

TECHNISCHE AANBEVELING



STICHTING
STAPELBOUW

***Toepassing van niet hechtende wapening voor het
verhogen van de weerstand van gemetselde penanten***

Aanvullende voorwaarden en rekenregels bij NEN-EN 1996 en NPR 9096-1-1

STA.030.2023 – februari 2023

Voorwoord

In NEN-EN 1996-1-1 en NPR 9096-1-1 zijn voorwaarden en rekenregels opgenomen voor het beoordelen van de stabiliteit van een rij eengezinswoningen bij een belasting door wind. In sommige gevallen is bij een ontwerp de breedte van de gemetselde penanten te beperkt om de stabiliteit van de constructie voldoende te waarborgen. Deze Aanbeveling beschrijft hoe door het toepassen van verticale niet hechtende wapening in of naast de gemetselde penanten de weerstand tegen horizontale belasting kan worden vergroot.

Deze Aanbeveling is eerder gepubliceerd in 2018, waarbij het toepassingsgebied was beperkt tot penanten met een hoogte van één bouwlaag. Op basis van aanvullend experimenteel onderzoek is voor deze versie van de Aanbeveling het toepassingsgebied verruimd tot penanten met een hoogte van twee bouwlagen.

De beschreven toepassing is ook geschikt om in het geval van aardbevingsbelastingen de weerstand tegen horizontale belastingen te verhogen.

Deze aanbeveling is opgesteld door de Technische Commissie van de Stichting Stapelbouw. Ten tijde van het vaststellen van de aanbeveling was de samenstelling van de Technische Commissie als volgt:

ing. E. van Alstede	VNK
H. Arts	Betonhuis Stenen en Blokken
F. de Bever	Omnicol
dr.ir. J. Blaakmeer	NeMO
mr. V. van Egmond	VNK
C. Vanneste	Bekaert
ing. R. Nuvelstijn	KNB
M. Meijers MSc	Xella
dr. ir. R. van der Pluijm	KNB
ing. A. van Termeij	Gebr. Bodegraven
prof.ir. S.N.M. Wijte	Adviesbureau Hageman / TU Eindhoven (rapporteur)

Inleiding

De stabiliteit van een rij eengezinswoningen bij een belasting door wind wordt vaak ontleend aan penanten die in de voor- en/of achtergevel, of naast het trapgat zijn geplaatst. Rekenregels hiervoor zijn opgenomen in NPR 9096-1-1. Het is mogelijk dat bij een ontwerp de beschikbare breedte van de penanten te beperkt is om de stabiliteit van de constructie te waarborgen. Voor die situaties is in deze Aanbeveling een alternatief beschreven waarbij binnen de beschikbare breedte van de penanten, de weerstand tegen horizontale belastingen kan worden vergroot. Dit alternatief bestaat uit het aanbrenge van verticale wapening in of naast de penanten. Deze wapening dient niet te hechten aan het metselwerk van de penanten maar wel te worden verankerd in de fundering en in alle verdiepingvloeren waarmee het penant is verbonden.

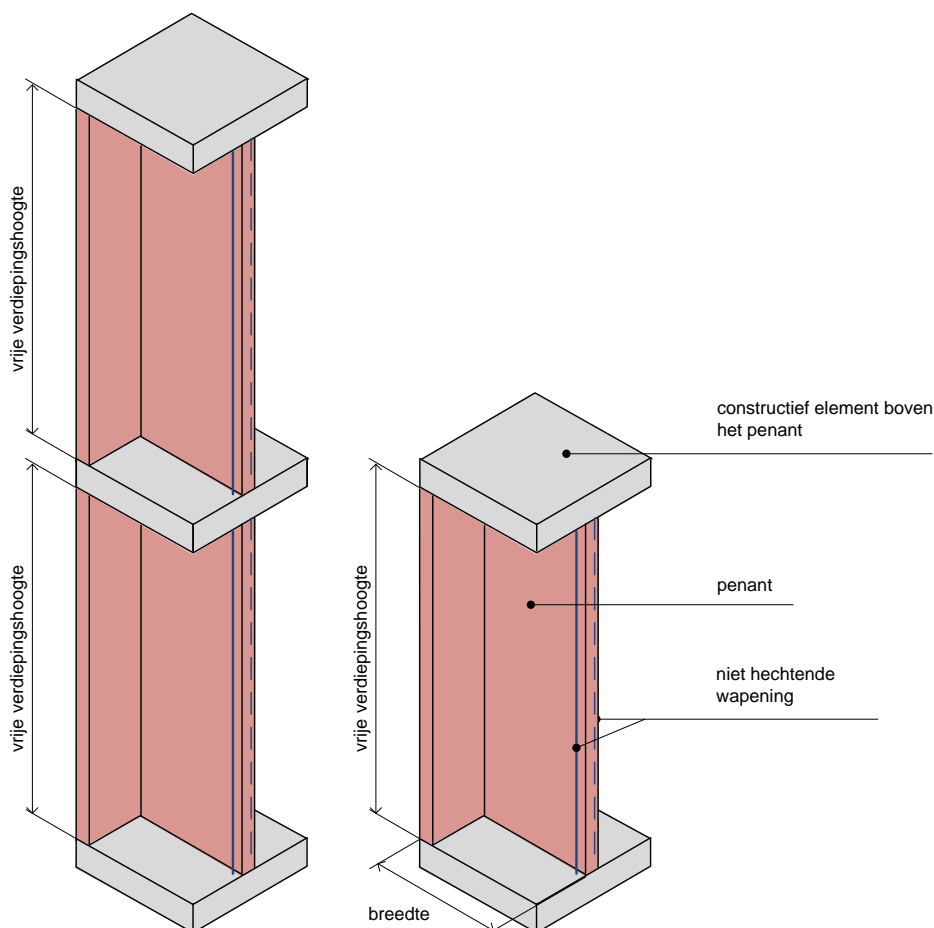
1 Algemeen

1.1 Onderwerp en toepassingsgebied

Deze Aanbeveling is bedoeld voor het ontwerp en de berekening van gemetselde penanten waarvan de weerstand tegen horizontale belasting wordt verhoogd door het aanbrengen van niet hechtende stalen wapening die in de constructieve elementen onder en boven het penant voldoende verankerd is. De penanten kunnen zowel een rechthoekige als een T-vormige doorsnede hebben.

De aanbeveling is opgesteld als een aanvulling op NEN-EN 1996-1-1, de onlosmakelijk daarmee verbonden nationale bijlage en NPR 9096-1-1. Indien in de aanbeveling op bepaalde onderdelen van NEN-EN 1996-1-1 geen aanvullende en/of afwijkende bepalingen worden gegeven, gelden NEN-EN 1996-1-1 en de NPR 9096-1-1 onverkort. NEN-EN 1996-2 is onverkort van toepassing.

Het toepassingsgebied van de aanbeveling is beperkt tot penanten die worden versterkt met niet hechtende wapening over de hoogte van één bouwlaag of twee bouwlagen en die een maximale breedte hebben gelijk aan de helft van de vrije verdiepingshoogte. Aanvullend is ook de maximale weerstand van de toegepaste wapening begrensd.



Figuur 1 Voorbeeld van penant met niet hechtende wapening

OPMERKING De indeling van de Aanbeveling is zo dat de nummers van artikelen aansluiten bij de artikelen in NEN-EN 1996-1-1.

1.5 Termen en definities

1.5.7 Termen gerelateerd aan wapening

1.5.7.4 Niet hechtende wapening

Wapening aangebracht in of naast een steenconstructie waarbij er geen sprake is van hechting tussen het metselwerk en de wapening, zodat het mogelijk is dat de wapening ten opzichte van het metselwerk kan verschuiven.

3 Materialen

3.4 Wapeningsstaal

3.4.2 Eigenschappen van wapeningsstaven

(3) Voor de rekenwaarde van de elasticiteitsmodulus E_s mag 200 GPa zijn aangenomen.

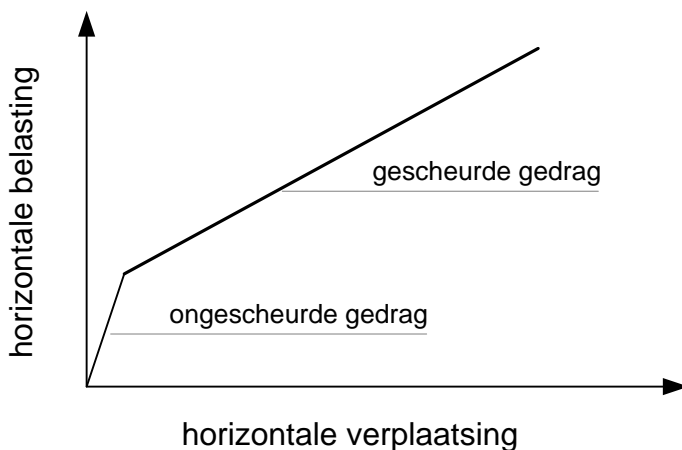
5 Constructieve berekening

5.5.6 Penanten versterkt met niet hechtende wapening

5.5.6.1 Inleiding

Het last-vervormingsgedrag wordt gekarakteriseerd door twee takken (zie figuur 2):

- het ongescheurde gedrag;
- het gescheurde gedrag.



Figuur 2 Last-verplaatsingsgedrag van een penant met niet hechtende wapening

5.5.6.2 Weerstand bij ongescheurd gedrag

De overgang tussen het gescheurde en ongescheurde gedrag wordt bepaald op het moment dat de grootste buigtrekspanning in het penant gelijk is aan $\frac{f_{xd1}}{1,5}$.

OPMERKING 1 De reductie van de buigtreksterkte f_{xd1} is toepast op basis van een bekende verhouding tussen de hechtsterkte (zuivere treksterkte bij een belasting loodrecht op de lintvoeg) en de buigtreksterkte van metselwerk.

OPMERKING 2 De grootte van de buigtrekspanning en de mate van ongescheurd gedrag van het metselwerk kan worden beïnvloed door het aanbrengen van een eventuele voorspankracht in de niet-hechtende wapening.

5.5.6.3 Verplaatsing bij ongescheurd gedrag

Voor het ongescheurde gedrag geldt dat voor de relatie tussen de bijkomende horizontale verplaatsingen u en de horizontale krachten H_{Ed} geldt:

$$u_1 = \frac{(H_{Ed,1} + H_{Ed,2})h_0^3}{3E_m I} + \frac{H_{Ed,2}h_1h_0^2}{2E_m I}$$

$$u_2 = \frac{H_{Ed,1}h_0^3}{3E_m I} + \frac{H_{Ed,1}h_0^2}{2E_m I}h_1 + \frac{H_{Ed,2}h_t^3}{3E_m I}$$

waarin:

u_1 is de bijkomende verplaatsing van de eerste verdiepingvloer veroorzaakt door $H_{Ed,1}$ en $H_{Ed,2}$;

u_2 is de bijkomende verplaatsing van de tweede verdiepingvloer veroorzaakt door $H_{Ed,1}$ en $H_{Ed,2}$;

$H_{Ed,1}$ is de rekenwaarde van de horizontale belasting ter plaatse van de eerste verdiepingvloer;

$H_{Ed,2}$ is de rekenwaarde van de horizontale belasting ter plaatse van de tweede verdiepingvloer;

$h_{p,0}$ is de hoogte van het penant op de begane grond (vrije verdiepingshoogte);

$h_{p,1}$ is de hoogte van het penant op de eerste verdieping;

$h_{v,1}$ is de dikte van de eerste verdiepingvloer;

$h_{v,2}$ is de dikte van de tweede verdiepingvloer;

$$h_0 = h_{p,0} + \frac{h_{v,1}}{2}$$

$$h_1 = h_{p,1} + \frac{h_{v,1} + h_{v,2}}{2}$$

$$h_t = h_{p,0} + h_{v,1} + h_{p,1} + \frac{h_{v,2}}{2};$$

E_m is de korte duur secans-elasticiteitsmodulus van metselwerk;

I is het kwadratisch oppervlakte moment van de ongescheurde metselwerkdoorsnede van het penant.

5.5.6.4 Weerstand bij gescheurd gedrag

Voor de grootte van de kracht in de wapening op de eerste verdieping en de begane grond, na het ontstaan van de scheur geldt (zie ook Figuur 3):

$$S_{Ed,1} = \frac{H_{Ed,2}h_1 - [N_{BED,2}(e_{n,2} - z) + N_{GED,2}(e_z - z)]}{d - z}$$

$$S_{Ed,0} = \frac{H_{Ed,2}h_t + H_{Ed,1}h_0 - [N_{BED,2}(e_{n,2} - z) + N_{BED,1}(e_{n,1} - z) + (N_{GED,1} + N_{GED,2})(e_z - z)]}{d - z}$$

waarin:

$S_{Ed,1}$ is de rekenwaarde van de trekkracht in de wapening op de eerste verdieping;

$S_{Ed,0}$ is de rekenwaarde van de trekkracht in de wapening op de begane grond;

$N_{BED,2}$ is de rekenwaarde van de belasting uit de tweede verdiepingvloer anders dan de eventuele voorspanning in het wapeningsstaal;

$N_{BED,1}$ is de rekenwaarde van de belasting uit de eerste verdiepingvloer anders dan de eventuele voorspanning in het wapeningsstaal;

$N_{GED,1}$ is de rekenwaarde van het gewicht van het penant op de eerste verdieping;

$N_{GED,0}$ is de rekenwaarde van het gewicht van het penant op de begane grond;

e_z is de afstand tussen het zwaartepunt van de doorsnede en de meest gedrukte vezel;

$e_{n,2}$ is de afstand tussen de werklijn van kracht $N_{BED,2}$ en de meest gedrukte vezel;

$e_{n,1}$ is de afstand tussen de werklijn van kracht $N_{BED,1}$ en de meest gedrukte vezel;

d is de afstand tussen de wapening en de meest gedrukte vezel;

A_c is het oppervlakte van de onderste doorsnede waarin drukspanningen aanwezig zijn; voor penanten met een rechthoekige vorm geldt:

$$A_c = \frac{2(N_{BED,1} + N_{BED,2} + N_{GED,0} + N_{GED,1} + S_{Ed,0})}{f_d}$$

voor penanten met een T-vormige vorm en een bijbehorende brede drukzone geldt:

$$A_c = \frac{5(N_{BED,1} + N_{BED,2} + N_{GED,0} + N_{GED,1} + S_{Ed,0})}{f_d}$$

x is de hoogte van oppervlakte A_c

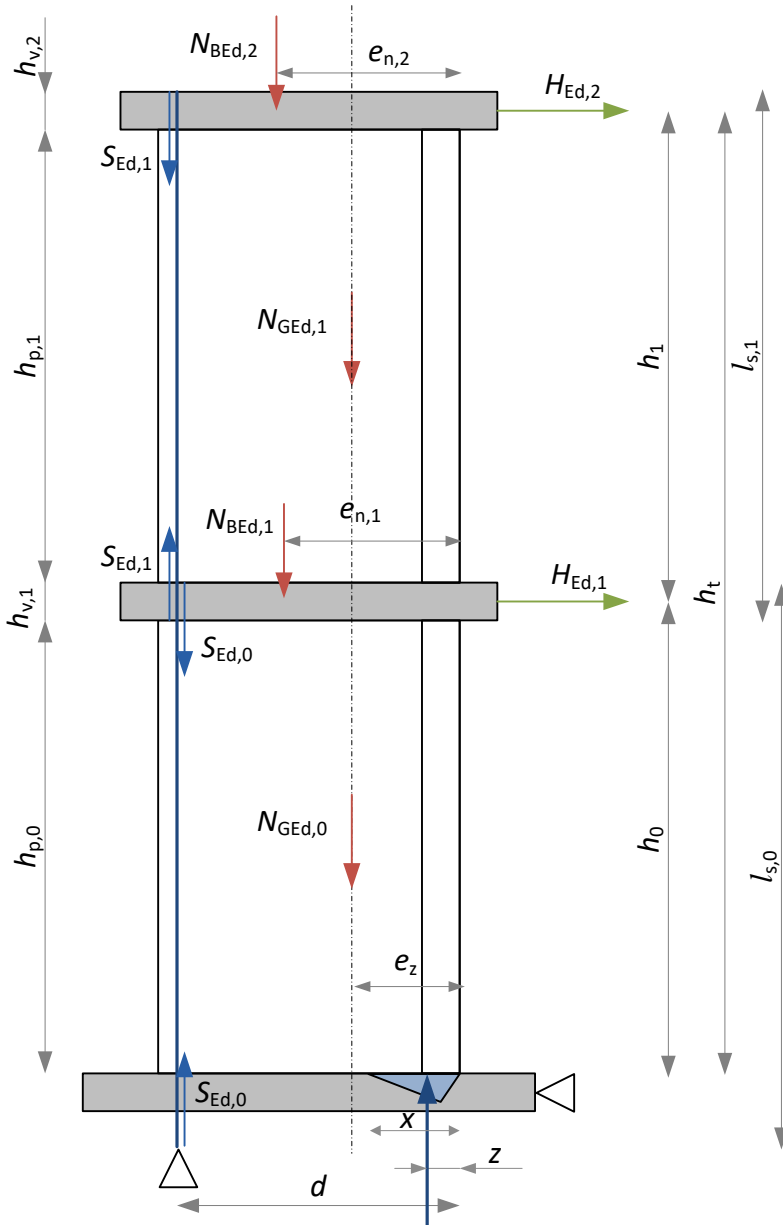
voor een rechthoekige vorm van A_c geldt: $x = A_c/b_A$;

b_A is de maximale breedte van A_c ;

$z = 0,2x$ voor penanten met een rechthoekige vorm;

$z = 0,5t$ voor een T-vormige vorm en een bijbehorende brede drukzone;

t is de dikte van de gedrukte flens.



Figuur 3 Actieve krachten op een penant met niet hechtende wapening

OPMERKING In de voorgaande vergelijking wordt de variabele z mede bepaald door de onbekende waarde van S_{Ed} . Voor een penant met een rechthoekige doorsnede is er een eenduidige relatie tussen x en S_{Ed} en volgen $S_{Ed,0}$ en $S_{Ed,1}$ uit de volgende vergelijkingen:

Resulterende verticale krachten op niveau 1 en 0 (respectievelijk eerste verdieping en begane grond) met uitzondering van de bijdrage van de wapening:

$$\Sigma N_1 = N_{GE,1} + N_{BE,2}$$

$$\Sigma N_0 = \Sigma N_1 + N_{GE,0} + N_{BE,1}$$

Resulterende momenten op niveau 1 en 0 met uitzondering van de bijdrage van de wapening, ten opzichte van de hoek van het penant met de meest gedrukte vezel:

$$\Sigma M_1 = N_{GE,1} e_z + N_{BE,2} e_{n2} - H_{Ed,2} h_1$$

$$\Sigma M_0 = \Sigma M_1 + N_{GE,0} e_z + N_{BE,1} e_{n1} - (H_{Ed,2} + H_{Ed,1}) h_0$$

De kracht in de wapening op de eerste verdieping volgt uit:

$$S_{Ed,1} = \frac{5b_A d f_d}{4} - \Sigma N_1 - \frac{5}{4} \sqrt{b_A f_d (b_A d^2 f_d - 1.6(d \Sigma N_1 - \Sigma M_1))}$$

De kracht in de wapening op de begane grond volgt uit:

$$S_{Ed,0} = \frac{5b_A d f_d}{4} - \Sigma N_0 - \frac{5}{4} \sqrt{b_A f_d (b_A d^2 f_d - 1.6(d \Sigma N_0 - \Sigma M_0))}$$

5.5.6.5 Verplaatsing bij gescheurd gedrag

Voor het gescheurde gedrag is de horizontale verplaatsing u van de verdiepingvloeren af te leiden uit de grootte van de kracht in de wapening die nodig is om momentenevenwicht met de horizontale krachten $H_{Ed,1}$ en $H_{Ed,2}$ mogelijk te maken:

De karakteristieke bovengrens van de horizontale verplaatsing van de eerste verdiepingvloer volgt uit:

$$u_1 = 1,6 \frac{h_0}{d - x_0} \frac{S_{Ed,0} l_{s,0}}{E_s A_{s,0}}$$

De karakteristieke bovengrens van de hoekverdraaiing boven aan de penant op de begane grond volgt uit:

$$\varphi_1 = \frac{u_1}{h_0} = \frac{1,6}{d - x_0} \frac{S_{Ed,0} l_{s,0}}{E_s A_{s,0}}$$

De karakteristieke bovengrens van de horizontale verplaatsing van de tweede verdiepingvloer volgt vervolgens uit:

$$u_2 = u_1 + \varphi_1 h_1 + 1,6 \frac{h_1}{d - x_1} \frac{S_{Ed,1} l_{s,1}}{E_s A_{s,1}}$$

waarin:

- $l_{s,0}$ is de lengte van de wapeningsstaaf tussen de verankeringen op de begane grond;
- $l_{s,1}$ is de lengte van de wapeningsstaaf tussen de verankeringen op de eerste verdieping;
- E_s is de rekenwaarde van de elasticiteitsmodulus van het wapeningsstaal;
- $A_{s,0}$ is het oppervlakte van de doorsnede van het wapeningsstaal op de begane grond;
- $A_{s,1}$ is het oppervlakte van de doorsnede van het wapeningsstaal op de eerste verdieping.

OPMERKING Bij de beoordeling van een aardbevingsontwerpsituatie, moet uitgegaan worden van het gemiddelde vervormingsgedrag. Om dit te bepalen moet de factor 1,6 in de hiervoor beschreven vergelijkingen te worden vervangen door een factor gelijk aan 1,15.

6 Uiterste grenstoestand

6.1.2 Toetsen van ongewapende metselwerkwallen voornamelijk belast door verticale belasting

(1) **OPMERKING** De weerstand tegen horizontale belasting van schorende ongewapende wallen kan complementair zijn aan de weerstand van penanten die zijn voorzien van niet hechtende wapening. Dit kan worden aangetoond door het last-verplaatsingsgedrag van beide wallen te vergelijken.

6.2 Ongewapende metselwerkwallen belast door een afschuifkracht

(1)P Bij het toetsen van de weerstand tegen afschuiving mag zijn aangenomen dat de normaalkracht in de doorsnede veroorzaakt wordt door S_{Ed} , N_{BED} en het betreffende deel van N_{GED} .

(4) Bij het toetsen van de verbinding tussen penant en bouwmuur moet iedere bouwlaag zijn getoetst. Hierbij moet zijn aangenomen dat de trekkracht in de wapening, S_{Ed} , als afschuifkracht in de verbinding aanwezig is. Bij het toetsen van de verbinding op de begane grond mag zijn aangenomen dat de gewichten van het penant op de eerste verdieping en de belasting uit de tweede verdiepingvloer via de uvelwerking van de eerste verdiepingvloer van het penant naar de bouwmuur wordt overgedragen.

6.10 Stalen wapening

(1) Er behoort te zijn getoetst dat:

$$S_{Ed} \leq A_s f_{yd}$$

waarin:

S_{Ed} is de rekenwaarde van de trekkracht in de wapening;

A_s is het oppervlakte van de doorsnede van het wapeningsstaal;

f_{yd} is de rekenwaarde van de vloeigrens van het wapeningsstaal.

(2) De weerstand van de verankering van de wapening dient voldoende te zijn om de effecten van S_{Ed} te kunnen weerstaan. De beschrijving van de weerstand moet zijn ontleend aan een daarvoor geschikte norm of productdocumentatie.

8 Detaillering

8.2.8 Maximale wapeningsoppervlakte

Het maximaal toepasbare oppervlakte van het wapeningsstaal $A_{s,max}$ volgt uit:

$$A_{s,max} = \frac{f_k}{f_{yk}} 16000 \text{ mm}^2$$

waarin:

f_k is de karakteristieke waarde van de metselwerkdruksterkte.

f_{yk} is de karakteristieke waarde van de vloeigrens van het wapeningsstaal.

OPMERKING De toe te passen hoeveelheid wapening is begrensd om bros bezwijken van het metselwerk te voorkomen.