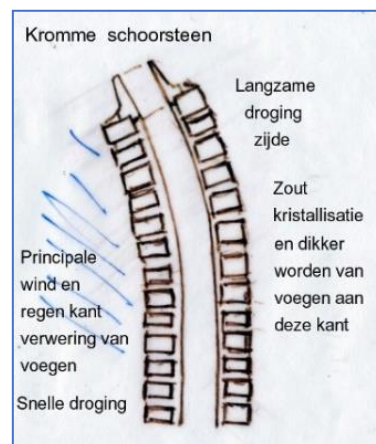
*In 2013 werd deze monumentale schoorsteen van het voormalige oliemolencomplex gesloopt en herbouwd. Foto RTV Noord.*



*Deze werd in drie stukken gemaakt en opnieuw opgebouwd met een betere fundering en inwendige wapening in de vorm van trekstangen. <https://www.rtvnoord.nl/nieuws/148159/Monumentale-fabrieksschoorsteen-bijna-in-ere-hersteld>*

De oude en verweerde schoorsteen van de voormalige steenfabriek te Wirdum moest ook gesloopt worden, zoals anderen die bij een aardbeving een gevaar van omvallen hadden.<sup>21</sup>

*Figuur 3-40. Schoorstenen trekken krom door een verwerking. Aan een kant kunnen de voegen verweren (krimpen), terwijl aan de andere kant zout kristallisatie uitzetting ontstaat. Bij slechte verbranding of onvoldoende hitte, kunnen sulfaten van de rook in combinatie met condens de binnenzijde aantasten waardoor de schoorsteen verzwakt. Hoe langer de schoorsteen is hoe beter deze kromming zichtbaar is.*



Sommige fabrieksschoorstenen kunnen gedeeltelijk bewaard blijven, maar niet de gehele hoogte. Per schoorsteen zal er een afweging gemaakt moeten worden tussen de monumentale waarde, de kosten van restauratie of herstel, versteviging en dergelijke.



*Figuren 3-41. Veel schoorstenen hebben stalen ringbanden. Deze horizontale ringversterkingen beschermen niet tegen aardbevingskrachten. Rechts. Gedeeltelijk behouden.*

Voor het duurzaam restaureren van hoge schoorstenen moet naar de stabiliteit van de fundering bij de te verwachten aardbevingsterkte gekeken worden en of de palen op trek belast kunnen worden. In veel situaties moeten de schoorstenen opnieuw gevoegd worden en van een nieuwe binnenlaag voorzien worden. Het is mogelijk aan de binnenzijde een sterke Carbon Fibre Mesh te plakken.

\*\*\*\*\*

<sup>21</sup> Zie: <https://www.youtube.com/watch?v=FNdqljsXGbE&list=PLJzy5avVwOeK24DN2RBBbSbpnAFr686T&index=22>