statischeberekening.nl

Statische berekening

Nieuwbouw woning

VOORBEELD — bedacht werk, geen geldige berekening; een geleverde berekening is door de constructeur gecontroleerd en goedgekeurd

OPDRACHTGEVER

Voorbeeld — nieuwbouw woning

BOUWADRES

Kavel Zuidbroek, 7325 Apeldoorn

RAPPORTNUMMER

SB-20261001-0260

DOCUMENTDATUM

n.v.t. (voorbeeld)

REVISIE

0

Getoetst volgens NEN-EN 1990/1991/1992/1993/1995/1996/1997 en NEN 9997-1 met de Nederlandse Nationale Bijlage · gevolgklasse CC1

Colofon

Opsteller berekening	statischeberekening.nl (deterministische rekenkern)
Controle en goedkeuring	bij levering gecontroleerd en goedgekeurd door de constructeur
Gevolgklasse	CC1 (projectbreed — zie Belastingfactoren)
Voorwaarden	DNR 2011 + Nederlands consumentenrecht
Status	VOORBEELD (geen geldige berekening)

De berekening is deterministisch opgesteld door de rekenkern van statischeberekening.nl; de bovengenoemde constructeur controleert de waarden, de toetsen en de profielkeuze en keurt ze goed vóór levering.

Revisiebeheer

Rev.	Datum	Status	Omschrijving
0	n.v.t. (voorbeeld)	Voorbeeld	Voorbeelduitgave.

Geldigheid en grondslag

- Bij uitgifte van een document met een hoger revisienummer verliest de voorgaande revisie haar geldigheid; losse fragmenten van dit document zijn niet geldig.
- Geldig in de door de constructeur goedgekeurde versie; door die goedkeuring neemt hij de verantwoordelijkheid voor de uitgangspunten en de toetsing.
- De berekening geldt voor het vermelde bouwadres en de aangenomen uitgangspunten; wijzigt de situatie, dan is een herziene berekening nodig.
- Op de advisering en deze constructieberekening is de DNR 2011 (De Nieuwe Regeling 2011, rechtsverhouding opdrachtgever–adviseur) van toepassing; bij levering aan een consument geldt daarnaast dwingend Nederlands consumentenrecht.

VOORBEELD

Inhoudsopgave

1. Algemene uitgangspunten 3
2. Belastingfactoren 6
3. Belastingaanname 6
4. Berekeningen 8
    4.1. Houten kapspant — A-spant 8
    4.2. Houten gording — Nokgording 10
    4.3. Muurplaat-verankering windopwaaiing — Muurplaat-verankering dak 12
    4.4. Betonvloer 1-richting — Verdiepingsvloer 1 13
    4.5. Metselwerkpenant — Metselwerk draagmuur/penant 15
    4.6. Stabiliteit onder windbelasting — per niveau — Windstabiliteit vrijstaande woning 17
    4.7. Hele constructie als één 3D-FEM-model 19
    4.8. Verdiepingsvloer (beton, 2D plaat-FEM) 34
    4.9. Fundering op staal — Strookfundering op staal 36
    4.10. Funderingsrooster onder de gevels 38
    4.11. Zetting van de fundering (3D-grondmodel) 47
5. Samenvatting en conclusie 50
6. Constructieve overzichten 51
Revisiebeheer 2

1. Algemene uitgangspunten

Deze berekening behandelt de constructieve onderdelen van het project; per onderdeel zijn het statische schema, de belastingen en de toetsing opgenomen. De toe te passen profielen zijn samengevat in de samenvatting/ conclusie. Deze berekening is bestemd voor de omgevingsvergunning en de uitvoerend aannemer.

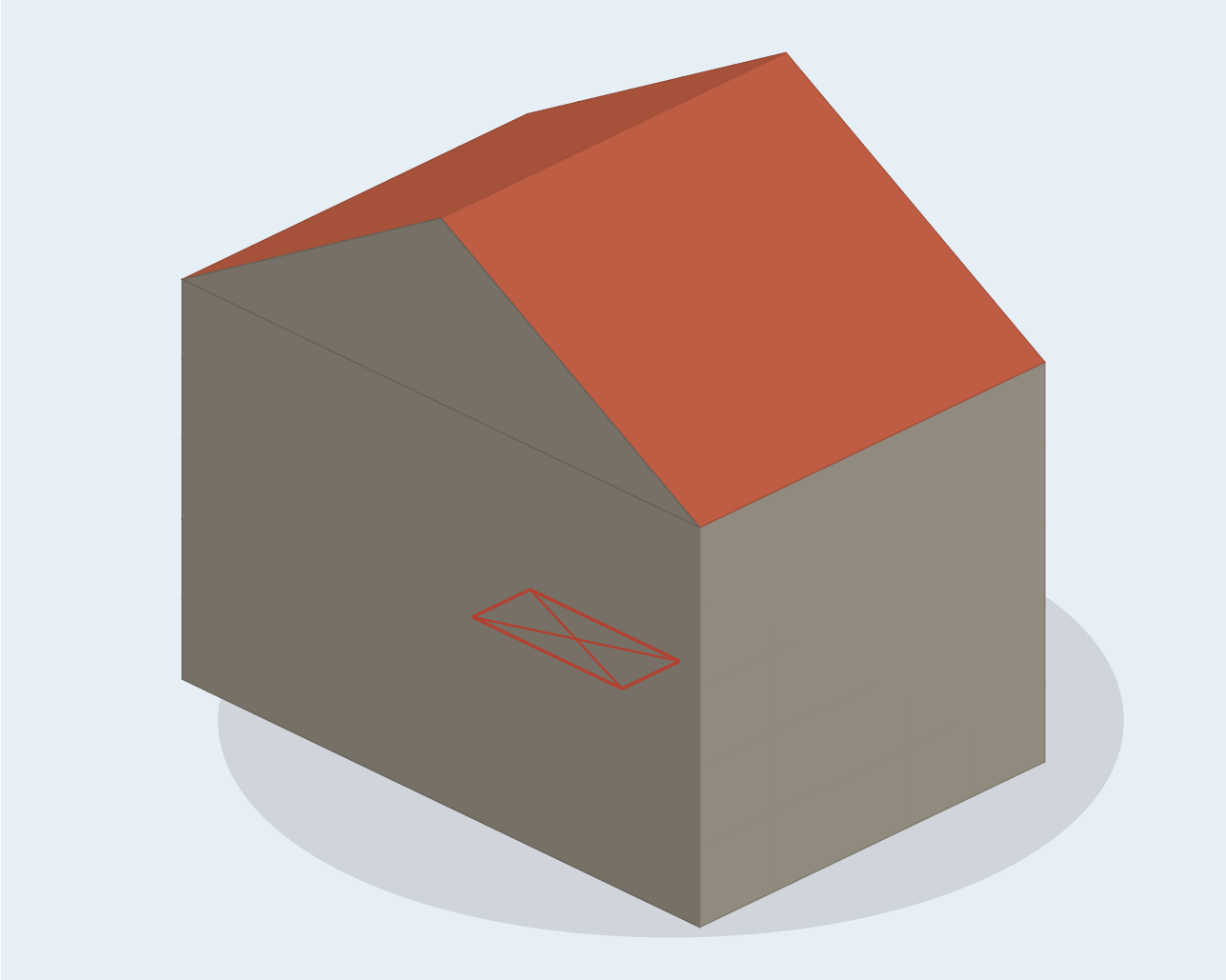
Het ontworpen gebouw

Nieuwbouw vrijstaande woning: 6,0 × 9,0 m, 2 bouwlagen (verdiepingshoogte 2,8 m), zadeldak (30°), betonnen vloeren, gevels in metselwerk.

Te beoordelen onderdelen — dit rapport toetst de volgende constructieve onderdelen:

Nr.	Onderdeel	Toepassing
1	Houten kapspant — A-spant	Houten kapspant (A-spant)
2	Houten gording	Nokgording (hout) bij de spantenkap
3	Muurplaat-verankering windopwaaiing	Muurplaat-verankering dak (windopwaaiing)
4	Betonvloer 1-richting	Verdiepingsvloer 1 — betonvloer 1-richting
5	Metselwerkpenant	Metselwerk draagmuur/penant langsgevel (nieuwbouw woning)
6	Stabiliteit onder windbelasting — per niveau	Windstabiliteit vrijstaande woning
7	Rekenmodel — fem3d-solver	Hele constructie als één 3D-FEM-model
8	Rekenmodel — fem-solver	Verdiepingsvloer (beton, 2D plaat-FEM)
9	Fundering op staal	Strookfundering op staal onder de gevels
10	Rekenmodel — rooster-solver	Funderingsrooster onder de gevels
11	Rekenmodel — geo3d-solver	Zetting van de fundering (3D-grondmodel)

VOORBEELD



3D-impressie van het ontworpen gebouw (indicatief)

VOORBEELD



Luchtfoto van het pand en de directe omgeving (PDOK — actueel ortho, indicatief)

Symbool	Betekenis
g / q	permanente (blijvende) / veranderlijke (variabele) belasting
M_{Ed} / V_{Ed} / N_{Ed}	optredend moment / dwarskracht / normaalkracht
M_{Rd} / V_{Rd} / N_{Rd}	bijbehorende capaciteit (weerstand)
w	doorbuiging
As	benodigd wapeningsoppervlak
$R_{c;d}$ / $R_{t;d}$	reken-druk- / -trekdraagkracht
UC	unity check = optredende last / capaciteit; voldoet bij UC ≤ 1,00

VOORBEELD

2. Belastingfactoren

- Normen: NEN-EN 1990, NEN-EN 1991, NEN-EN 1992, NEN-EN 1993, NEN-EN 1995, NEN-EN 1996, NEN-EN 1997, NEN 9997-1 (+ NL Nationale Bijlage).

Materiaaleigenschappen en partiële factoren per aanwezig materiaal:

Materiaal	Norm	Kernwaarden	Partiële factor
Constructiehout	NEN-EN 1995	k_mod/k_def per klimaatklasse en lastduur; sterkteklasse per sectie	$\gamma_M = 1{,}30$
Beton + wapening B500	NEN-EN 1992	sterkteklasse per sectie	$\gamma_C = 1{,}50 \cdot \gamma_S = 1{,}15$
Metselwerk	NEN-EN 1996	sterkteparameters per sectie (NL NB)	γ_M per sectie

Gevolgklasse, belastingcombinaties en doorbuigingseisen (projectbreed):

Onderwerp	Waarde
Gevolgklasse / KFI	CC1 → KFI = 0,90 (projectbreed, alle onderdelen)
Combinatie 6.10a	KFI·(1,35·g + 1,5·ψ0·q)
Combinatie 6.10b	KFI·(1,20·g + 1,5·q)
ψ0 opgelegde vloerlast	0,40 (dak ψ0 = 0,0)
Doorbuiging	per onderdeel, in de sectie van dat onderdeel

VOORBEELD

3. Belastingaanname

Onderwerp	Waarde
Bouwadres	Kavel Zuidbroek, 7325 Apeldoorn (locatie voor het windklimaat)
Gebouwfunctie	woning (cat. A) — vloerlast qk = 1,75 kN/m² · ψ0 = 0,40
Ontwerplevensduur	50 jaar
Windklimaat	gebied III · terrein bebouwd · hoogte 7,3 m
Piekdruk qp	0,49 kN/m² (NEN-EN 1991-1-4 + NB)
Gevelwinddruk (zone A)	0,69 kN/m²

Grondonderzoek — 1 sondering(en) ingeladen (projectbreed)

Sondering	Locatie (RD)	mv [m NAP]	qc~1 m [MPa]
CPT000000243693 **[MAATGEVEND]**	197449/473387	4,31	7,08

Maatgevend qc = 7,08 MPa → indicatieve φ′ ~ 30,00 graden; op staal haalbaar. De grondparameters en de funderingswijze zijn een VOORSTEL uit de sondering; de constructeur verifieert de q_c-interpretatie en de funderingswijze.

Locatie- en brongegevens (publieke bronnen, automatisch ingeladen op het bouwadres; INDICATIEF; niet automatisch in een toets verwerkt):

Bron	Gegeven (indicatief)
3D-pandmodel (3DBAG)	hoogte ~8,2 m boven maaiveld, dak hellend ~34 graden (uit 3D-geometrie), ~3 bouwlagen (geschat uit de gebouwhoogte), aangebouwd/rijtjes, plattegrond BAG-pand ~13,1 × 6,3 m, footprint ~73 m², volume ~528 m³ **[BAG-pand 0200100003905686]**
Maaiveldhoogte (AHN-perceel)	+6,69 m NAP
Grondsoort (BRO bodemkaart)	zand - Beekeerdgronden; lemig fijn zand
Grondwaterstand (BRO)	GHG ~2,4 m-mv / GLG ~3,4 m-mv (peilbuis GMW000000007050, ~165 m); INDICATIEF uit de filterdiepte van de put, geen meetreeks

Bron	Gegeven (indicatief)
Kadastraal perceel (Kadaster)	Apeldoorn AF 8570, kavel ~158.540 m²

Belastingen per onderdeel — alles hierboven geldt projectbreed; hieronder alleen wat een onderdeel daarnaast eigen heeft:

Onderdeel	Belastingen
1. Houten kapspant — A-spant	conform de belastingaanname hierboven
2. Houten gording — Nokgording	puntlast 1,00 kN
3. Muurplaat-verankering windopwaaiing — Muurplaat-verankering dak	conform de belastingaanname hierboven
4. Betonvloer 1-richting — Verdiepingsvloer 1	g_k 1,50 kN/m² · q_k 1,75 kN/m²
5. Metselwerkpenant — Metselwerk draagmuur/penant	N_{Ed} 126,00 kN
6. Stabiliteit onder windbelasting — per niveau — Windstabiliteit vrijstaande woning	conform de belastingaanname hierboven
7. Hele constructie als één 3D-FEM-model	belastingen in het rekenmodel zelf (zie het hoofdstuk van het model en de inzagelink)
8. Verdiepingsvloer (beton, 2D plaat-FEM)	belastingen in het rekenmodel zelf (zie het hoofdstuk van het model en de inzagelink)
9. Fundering op staal — Strookfundering op staal	N_{Ed} 111,70 kN
10. Funderingsrooster onder de gevels	belastingen in het rekenmodel zelf (zie het hoofdstuk van het model en de inzagelink)
11. Zetting van de fundering (3D-grondmodel)	belastingen in het rekenmodel zelf (zie het hoofdstuk van het model en de inzagelink)

VOORBEELD

4. Berekeningen

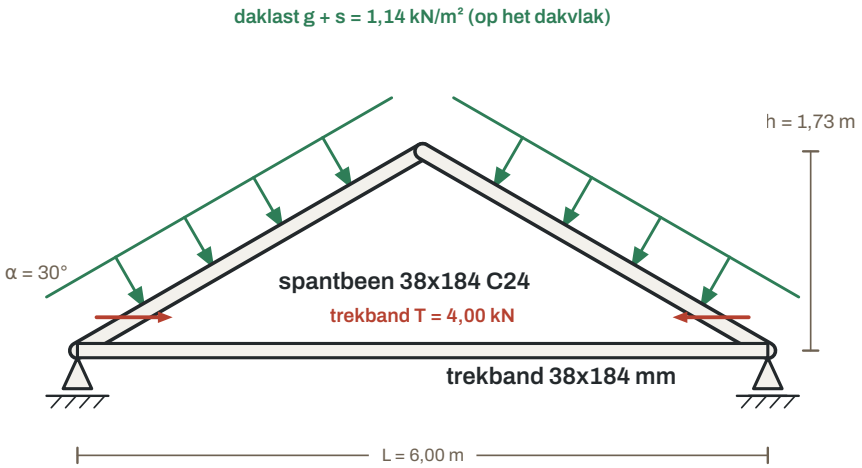
Per onderdeel het statische schema, de belastingen en de toetsing; de toe te passen profielen staan samengevat in hoofdstuk 5.

4.1. Houten kapspant — A-spant

Toepassing: Houten kapspant (A-spant) — dakconstructie: houten spantenkap (default — VERIFIEER)

Rekenmodel · houten kapspant (A-spant)

Houten kapspant (A-spant) — dakconstructie: houten spantenkap (default — VERIFIEER)



Spantbeen

N;Ed 5,8 kN

M;Ed 1,7 kNm

UC 0,58

w 11,8 mm

Trekband

UC 0,06

Profiel spantbeen 38x184 mm C24, trekband 38x184 mm (spatkracht 4,00 kN)

spantbeen UC 0,58 · trekband UC 0,06 · maatgevend: Spantbeen doorbuiging UC 0,85

voldoet

Aannames

- **Statisch bepaald A-spant:** overspanning L = 6,00 m, dakhelling 30 graden (nokhoogte 1,73 m), spantbeen 3,46 m; spanten h.o.h. 1,00 m. Scharnierende voeten + trekband.
- kmod per belastingduurklasse, gebruiksklasse 1 (binnen, verwarmd) (k_{def} = 0,60, kmod permanent 0,60).
- **Spantbeen (beam-column 6.23):** axiale druk N = 5,8 kN (V·sin + T·cos) + buiging M = 1,7 kNm — het been wordt als opgelegde ligger over de beenlengte gerekend onder de loodrechte component van de daklast (M = w_{loodr} · L_r² / 8); knik kc = 0,61 over de beenlengte; profiel 38 × 184 mm C24 (N+M-UC 0,58, afschuiving UC 0,23, doorbuiging w_{eind} 11,8 mm ≤ L_r/250 = 13,9 mm, UC 0,85; wind-uplift-UC (trek+buiging 6.17) 0,40). Het spantschema (scharnierend/ingeklemd, hanenbalk) is een REVIEWPUNT voor de constructeur.
- **VOORWAARDE (geldigheid):** het spantbeen wordt over de ZWAKKE as zijdelings gesteund door het dakbeschot/de panlatten (en daarmee ook tegen kip). Zonder die continue steun is knik om de zwakke as maatgevend en is deze toets NIET geldig — dan is een aparte zwakke-as-kniktoets (6.24) nodig (REVIEWPUNT).
- **Trekband (spatkracht):** T = 4,00 kN trek → 38 × 184 mm (UC 0,06, ft,0). De trekband neemt de horizontale spatkracht op; een ingeklemde voet of hanenbalk is een ALTERNATIEF schema (reviewpunt).

VOORBEELD

- **Windbelasting dakvlak (NEN-EN 1991-1-4):** netto winddruk 0,51 kN/m² en windzuiging 0,82 kN/m² loodrecht op het dakvlak (automatisch: qp = 0,51 kN/m² (windgebied III, terrein bebouwd, referentiehoogte 8,2 m) x c_{net} druk 1,00 / zuiging 1,60. De norm-omhullende over alle zones en beide windrichtingen geeft hier druk c_{net} 1,00 (zone F, NEN-EN 1991-1-4 tab. 7.4a (wind haaks op de nok), c_{pi} -0,3) en zuiging c_{net} 1,60 (zone G, NEN-EN 1991-1-4 tab. 7.4b (wind langs de nok), c_{pi} +0,2); de vaste waarden 1,0 (druk) en 1,4 (zuiging) zijn daarbij de ONDERGRENS). Wind-DRUK als extra UGT-combinatie op het spantbeen (wind maatgevend); de axiale/ spatkracht uit wind is conservatief als verticale last behandeld.
- **Wind-UPLIFT (zuiging 0,82 kN/m²:** 0,9·G gunstig, wind leidend zonder sneeuw): netto opwaarts 0,71 kN/m → 2,1 kN opwaarts per spantvoet en omkering van de trekband naar ~1,9 kN DRUK. De muurplaat/voetverankering moet deze uplift opnemen (verbindingsdetail = REVIEWPUNT). Het spantbeen is onder deze uplift ook op KIP VAN DE ONDERRAND getoetst: het dakbeschot steunt alleen de bovenrand; vrije lengte l_{ef} = 0,9 × 3,46 m (k_{crit} 0,596, UC 0,60; de axiale trek is als gunstig weggelaten).

Algemene gegevens		
Overspanning	6,00	m
Dakhelling	30	°
H.o.h. spanten	1.000	mm
Houtklasse	C24	

Belastingen (karakteristiek)		
Permanente daklast g	0,50	kN/m²
Sneeuwlast s_k	0,70	kN/m²
Windzuiging p	0,82	kN/m²
Opwaartse voetkracht	2,10	kN

Spantbeen (C24)		
Spantbeen b×h	38 × 184 mm	
Normaalkracht N	5,80	kN
Moment M	1,70	kNm
Kniklengte L_r	3,46	m
Reductiefactor $k_{c,y}$	0,611	

Trekband (C24)		
Trekband b×h	38 × 184 mm	
Spatkracht T	4,00	kN
Wind-omkeer T_{omkeer}	1,90	kN

VOORBEELD

Toetsing spantbeen · NEN-EN 1995-1-1 §6.3			
Spantbeen N+M+knik (6.23)	N 5,80 kN · M 1,70 kNm · $k_{c,y}$ 0,611	u.c. = **0,58**	**voldoet**
Afschuiving §6.1.7	V 2,00 kN	u.c. = **0,23**	**voldoet**
Doorbuiging §7.2	w 11,8 mm	u.c. = **0,85**	**voldoet**
Wind-uplift spantbeen	netto opwaarts	u.c. = **0,40**	**voldoet**

Toetsing trekband			
Trekband (spatkracht) trek	T 4,00 kN	u.c. = **0,06**	**voldoet**

Toepassen: **spantbeen 38 × 184 mm C24, trekband 38 × 184**	ULS u.c. **0,85** · SLS u.c. **n.v.t.** ✓ voldoet

Aandachtspunten

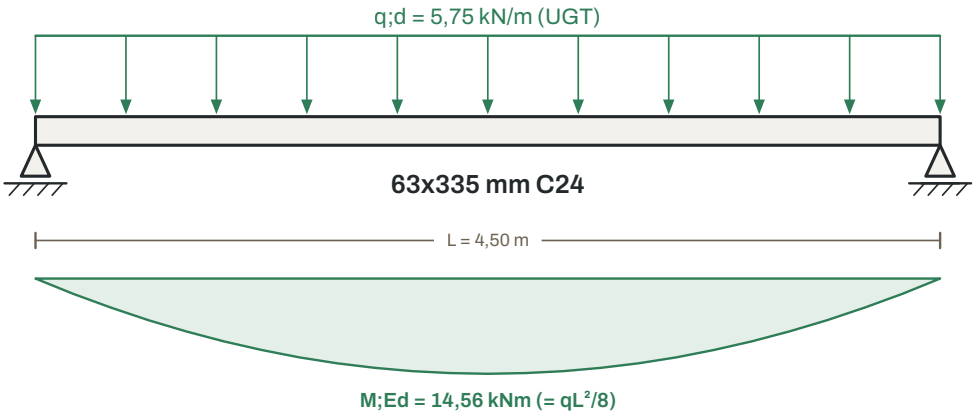
Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Windbelasting	Voet- en nokverbinding (overdracht spatkracht/trekband en de bepaalde netto wind-uplift) detailleren en op de bestaande constructie aansluiten — de staafkrachten en de netto wind-uplift zijn bepaald, het verbindingsdetail blijft ter beoordeling

4.2. Houten gording — Nokgording

Toepassing: Nokgording (hout) bij de spantenkap — nieuwbouw woning; draagt beide dakzijden, verticale last zonder ontbinding

Rekenmodel · vrij opgelegde ligger

Nokgording (hout) bij de spantenkap — nieuwbouw woning; draagt beide dakzijden, verticale last zonder ont...



Profiel 63x335 mm C24 · UC 0,74 · maatgevend: Doorbuiging w;eind UC 0,88 voldoet

Aannames

- **Statisch schema:** vrij opgelegde houten NOKGORDING, overspanning 4,50 m, hout C24; draagt BEIDE dakzijden, elk over een horizontale belaste daklengte van 1,50 m (samen 3,00 m).
- **NOKGORDING:** de twee dakzijden zijn symmetrisch belast, dus de horizontale componenten heffen elkaar op; de gording staat rechtop en krijgt de VERTICALE last van beide zijden (geen ontbinding naar cos/sin; de dakhelling van 30 graden speelt daarin geen rol). ENKELE BUIGING (zwakke as gesteund, bv. door het dakbeschot): alleen sterke-as-buiging.
- **Sneeuwophoping (NEN-EN 1991-1-3 5.3.6):** NIET beschouwd — het hoogteverschil met een hoger bouwdeel (bv. de bestaande gevel bij een aanbouwdak) is niet opgegeven, dus de ophoping zit NIET in de gerekende sneeuwlast. Zodra dat hoogteverschil en de breedte van het hogere dakvlak bekend zijn, wordt de ophoping (μ2 + afschuiving) deterministisch meegetoetst.
- **NIET BESCHOUWD:** een ongelijke belasting van de twee dakzijden (sneeuw of wind aan één kant) is niet apart nagerekend; de nokgording is getoetst op de volle last van beide zijden samen. AANDACHTSPUNT: bij een ongelijke belasting krijgt de nokgording een horizontale component op de zwakke as zodra de sporen op de nok niet tegen elkaar zijn gesteund; controleer die aansluiting.

Algemene gegevens		
Overspanning	4,50	m
Statisch schema	vrij opgelegd	
Toegepast profiel	**63 × 335 mm C24**	

Belastingen (karakteristiek)	
Zie belastinggevallen	
Maatgevende combinatie	6.10b

Materiaalgrootheden (C24)		
f_{m_k}	24	N/mm²
γ_M	1,30	

Profieleigenschappen · 63 × 335 mm C24	
Profiel	**63 × 335 mm C24**

VOORBEELD

Belastinggevallen → ontwerplast (UGT)	
permanente daklast (g x 2 zijden x belaste daklengte)	2,70 kN/m
sneeuw (μ1 al verrekend), 2 zijden	2,10 kN/m
wind, verticale component van 2 zijden	1,47 kN/m
puntlast	1,0 kN
Ontwerplast (UGT, 6.10b)	**M_{Ed} 14,56 kNm · V_{Ed} 12,94 kN**

Toetsing UGT · NEN-EN 1995-1-1 art. 6.1.6			
Buiging NEN-EN 1995-1-1 art. 6.1.6	M_{Ed} 14,56 / M_{Rd} 19,58 kNm	u.c. = **0,74**	**voldoet**
Afschuiving art. 6.1.7	V_{Ed} 12,94 / V_{Rd} 26,11 kN	u.c. = **0,50**	**voldoet**
Kip NEN-EN 1995-1-1 §6.3.3	k_{crit}-toets op de drukrand	u.c. = **0,09**	**voldoet**

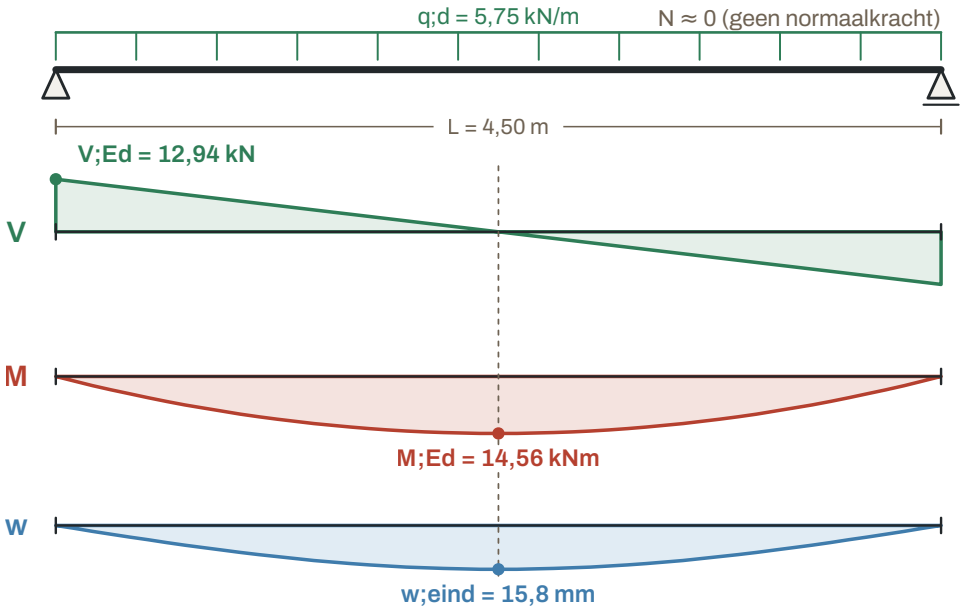
Toetsing BGT · NEN-EN 1995-1-1 art. 7.2			
$w_{eind} \leq 0{,}004 \cdot L$	15,79 / 18,0 mm	u.c. = **0,88**	**voldoet**
$w_{bij} \leq 0{,}003 \cdot L$	9,15 / 13,5 mm	u.c. = **0,68**	**voldoet**

Toepassen: **63 × 335 mm C24** (L = 4,50 m) — ULS u.c. **0,74** · SLS u.c. **0,88** ✓ voldoet

VOORBEELD

Resultaten · dwarskracht/moment (UGT) + vervorming (BGT)

Nokgording (hout) bij de spantenkap — nieuwbouw woning; draagt beide dakzijden, verticale last zonder ontbind...



UGT = uiterste grenstoestand · BGT = bruikbaarheidsgrenstoestand (karakteristieke last)

Aandachtspunten

Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Aandachtspunt	De oplegging en de aansluiting van dit onderdeel op de ondersteunende constructie zijn in deze berekening niet getoetst; controleer ze bij de uitvoering.

4.3. Muurplaat-verankering windopwaaiing — Muurplaat-verankering dak

Aannames

- **Windzuiging dakvlak:** qp = 0,51 kN/m² (windgebied III, terrein bebouwd, hoogte 8,2 m); dakhelling 30 graden → zuiging aan de dakvoet $|c_{pe}|$ = 1,80 (opgegeven; normwaarde aan de dakvoet op deze helling 1,10, tab. 7.2/7.4a/7.4b) + c_{pi} = 0,20 → w = 1,03 kN/m² ($c_{pe,10}$).
- **Per m1 muurplaat (belaste daklengte 3,00 m):** opwaarts KFI·γ_Q·w·L = 4,63 kN/m; stabiliserend 0,9·g_{dak}·L = 1,35 kN/m (g_{dak} = 0,50 kN/m²).
- Muurplaat 70 × 70 mm ($f_{m,k}$ = 24 N/mm², k_{mod} 0,90/γ_M 1,30): M_{Rd} = 0,95 kNm; de plaat overspant de ankerafstand onder de uplift (M = F_{up}·s²/8) → buigings-UC = 0,43 bij de gekozen h.o.h..
- netto uplift F_{up} = 3,28 kN/m → ankers h.o.h. ≤ 1000 mm (maatgevend: praktische h.o.h.-grens).

Algemene gegevens		
Belaste daklengte	3,00	m
Dakhelling	30	°
Muurplaat b×h	70 × 70 mm	
Gebouwhoogte	8,2	m

Belastingen (wind + gewicht)		
Stuwdruk q_p	0,51	kN/m²
Zuiging $\|c_{pe}\|$ dakrand (tab. 7.4)	1,80	
Windzuiging w	1,03	kN/m²
Opwaartse windkracht	4,63	kN/m
Gunstig eigen gewicht	1,35	kN/m
Netto uplift F_{up}	3,28	kN/m

VOORBEELD

Verankering + muurplaat		
Ankercapaciteit	5,0	kN/anker
Max. ankerafstand h.o.h.	1.000	mm
Trek per anker bij h.o.h. 1.000 mm (F_{up}·s)	3,28	kN
Muurplaat-momentweerstand M_{Rd}	0,95	kNm
Maatgevend	praktische h.o.h.-grens	

Toetsing · NEN-EN 1991-1-4 / 1995			
Muurplaat-buiging $M_{Ed} \le M_{Rd}$	M_{Rd} 0,95 kNm	u.c. = **0,43**	**voldoet**

Toepassen: **ankers h.o.h. ≤ 1000 mm (5,0 kN/anker)** — ULS u.c. **0,43** · SLS u.c. **n.v.t.** ✓ voldoet

Aandachtspunten

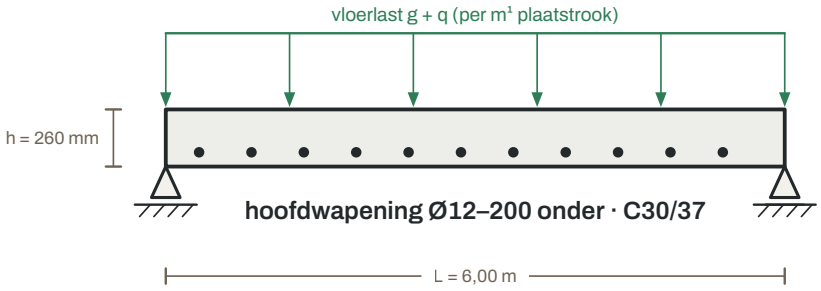
Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Wanden	Anker-uittrekweerstand (productblad) bevestigen; verankering van de muurplaat in het metselwerk en de spatkracht apart beoordelen

4.4. Betonvloer 1-richting — Verdiepingsvloer 1

Toepassing: Verdiepingsvloer 1 — betonvloer 1-richting — sparing trapgat 1,0 × 2,6 m tegen de linker langsgevel (aanname, geen tekening — VERIFIEER; raveelconstructie: reviewpunt) — automatisch verzwaard naar plaat 260 mm om te voldoen (VERIFIEER de leverbare PS-/kanaalplaatvariant)

Rekenmodel · betonvloer (1-richting)

Verdiepingsvloer 1 — betonvloer 1-richting — sparing trapgat 1,0x2,6 m tegen de linker langsgevel (aannam...



Toets NEN-EN 1992-1-1

M;Ed = 49,5 kNm/m

V;Ed = 33,0 kN/m

As 565 ≥ 510 mm²/m

M;Rd = 54,8 kNm/m

buiging UC 0,90

l/d 26,20 ≤ 62,18

Profiel plaat 260 mm, Ø12-200 · buiging UC 0,90 · l/d 26,20/62,18 — voldoet

VOORBEELD

Aannames

- Massieve 1-richting betonvloer, dikte 260 mm, overspanning 6,00 m (vrij opgelegd); getoetst als strook van 1 m breed.
- **Belasting:** permanent 1,50 kN/m² (+ eigen gewicht plaat) + veranderlijk 1,75 kN/m²; M_{Ed} = 49,5 kNm/m, V_{Ed} = 33,0 kN/m (6.10b).
- **Beton C30/37, d = 229 mm:** buiging M_{Ed} 49,5 / M_{Rd} 54,8 kNm/m van de toegepaste wapening (z = 223 mm, x/d = 0,07 ≤ 0,45) UC 0,90, dwarskracht UC 0,28 (V;Ed/V_Rd,c — plaat zonder beugels, 6.2.2), doorbuiging l/d 26,2/62,2.
- **Wapening (INDICATIE):** hoofdwapening Ø12–200 (As;toegepast 565 ≥ benodigd 510 mm²/m: buiging 510, minimum 9.2.1.1 345); verdeelwapening Ø8–400. Hoofdwapening h.o.h. ≤ min(2h; 250 mm), verdeelwapening ≤ min(3h; 400 mm) en ≥ 20% (NEN-EN 1992 9.3.1.1(3), zone max. moment).
- **Scheurwijdte 7.3 (milieuklasse XC1):** w_k = 0,33 mm ≤ 0,40 mm (UC 0,83).
- Brandwerendheid R60 (asafstand a = 31 mm, balktabel als benadering): voldoet.
- **Minimale plaatdikte brand (tabel 5.8):** 260 mm ≥ 80 mm vereist voor R60 — voldoet.
- **Aanname (conservatief):** getoetst als 1-richting, enkelveld vrij opgelegd (M = qd·L²/8, l/d met K=1,0). Doorgaande velden en 2-richting-werking verlagen veldmoment/doorbuiging en zijn aan de veilige kant verwaarloosd; bovenwapening boven doorgaande steunpunten valt onder de wapeningsdetaillering.
- **Aanname (scope):** vloer op lijnopleggingen (strook van 1 m) — geen puntsteunen/kolommen, dus geen ponstoets van toepassing. Bij een kolom-ondersteunde/vlakke plaat is deze 1-richtingmodule niet geschikt.

Algemene gegevens		
Overspanning	6,00	m
Betonklasse	C30/37	
Milieuklasse	XC1	
Brandklasse	R60	
Doorsnede	**plaat 260 mm**	

Belastingen (karakteristiek)		
Permanente last g	1,50	kN/m²
Veranderlijke last q	1,75	kN/m²
Eigen gewicht beton	6,50	kN/m²
Maatgevende combinatie	6.10b	

Materiaalgrootheden (C30/37 / B500)		
f_{ck}	30	N/mm²
f_{cd}	20,0	N/mm²
f_{yk} (B500)	500	N/mm²
f_{yd}	435	N/mm²

Doorsnede + wapening		
Breedte b	1.000	mm
Hoogte h	260	mm
Nuttige hoogte d	229	mm
$A_{s_{vereist}}$ (buiging §6.1)	510	mm²/m
$A_{s_{min}}$ (§9.2.1.1)	345	mm²/m
$A_{s_{toegepast}}$	565	mm²/m
Hoofdwapening	Ø12–200	
Verdeelwapening	Ø8–400	

Belastinggevallen → ontwerplast (UGT)	
Maatgevende combinatie	6.10b
Ontwerplast (UGT)	**M_{Ed} 49,51 kNm/m · V_{Ed} 33,01 kN/m**

Toetsing UGT · NEN-EN 1992-1-1 §6			
Buiging §6.1	M_{Ed} 49,51 / M_{Rd} 54,79 kNm/m	u.c. = **0,90**	**voldoet**
Drukzonehoogte x/d ≤ 0,45 §5.5	x/d 0,067 (toegepaste wapening)	u.c. = **0,15**	**voldoet**
Dwarskracht §6.2	V_{Ed} 33,01 / V_{Rd} 118,31 kN/m	u.c. = **0,28**	**voldoet**

Toetsing BGT · scheurwijdte §7.3 + brand			
Scheurwijdte §7.3	w_k 0,333 / w_{max} 0,40 mm	u.c. = **0,83**	**voldoet**
Brand R60 asdekking	a 31 / a_{eis} 25 mm	u.c. = **0,81**	**voldoet**

Toepassen: **plaat 260 mm** — Ø12–200 + Ø8–400 — ULS u.c. **0,90** · SLS u.c. **0,83** ✓ voldoet

Aandachtspunten

Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Schematisering	Wapeningsdetaillering + verankering/opleglengte (NEN-EN 1992 §8), incl. bovenwapening boven eventuele doorgaande steunpunten — de berekende As is een INDICATIE

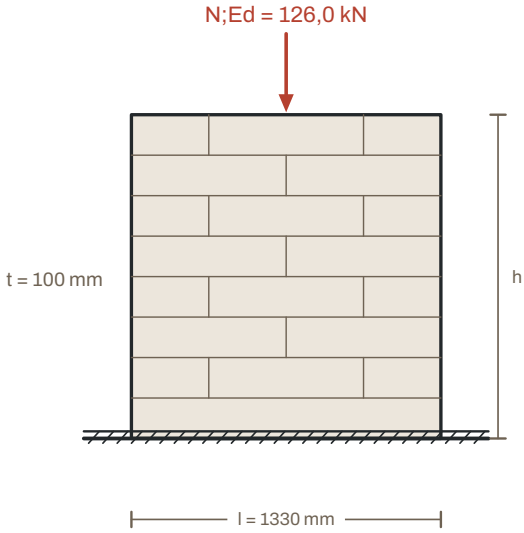
VOORBEELD

4.5. Metselwerkpenant — Metselwerk draagmuur/penant

Toepassing: Metselwerk draagmuur/penant langsgevel (nieuwbouw woning)

Rekenmodel · metselwerkpenant

Metselwerk draagmuur/penant langsgevel (nieuwbouw woning)



Toets NEN-EN 1996-1-1 §6.1.2

λ = h;ef/t = 19,50

e;mk = 10,0 mm · Φ = 0,44

f;d = 3,01 N/mm²

N;Rd = 174,6 kN

N;Ed / N;Rd = 0,72

Profiel 100x1330 mm Kalkzandsteen CS12 · λ 19,50 · Φ 0,44

maatgevend: Druk + knik UC 0,72

voldoet

VOORBEELD

Aannames

- Metselwerkpenant 100 × 1330 mm, hoogte 2600 mm, Kalkzandsteen CS12, gewone metselmortel f_m = 5,0 N/mm². Ontwerplast N_{Ed} = 126,0 kN.
- Steenkwaliteit/mortel (Kalkzandsteen CS12, gewone metselmortel f_m = 5,0 N/mm²) aangenomen; bij een BESTAANDE penant de werkelijke steen-/mortelklasse verifiëren — oud/zacht metselwerk (bv. kalkmortel) kan een lagere fk geven dan hier aangenomen.
- Druksterkte metselwerk Kalkzandsteen CS12, gewone metselmortel f_m = 5,0 N/mm²: $f_k = K \cdot f_b \wedge \alpha \cdot f_m \wedge \beta$ = 0,60·12^0,65·5,0^0,25 = 4,51 N/mm² (NEN-EN 1996-1-1 §3.6.1.2; K, α, β uit NL NB tabel NB.2: gewone mortel, perforaties ≤ 25%). f_b = 12 N/mm² is de CS-klasse = de genormaliseerde gemiddelde druksterkte van de steen (NEN-EN 771-2), de vormfactor δ zit daarin (δ = 1,0). γ_M = 1,5 (NL NB, gevolgklasse CC1, categorie I-stenen) → f_d = f_k/γ_M = 3,01 N/mm².
- **Slankheid:** heff = ρ_n·h = 1950 mm → lambda = 19,5 (≤ 27); excentriciteit emk = 10 mm; reductiefactor Phi_m = 0,436.
- Draagvermogen N'R;d = Phi_m·fd·l·t = 174,6 kN (UC = 0,72).
- Oplegspanning (geconcentreerde last, NEN-EN 1996-1-1 §6.1.3) OMGEKEERD opgelost — de oplegmaat van de ligger staat nog niet vast: minimaal benodigd oplegvlak Abr;req = 34482 mm² (FE;d = 126,0 kN ≤ FR;d = beta·fd·Abr, met fd = 3,01 N/mm² en a1 = 0 mm). Over de volle wanddikte t = 100 mm betekent dat een oplegging (onderflens of oplegplaat) van ten minste 345 mm langs de wand; bij een oplegdiepte al < t moet die maat evenredig groter zijn (ab ≥ Abr;req/al).

Algemene gegevens		
Penantafmeting	100 × 1330 mm Kalkzandsteen CS12	
Dikte t	100	mm
Lengte l	1.330	mm
Hoogte h	2,60	m

Belasting (ontwerp)		
Ontwerpnormaalkracht N_{Ed}	126,0	kN

Draagvermogen metselwerk (NEN-EN 1996-1-1)		
Karakt. druksterkte f_k	4,51	N/mm²
Rekenwaarde f_d	3,01	N/mm²
Slankheid λ	19,5	
Reductiefactor Φ	0,436	
Draagvermogen N'_{Rd}	174,6	kN

Toetsing · NEN-EN 1996-1-1 §6.1			
Druk $N_{Ed} \leq N'_{Rd}$	126,0 / 174,6 kN	u.c. = **0,72**	**voldoet**

Toepassen: **100 × 1330 mm Kalkzandsteen CS12** — ULS u.c. **0,72** · SLS u.c. **n.v.t.** ✓ voldoet

VOORBEELD

Aandachtspunten

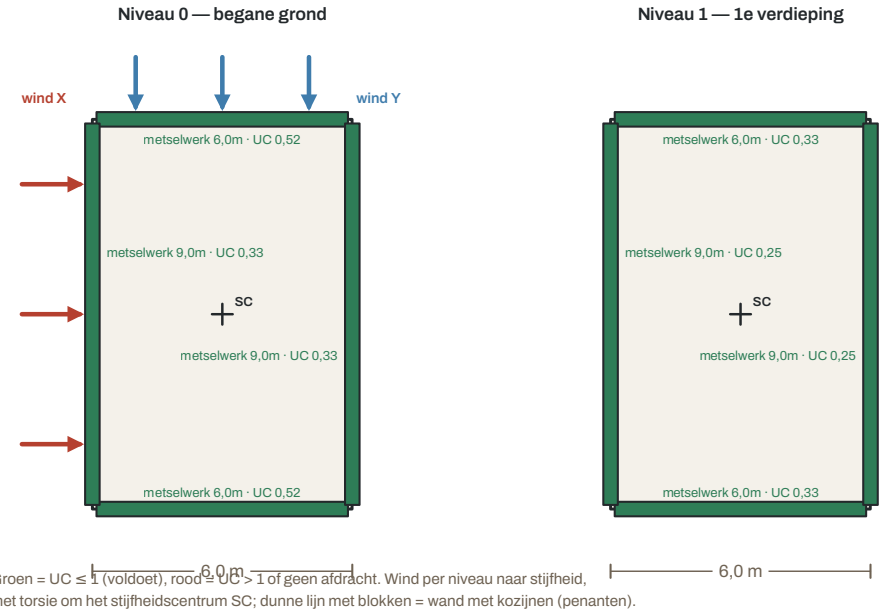
Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Schematisering	Aansluiting op de bestaande/aangrenzende constructie

4.6. Stabiliteit onder windbelasting — Per niveau — Windstabiliteit vrijstaande woning

Toepassing: Windstabiliteit vrijstaande woning — schijveninventarisatie PER NIVEAU + verdeling naar stijfheid; schijven = de dragende buitengevels (2 eigen zijgevels).

Stabiliteitsvoorzieningen per niveau (plattegrond)

Windstabiliteit vrijstaande woning — schijveninventarisatie PER NIVEAU + verdeling naar stijfheid; schi...



Groen = UC ≤ 1 (voldoet), rood = UC > 1 of geen afdracht. Wind per niveau naar stijfheid, met torsie om het stijfheidscentrum SC; dunne lijn met blokken = wand met kozijnen (penanten).

Profiel stabiliteit OK (UC 0,52) · UC_max 0,52 voldoet

VOORBEELD

Aannames

- **GEVELVLAK BOVEN HET BOVENSTE VLOERNIVEAU meegerekend:** 19,0 m² (x-richting) resp. 32,6 m² (y-richting), GEMETEN oppervlak (opgegeven). Die windkracht grijpt aan op het bovenste vloerniveau en werkt door in de schuif van alle onderliggende niveaus; conservatief op BEIDE richtingen aangebracht (welke gevels loodrecht op de nok staan is hier niet bekend).
- PER NIVEAU wordt de CUMULATIEVE verdiepingsschuif (alle verdiepingen erboven) over de stabiliteitsschijven verdeeld NAAR STIJFHEID (NEN-EN 1996-1-1 §5.5.3(1) en (5)): $k = 1/(h^3/(c \cdot E \cdot I) + 1{,}2 \cdot h/(G \cdot A))$, buiging + afschuiving, c = 12 ingeklemd tussen de vloeren (een penant: tussen latei- en borstweringzone), c = 3 uitkragend; $E = K_E \cdot f_k = 700 \times 4{,}51$ N/mm² (kalkzandsteen CS12 met gewone mortel (geen steen opgegeven); K_E 700 zoals de NL rekenpraktijk, de EN beveelt 1000 aan: voor de verdeling valt E weg), $G = 0{,}4 \cdot E$ (§3.7.3); beton en HSB met de verhouding 3,0 en 0,4 tegenover metselwerk. Een dichte wand rekent over de verdiepingshoogte, een wand met kozijnen als de som van zijn penanten. Zonder meewerkende flenzen van aansluitende wanden (§5.5.3(2)-(4)): aan de veilige kant.
- **TORSIE (§5.5.3(6), star vloerschijf):** per niveau het STIJFHEIDSCENTRUM van alle schijven en de polaire stijfheid $J = \Sigma k \cdot r^2$ over beide richtingen; de windresultante grijpt aan in het midden van de gevel. Kracht per schijf $F = V \cdot k/\Sigma k + T \cdot k \cdot r/J$ (r met teken: de schijf aan de stijve kant wordt ontlast), en de schijven loodrecht op de wind krijgen $T \cdot k \cdot r/J$. Daarnaast de asymmetrische wind van NEN-EN 1991-1-4 §7.1.2(2) figuur 7.1 (zone D als driehoek): F x 0,692 met een moment $0{,}0513 \cdot b \cdot F$ om het midden, aan beide kanten (aanbevolen procedure, NL NB niet geverifieerd). Per schijf telt het zwaarste van de drie gevallen.

- **NIET BESCHOUWD:** kozijnen en andere openingen in de stabiliteitswanden; elke wand is als dichte wand gerekend. AANDACHTSPUNT: een gevel met kozijnen draagt de wind via de penanten ertussen, en die zijn slapper en zwakker dan een dichte wand (NEN-EN 1996-1-1 §6.2: alleen de gedrukte lengte telt). Geef per wand de penanten op (veld 'penanten', bv. 'y0 q15: 1,2 × 2,3@0 2,0 × 2,3@3': lengte x kozijnhoogte @ begin in m, q = de permanente lijnlast op de penanten); dan rekent de tool per penant.

Toetsing

Windkracht per verdieping: X 22,70 kN, Y 15,20 kN. Per niveau wordt de CUMULATIEVE verdiepingsschuif over de schijven verdeeld NAAR STIJFHEID (buiging + afschuiving, NEN-EN 1996-1-1 §5.5.3), met de torsie om het stijfheidscentrum; per dichte schijf v_{Ed} = V_schijf/L vs v_{Rd}, een wand met kozijnen per penant (§6.2). De schijfindeling volgt de dragende wanden van het 3D-model. Niveau 0: stijfheidscentrum x = 3,00 m, y = 4,50 m; excentriciteit van de wind X 0,00 m, Y 0,00 m; torsie T = V·e X 0,00 kNm, Y 0,00 kNm; figuur 7.1 (NEN-EN 1991-1-4 §7.1.2) X 28,90 kNm, Y 18,40 kNm. Niveau 1: stijfheidscentrum x = 3,00 m, y = 4,50 m; excentriciteit van de wind X 0,00 m, Y 0,00 m; torsie T = V·e X 0,00 kNm, Y 0,00 kNm; figuur 7.1 (NEN-EN 1991-1-4 §7.1.2) X 18,40 kNm, Y 13,70 kNm.

Toets	Optredend	Weerstand / grens / methode	UC	Oordeel
Niv.0 x-wand 0,00 m (metselwerk)	V_{Ed} 31,30 kN = v_{Ed} 5,21 kN/m (wind X, volle wind)	v_{Rd} 10,00 kN/m	0,52	voldoet
Niv.0 x-wand 9,00 m (metselwerk)	V_{Ed} 31,30 kN = v_{Ed} 5,21 kN/m (wind X, volle wind)	v_{Rd} 10,00 kN/m	0,52	voldoet
Niv.1 x-wand 0,00 m (metselwerk)	V_{Ed} 19,90 kN = v_{Ed} 3,32 kN/m (wind X, volle wind)	v_{Rd} 10,00 kN/m	0,33	voldoet
Niv.1 x-wand 9,00 m (metselwerk)	V_{Ed} 19,90 kN = v_{Ed} 3,32 kN/m (wind X, volle wind)	v_{Rd} 10,00 kN/m	0,33	voldoet
Niv.0 y-wand 0,00 m (metselwerk)	V_{Ed} 29,80 kN = v_{Ed} 3,32 kN/m (wind Y, volle wind)	v_{Rd} 10,00 kN/m	0,33	voldoet
Niv.0 y-wand 6,00 m (metselwerk)	V_{Ed} 29,80 kN = v_{Ed} 3,32 kN/m (wind Y, volle wind)	v_{Rd} 10,00 kN/m	0,33	voldoet
Niv.1 y-wand 0,00 m (metselwerk)	V_{Ed} 22,30 kN = v_{Ed} 2,47 kN/m (wind Y, volle wind)	v_{Rd} 10,00 kN/m	0,25	voldoet
Niv.1 y-wand 6,00 m (metselwerk)	V_{Ed} 22,30 kN = v_{Ed} 2,47 kN/m (wind Y, volle wind)	v_{Rd} 10,00 kN/m	0,25	voldoet

Resultaat: maatgevende benutting UC 0,52 — VOLDOET

Aandachtspunten

Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Niet beschouwd	Schijfindeling per niveau + vloer-schijfwerking + verankering van de schijven; torsie is MEEGENOMEN (stijfheidscentrum en figuur 7.1) maar de vloer-stijve-schijfaanname blijft reviewpunt; hold-down/verankering van de kantelende schijven (zie trekpaal-/anker-module).
Plattegrond	de schijfindeling per niveau (plattegrond) + de vloer-schijfwerking + de verankering van elke schijf op de fundering/vloeren tegen de werkelijke situatie; de betonschijf-capaciteit en de metselwerk-normaaldrukbijdrage van een dichte wand zijn conservatief ingevuld.

VOORBEELD

4.7. Hele constructie als één 3D-FEM-model (modeluitvoer — fem3d-solver)

De volledige berekening online (fem3d-solver)

Invoer, uitvoer en toetsing van dit model zijn hier volledig in te zien en na te rekenen in de rekentool waarmee het is doorgerekend — ook door de toetsende instantie, zonder account. Hieronder staan de modelgegevens en de conclusie.

https://statischeberekening.nl/berekening/G6vF8l8KT6f5QrLvNzBhKw/7

Modelgegevens

Gegeven	Waarde
Omhullende maten model (b × d × h)	6,00 × 9,00 × 8,20 m
Niveaus in het model	+0,00 · +2,80 · +5,60 · +8,20
Modelomvang	126 knopen · 68 staven · 83 vlakelementen
Belastinggevallen	Permanent (G) · Veranderlijk vloer (Q) · Wind +x (Wx) · Sneeuw dak (S) · Wind dwars +y (Wy) · Wind -x (Wx-) · Wind dwars -y (Wy-)
Gevolgklasse (model)	CC1

VOORBEELD

Toelichting op de schematisering

Onderwerp	Toelichting
Vloeren	Hele constructie als één 3D-FEM-model (dragende wanden/vloeren/dak als schijven) — reken door in de FEM3D-solver Begane-grondvloer IN het model: als VRIJDRAGENDE vloer over de kruipruimte gemodelleerd, opgelegd op het fundatiemetselwerk — zijn last loopt via de wandvoeten naar de fundatiestroken en via de binnenwandvoet naar de tussenfundering; waar een plaatfundatie ligt is die gebedde plaat zelf de begane-grondvloer.
Vloeren	AANNAME: Beton C30/37 van 160 mm (4,0 kN/m² eigen gewicht) — over de begane-grondvloer staat in de aangeleverde stukken niets, terwijl deze last rechtstreeks naar de wandvoeten, de fundering en de zettingsanalyse gaat.
Niet beschouwd	De kruipruimte of kelder als constructie is niet beschouwd.
Vloeren	OVERSPANNINGSRICHTING: elke vloer is als EENZIJDIG overspannende schijf gemodelleerd — de buigstijfheid dwars op de overspanning is 5% van die in de overspanningsrichting, zodat de vloer zich als een reeks parallelle balken gedraagt (systeem-/kanaalplaatvloer, houten balklaag).
Plattegrond	AANNAME, en zo is hij bepaald: per vloerveld de KORTSTE overspanning tussen de dragende lijnen die het model kent (de gevelvoetlijnen en de dragende binnenwanden uit de tekening), gemeten aan het veld zelf — niet afgeleid uit de verhouding van de plattegrond.
Vloeren	Is een vloerveld breder dan 8,0 m, dan is dat geen kamer meer maar binnenwerk dat niet in het model zit: die velden houden de isotrope schijf en worden hieronder met naam genoemd.
Niet beschouwd	NIET BESCHOUWD: hoeveel last elke funderingsstrook apart draagt — in dit model verdeelt de grond de last van het hele huis over alle muren samen, waardoor de strook onder een dragende binnenmuur er lichter uitkomt dan hij in werkelijkheid draagt.
Vloeren	De fundering wordt daarom NIET op die verdeling gedimensioneerd: er wordt gerekend met de last die er volgens de overspanning van de vloeren echt op rust.
Aandachtspunt	AANDACHTSPUNT — FUNDATIESTROOK ONDER EEN DRAGENDE BINNENWAND: de N_{Ed} van de strook-/funderingsmodule is het MAXIMUM van de FEM-lijnlast en de TRIBUTAIRE lijnlast (de halve overspanning van elk aangrenzend vloerveld dat op die lijn afdraagt, over alle vloerniveaus, plus het eigen gewicht van de wand erboven); beide waarden en de opbouw staan in de toepassing van die module; de verdeling over de wandvoetlijnen volgt hier namelijk uit de WINKLER-BEDDING onder de wandvoeten en niet uit de overspanningsrichting, omdat de bovenbouw als doorgaande schijvenbak veel stijver is dan de grondveren; GEMETEN (8,0 × 9,0 m, dragende binnenwand in het midden, headless fem3d): van 100 kN die rechtstreeks op de voetlijn van die binnenwand wordt gezet komt daar 27 kN terug — de rest verdeelt zich over alle wandvoetlijnen naar rato van hun beddingstijfheid — en de tussenfundering krijgt 13,20 kN/m1 van de vloerlast tegen 33,24 kN/m1 tributair.

Onderwerp	Toelichting
Vloeren	Overspanningsrichting vastgesteld voor 35 van de 35 vloervelden (overspanning 6,0 m).
Niet beschouwd	NIET BESCHOUWD: de toeslag voor lichte scheidingswanden op de vloeren (0,8 kN/m²) zit niet in de vloerlast van dit 3D-model.
Aandachtspunt	AANDACHTSPUNT: NEN-EN 1991-1-1 6.3.1.2(8) — de deterministische modules (draagmuur/ doorbraak) rekenen die toeslag wel; de vloerlast in dit model is daarmee 0,8 kN/m² aan de lichte kant voor de wand- en vloertoetsen.

Het rekenmodel is met deze schematisering en belasting doorgerekend.

Oordeel uit de solver (de volledige uitvoer staat achter de link): Knikvorm/α_cr en eigenfrequenties: NIET BESCHOUWD — model 9306 vrijheidsgraden > drempel 900; de stabiliteit is apart beoordeeld (zie de stabiliteits-/ funderingsmodules)

Maatgevende unity check UC = 0,84 — voldoet (indicatief; de constructeur verifieert de schematisering). NIET BESCHOUWD: de metselwerktoets kijkt naar de verticale druk in de wand. Of een wand kan bezwijken doordat hij ZIJDELINGS wordt gebogen (winddruk haaks op het vlak) is hier niet nagerekend; dat is een aparte toets die de constructeur uitvoert waar hij van belang is. AANDACHTSPUNT — buiging om de ZWAKKE as (NEN-EN 1996-1-1 §6.3, f_{xk2}) valt buiten §6.1.2: die toetst N_{Ed} met de excentriciteit IN de richting van N_{Ed}, uit dezelfde doorsnede en combinatie. Het momentdeel loodrecht daarop is in dit model niet getoetst.

Aandachtspunt — de constructeur bevestigt de schematisering, steunpunten en uitkomsten van dit solvermodel bij de goedkeuring.

VOORBEELD

Constructieberekening – 3D FEM (staven + platen)

gegeven	waarde
Gevolgklasse	CC1
Rekenmethode	directe stijfheidsmethode, 6 vrijheidsgraden per knoop
Omvang model	126 knopen, 68 staven

Knopen: 126 totaal, waarvan 68 opgelegd (68× T2R3 (vast: ux, uy, rx, ry, rz)) en 20 met een knooplast. 68 voetknopen dragen verticaal op een grondveer (Winkler-bedding), beddingsconstante k = 3797–6900 kN/m per knoop; de berekende zakking hangt rechtstreeks aan die waarde. De knoop- en elementuitvoer per stuk (coördinaten, opleggingen, id-reeksen) staat in de online berekening; die is met alle invoer en uitvoer in te zien via de link bij dit model.

Staven (identieke gegroepeerd)

aantal	profiel	materiaal	type	scharnier i / j
68	Strook 600 × 200	Beton C30/37	normaal	vast / vast

Stramien

as	maatvoering [m]
X-as	A (0,00) · B (6,00)
Y-as	1 (0,00) · 2 (9,00)
Z-niveau	+0,00 · +2,80 · +5,60 · +8,20

Knooplasten per belastinggeval [kN, kNm]

geval	component	knopen	kleinste	grootste	som
Wind +x (Wx)	Fx	18	0,09	8,63	42,5
Wind -x (Wx-)	Fx	18	-8,63	-0,09	-42,5

Wind dwars +y (Wy)	Fy	4	5,75	5,75	23,0
Wind dwars -y (Wy-)	Fy	4	-5,75	-5,75	-23,0

Per belastinggeval en richting: het aantal belaste knopen, de bandbreedte per knoop en de SOM (de som is tevens de evenwichtscontrole tegen de oplegreacties). De waarde per afzonderlijke knoop staat in de online berekening; op het beeld hieronder is te zien waar ze aangrijpen.

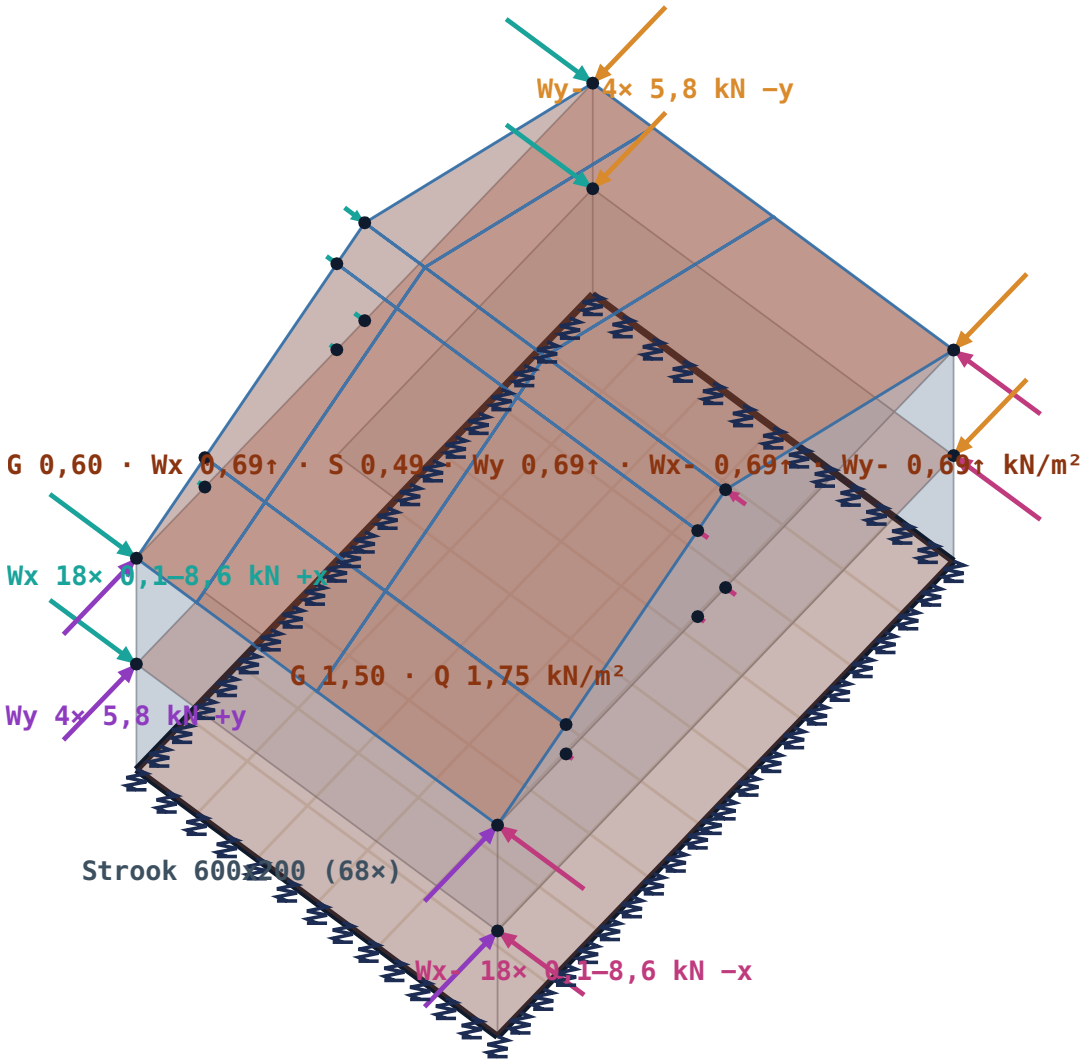
Oppervlaktelasten op de vlakken [kN/m²]

q	richting	belastinggeval	constructievlakken	deelvlakken	o.a.
1,50	omlaag (–z)	Permanent (G)	3	35	begane grondvloer, vloer 1e verdieping, vloer 2e verdieping
1,75	omlaag (–z)	Veranderlijk vloer (Q)	3	35	begane grondvloer, vloer 1e verdieping, vloer 2e verdieping
0,60	omlaag (–z)	Permanent (G)	2	12	dakschild 1 (30°, richting –y), dakschild 2 (30°, richting +y)
0,69	opwaarts (+z)	Wind +x (Wx)	2	12	dakschild 1 (30°, richting –y), dakschild 2 (30°, richting +y)
0,49	omlaag (–z)	Sneeuw dak (S)	2	12	dakschild 1 (30°, richting –y), dakschild 2 (30°, richting +y)
0,69	opwaarts (+z)	Wind dwars +y (Wy)	2	12	dakschild 1 (30°, richting –y), dakschild 2 (30°, richting +y)
0,69	opwaarts (+z)	Wind -x (Wx-)	2	12	dakschild 1 (30°, richting –y), dakschild 2 (30°, richting +y)
0,69	opwaarts (+z)	Wind dwars -y (Wy-)	2	12	dakschild 1 (30°, richting –y), dakschild 2 (30°, richting +y)

Oppervlaktelast gegroepeerd op WAARDE en richting (verticaal: positieve q werkt omlaag in –z; ⊥ op het vlak: de last staat loodrecht op dát vlak, zoals winddruk op een gevel): 8 verschillende last(en) over 18 constructievlakken en 142 deelvlakken. Welke last op wélk vlak staat, is af te lezen op het 3D-modelaanzicht hieronder (zelfde bron, zelfde getallen) en volledig in te zien in de online berekening. Het eigen gewicht van de schijven/staven rekent de solver daarnaast zelf mee (permanente last).

VOORBEELD

Aangehouden belasting op het model (knoop-, staaf- en oppervlaktelasten)



max verplaatsing 11,89 mm
totale verticale reactie 2303,9 kN

belastinggeval	aangehouden belasting in het model
Permanent (G)	eigen gewicht constructie · 0,60–1,50 kN/m² op vlak (omlaag)
Veranderlijk vloer (Q)	1,75 kN/m² op vlak (omlaag)
Wind +x (Wx)	0,69 kN/m² op vlak (opwaarts) · 18× 0,1–8,6 kN knooplast +x
Sneeuw dak (S)	0,49 kN/m² op vlak (omlaag)
Wind dwars +y (Wy)	0,69 kN/m² op vlak (opwaarts) · 4× 5,8 kN knooplast +y
Wind -x (Wx-)	0,69 kN/m² op vlak (opwaarts) · 18× 0,1–8,6 kN knooplast −x
Wind dwars -y (Wy-)	0,69 kN/m² op vlak (opwaarts) · 4× 5,8 kN knooplast −y

De belastinggevallen staan TEGELIJK in het beeld hierboven, elk in zijn eigen kleur; de code tussen haakjes achter de naam is het label bij de pijlen en bij de belaste vlakken. Oranje vlaktint = de last DRUKT op het vlak (neerwaarts, of loodrecht op een gevel), blauw = hij trekt eraf (zuiging); een oranje vlak met blauwe omranding draagt beide. In het label achter een belastinggeval betekent ↑ dat die last op dat vlak OPWAARTS werkt (windzuiging), ↕ dat hij in

VOORBEELD

beide richtingen voorkomt en → dat hij HORIZONTAAL staat, loodrecht op dat vlak (winddruk op een gevel). Een lijnlast is getekend als GEVULDE STROOK tussen de staaf en de lastlijn; de pijlen erover geven de richting. De pijlLENGTE is per belastinggeval geschaald op de zwaarste last van dat geval, en apart voor kN en kN/m — pijlen van VERSCHILLENDE gevallen of eenheden zijn dus niet onderling te vergelijken. De grootte staat bij de pijl en in deze tabel. De combinaties met hun factoren staan bij "Belastingcombinaties".

Belastinggevallen

geval	soort	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Permanent (G)	permanent	1,00	1,00	1,00
Veranderlijk vloer (Q)	veranderlijk	0,40	0,50	0,30
Wind +x (Wx)	veranderlijk	0,00	0,20	0,00
Sneeuw dak (S)	veranderlijk	0,00	0,20	0,00
Wind dwars +y (Wy)	veranderlijk	0,00	0,20	0,00
Wind -x (Wx-)	veranderlijk	0,00	0,20	0,00
Wind dwars -y (Wy-)	veranderlijk	0,00	0,20	0,00

Samenvatting resultaten

grootheid	waarde	toelichting
Maximale vervorming	11,9 mm	uz (verticaal), plaatknoop 555 (resultante 11,9 mm)
Maximale vervorming t.o.v. de fundering	6,3 mm	uz (verticaal), plaatknoop 555 — zonder bodemzetting: de starre zakking en scheefstand van het gebouw op de grondveren zijn eruit gerekend
Verticale oplegreactie ΣRz	2303,9 kN	opwaarts +; gelijk aan de totale neerwaartse belasting (evenwichtscontrole). Maatgevende UGT-combinatie: 6.10a
Horizontale afdracht (basisschuif)	57,4 kN	ΣH over de MAATGEVENDE UGT-combinatie (windcombinatie): ΣRx=57,4 kN, ΣRy=0,0 kN. Dit is de kracht die de fundering op glijden en verankering moet opnemen.
Horizontale oplegreactie — getoonde combinatie	0,0 kN	ΣRx=0,0 kN, ΣRy=0,0 kN in de HIER getoonde combinatie — die bevat niet altijd wind; de regel hierboven is maatgevend.
Max. plaatbuigspanning	9,6 N/mm²	extreme vezel σ=6·m/h², vloer 1e verdieping (h=260 mm) — 6.10b · Q leid.
Max. schijf(membraan)spanning	0,80 N/mm²	druk, in-vlak σ=n/h, langsgevel x = 6,00 m (h=100 mm) — 6.10b · W leid.

ΣRz is de som van alle verticale oplegreacties; die is per evenwicht gelijk aan de totale neerwaartse belasting (eigen gewicht + opgelegde lasten). De membraan-/in-vlakspanning van schijven volgt nu WÉL uit de solve (membraan-krachtenrecovery: n=h·C·ε met dezelfde B-matrix als de schaalstijfheid) en is als σ=n/h opgenomen — indicatief, de constructeur verifieert.

Wandvoetlasten per wand-voetlijn [kN/m]

lijn	wand	bereik	lengte [m]	gem. [kN/m]	piek [kN/m]	totaal [kN]
3	langsgevel x = 0,00 m	y = 0,00 – 9,00 m	9,00	77,0	81,0	693,4
2	kopgevel y = 9,00 m	x = 0,00 – 6,00 m	6,00	76,6	78,8	459,6
1	kopgevel y = 0,00 m	x = 0,00 – 6,00 m	6,00	76,3	78,5	457,8
4	langsgevel x = 6,00 m	y = 0,00 – 9,00 m	9,00	77,0	77,3	693,1

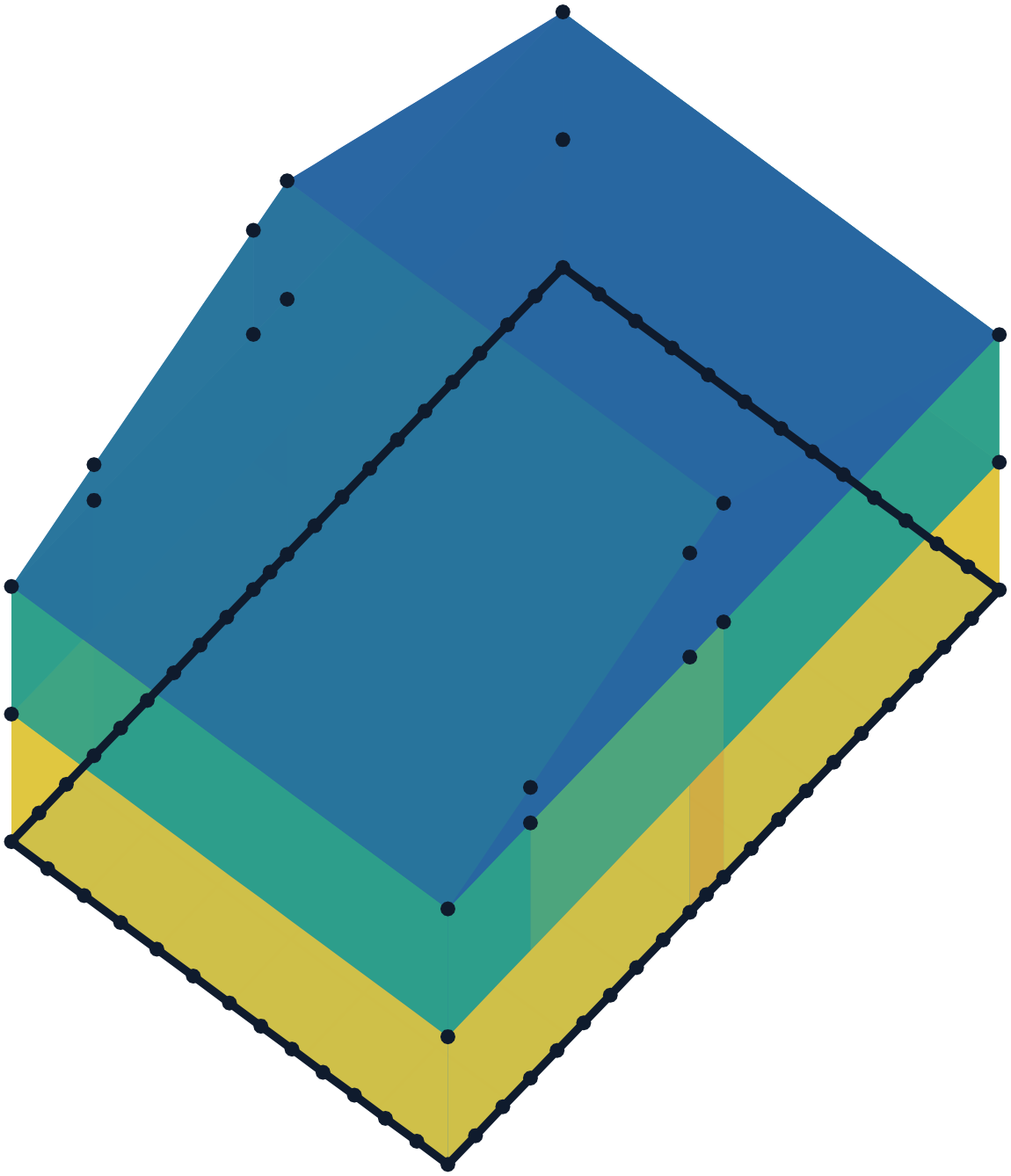
Verticale oplegreactie per wand-voetlijn: elke basisknoop is gekoppeld aan de voet van zijn wand-constructievlak en omgerekend naar lijnlast (gemiddeld = totaal/lengte; piek uit de tributaire knooplengte). Hoek-/kruisingsknopen

VOORBEELD

tellen 50/50 mee in beide rakende wanden; een gat in de knopenrij (> 2× de mediane knoopafstand) splitst de lijn en segmenten met < 3 knopen vallen fail-closed terug op puntsteunen. Knopen zonder wand (kolomvoeten) staan apart als puntsteun. Som lijnen = 2303,9 kN, ΣRz = 2303,9 kN (verticaal evenwicht klopt). Indicatief; de constructeur verifieert.

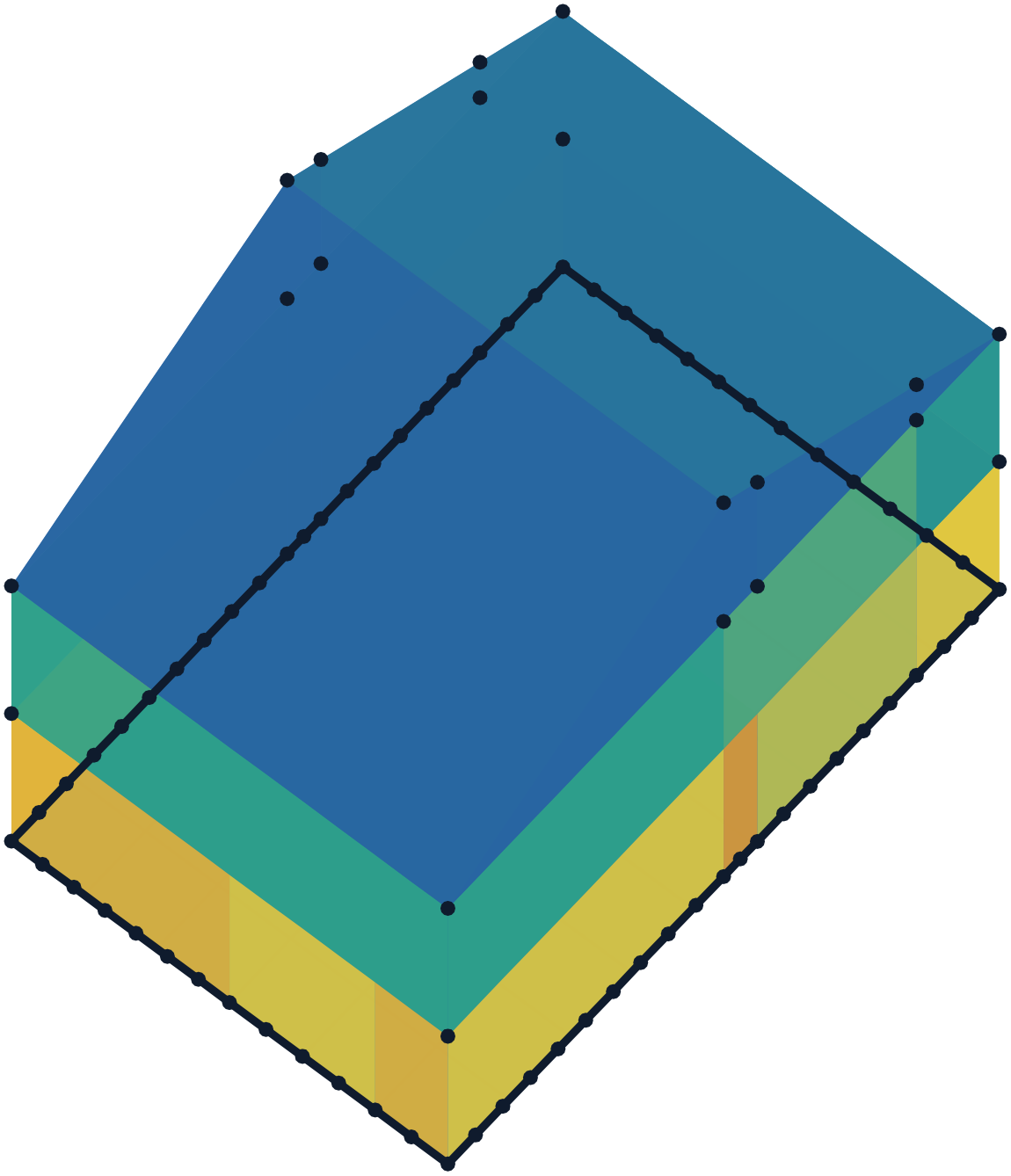
VOORBEELD

Indicatieve UC per constructievlak — aanzicht 1 (rood = UC > 1,00)



VOORBEELD

Indicatieve UC per constructievlak — aanzicht 2, tegenoverliggende zijde



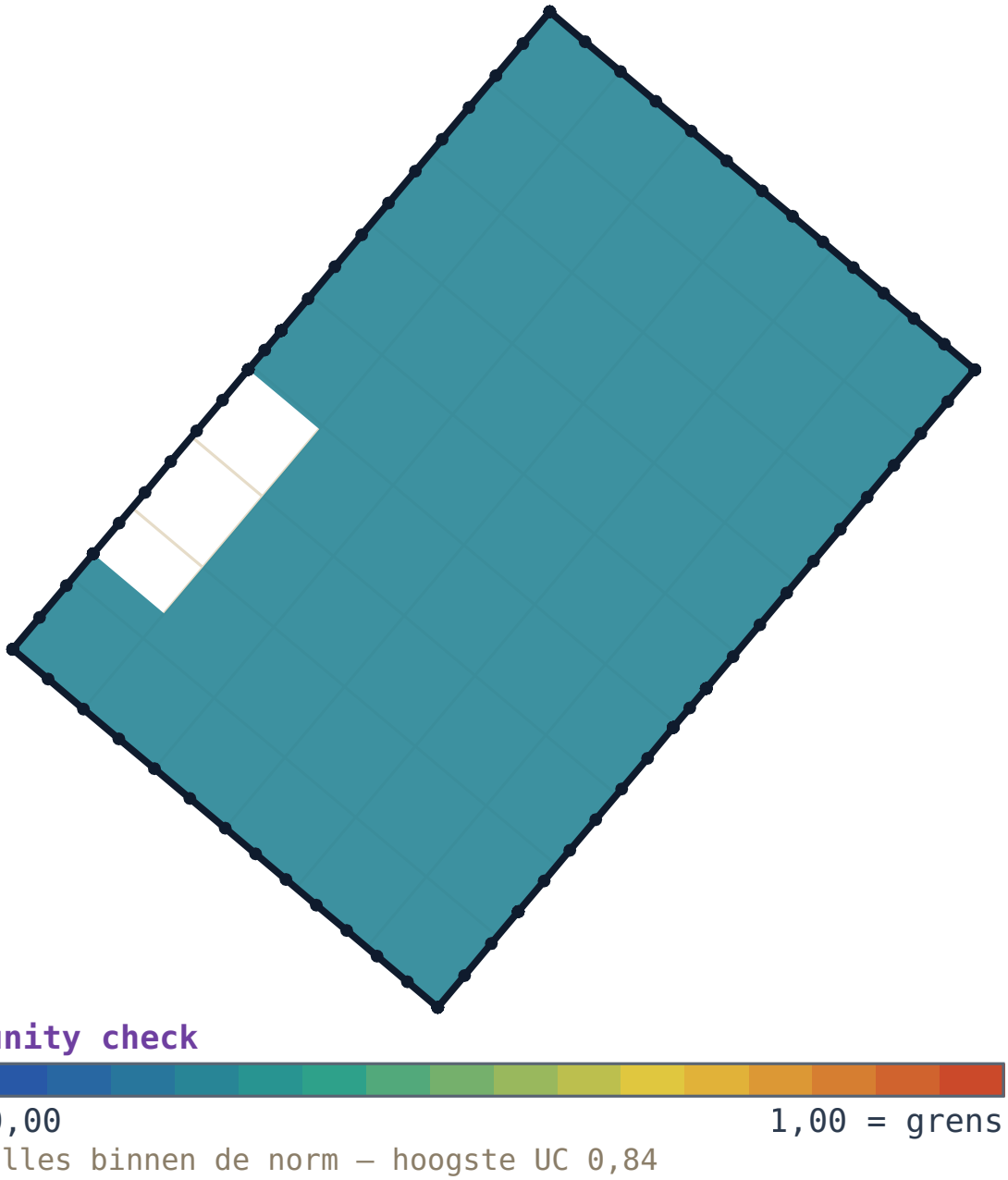
VOORBEELD

unity check

0,00 1,00 = grens

alles binnen de norm — hoogste UC 0,84

Indicatieve UC per constructievlak — bovenaanzicht, zwaarst belast horizontaal niveau z = 2,80 m (vloer 1e verdieping, UC 0,24)



maatgevend vlak	toets	waarde	grens	UC
langsgevel x = 0,00 m (l = 9,0 m · h = 8,2 m)	metselwerk NEN-EN 1996-1-1 §6.1.2: $N_{Ed} \leq \Phi \cdot f_d \cdot t$ (Kalkzandsteen CS12, f_d = 2,18 N/mm², t = 100 mm, λ = 21,0, Φ = 0,39, e = 10 mm) [1]	N_{Ed} = 71,2 kN/m	N_{Rd} = 84,6 kN/m	0,84

[1] N_{Ed} = VERTICALE druk, gemiddeld over de maatgevende HORIZONTALE DOORSNEDE van de wand (§6.1.2 toetst een doorsnede, geen spanningspiek in één punt); in-het-vlak afschuiving valt onder §6.2 en wordt in de stabiliteitsmodule getoetst ($f_{vk0} + 0{,}4 \cdot \sigma_d$). M = het momentdeel in de richting van N_{Ed} uit DIEZELFDE doorsnede en combinatie, zodat e = M/N bij één evenwichtstoestand hoort (§6.1.2 (6.6)); het momentdeel LOODRECHT daarop is buiging om de zwakke as (§6.3, f_{xk2}) en is in dit model NIET getoetst.

VOORBEELD

Alle 12 getoetste constructievlakken voldoen; het zwaarst belaste staat hierboven. De UC per afzonderlijk vlak is af te lezen uit de figuur en volledig in te zien in de online berekening.

8 vlakken met geringe trek in het vlak ($\sigma_t < 0{,}5$ N/mm², ruim onder de betontreksterkte) — geen aparte beoordeling nodig.

Doorbuiging uit de BGT-omhullende t.o.v. L/250 (L per vlak in de tabel). Wanddruk $\sigma = |n|/h + 6 \cdot |m|/h^2$ uit de UGT-omhullende t.o.v. $f_{cd} = 20$ N/mm² (C30/37). Bij de metselwerkwanden zijn N_{Ed} en M de over de maatgevende HORIZONTALE DOORSNEDE gemiddelde waarden uit dezelfde combinatie (§6.1.2); die u.c. blijft INDICATIEF — de geverifieerde wandtoets loopt via de penant-/wandmodule. Indicatief — de constructeur verifieert; dit vervangt geen toetsing.

Eurocode-combinaties (NEN-EN 1990, CC1)

Berekeningswijze: eerste orde (lineair).

grenstoestand	combinatie	factoren
UGT	6.10a	1,22·G + 0,54·Q
UGT	6.10a · alleen G	1,22·G
UGT	6.10b · Q leid.	1,08·G + 1,35·Q
UGT	6.10b · W leid.	1,08·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid., ov.Q=0	1,08·G + 1,35·W
UGT	6.10b · S leid.	1,08·G + 0,54·Q + 1,35·S
UGT	6.10b · S leid., ov.Q=0	1,08·G + 1,35·S
UGT	6.10b · W leid.	1,08·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid., ov.Q=0	1,08·G + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid.	1,08·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid., ov.Q=0	1,08·G + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid.	1,08·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	6.10b · W leid., ov.Q=0	1,08·G + 1,35·W
UGT	EQU · Q leid. (G gunst.)	0,90·G + 1,35·Q
UGT	EQU · W leid. (G gunst.)	0,90·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	EQU · W leid., ov.Q=0 (G gunst.)	0,90·G + 1,35·W
UGT	EQU · S leid. (G gunst.)	0,90·G + 0,54·Q + 1,35·S
UGT	EQU · S leid., ov.Q=0 (G gunst.)	0,90·G + 1,35·S
UGT	EQU · W leid. (G gunst.)	0,90·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	EQU · W leid., ov.Q=0 (G gunst.)	0,90·G + 1,35·W
UGT	EQU · W leid. (G gunst.)	0,90·G + 0,54·Q + 1,35·W
UGT	EQU · W leid., ov.Q=0 (G gunst.)	0,90·G + 1,35·W
UGT	EQU · W leid. (G gunst.)	0,90·G + 0,54·Q + 1,35·W

(de 24 zwaarste van de 38 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

Maatgevende omhullende per staaf (UGT) — zwaarst belaste staven

staaf	N[kN]	Vy[kN]	Vz[kN]	My[kNm]	Mz[kNm]	maatgevend
55	0,0	0,0	17,7	3,7	0,0	6.10b · W leid. (Vy)

VOORBEELD

54	0,0	0,0	17,7	3,7	0,0	6.10b · W leid. (Vz)
68	0,0	0,0	17,2	3,6	0,0	6.10b · W leid. (Vz)
67	0,0	0,0	17,2	3,6	0,0	6.10b · W leid. (Vz)
53	0,0	0,0	16,8	3,5	0,0	6.10b · W leid. (Vz)

(de 6 zwaarste van de 21 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

48 staven met lagere waarden zijn hier weggelaten; de tabel toont de maatgevende gevallen, gesorteerd op zwaarte. Het volledige resultaat per knoop/staaf staat in de rekenmodule (3D-FEM-solver).

Toetsing — unity-checks (BGT doorbuiging L/250)

Resultaat toetsing: sterktetoets NIET UITGEVOERD voor deze staven (materiaaltoets uitgeschakeld), hoogste UC doorbuiging = 0,00. De constructie VOLDOET aan de getoetste doorbuigingseisen.

Getoond: de 20 staven met de hoogste unity-checks (aflopend).

staaf	mat.	UC δ	L/δ
55	Beton C30/37	0,00	L/620512
24	Beton C30/37	0,00	L/627010
54	Beton C30/37	0,00	L/634001
23	Beton C30/37	0,00	L/637756
68	Beton C30/37	0,00	L/643960

(de 6 zwaarste van de 21 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

48 staven met lagere waarden zijn hier weggelaten; de tabel toont de maatgevende gevallen, gesorteerd op zwaarte. Elke staaf die NIET voldoet (UC > 1,0) staat altijd in de tabel. Het volledige resultaat per knoop/staaf staat in de rekenmodule (3D-FEM-solver).

UC knik = N_c,Ed/N_b,Rd (§6.3.1, maatgevende as y/z; kniklengte L_{cr} per as ingevoerd, leeg = staaflengte). UC kip = M_Ed/M_b,Rd (§6.3.2, M_{cr} met C1, Iz/Iy, It, Iw). UC §6.3.3 = gecombineerde N-M-knik-interactie (vgl. 6.61/6.62).

Maatgevende uitkomsten

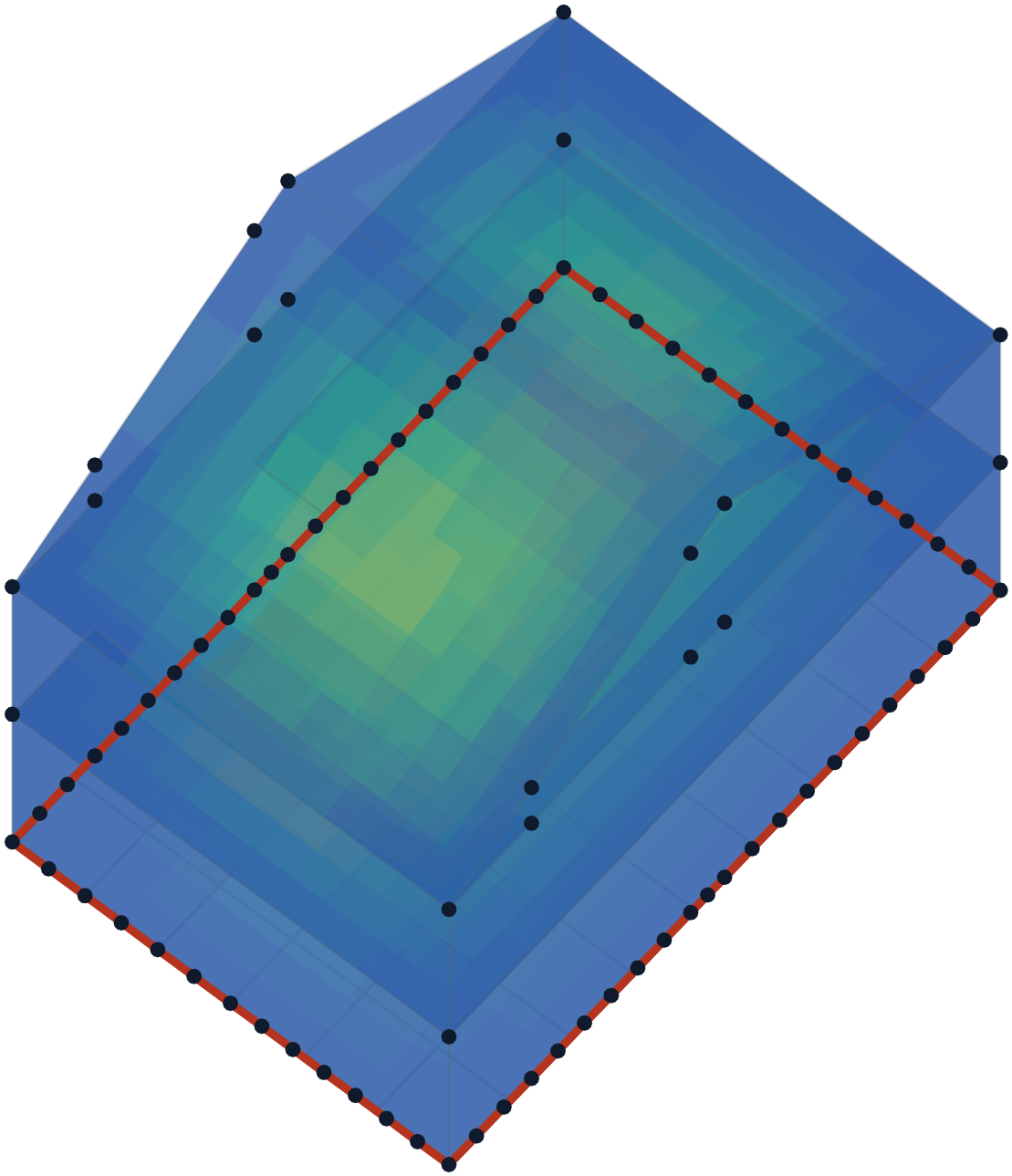
grootheid	waarde	waar
Maximale dwarskracht Vz	17,7 kN	staaf 55 — 6.10b · W leid.
Maximale moment My (sterke as)	3,7 kNm	staaf 55 — 6.10b · W leid.
Grootste verticale oplegreactie	38,3 kN	knoop 57 — Rx -2,7 · Ry -0,1 kN

Per grootheid de zwaarste waarde in het model over ALLE UGT-combinaties (de omhullende), met de staaf en de maatgevende combinatie waar hij optreedt. De volledige uitvoer per knoop, staaf en oplegging staat in de online berekening — daar is het model met alle invoer en uitvoer in te zien.

Grootste doorbuiging (getoond resultaat): 11,89 mm zakking in vloer 1e verdieping (dikte 260 mm). De doorbuiging per constructievlak staat in de online berekening.

VOORBEELD

3D-aanzicht: vervorming (zonder bodemzetting)



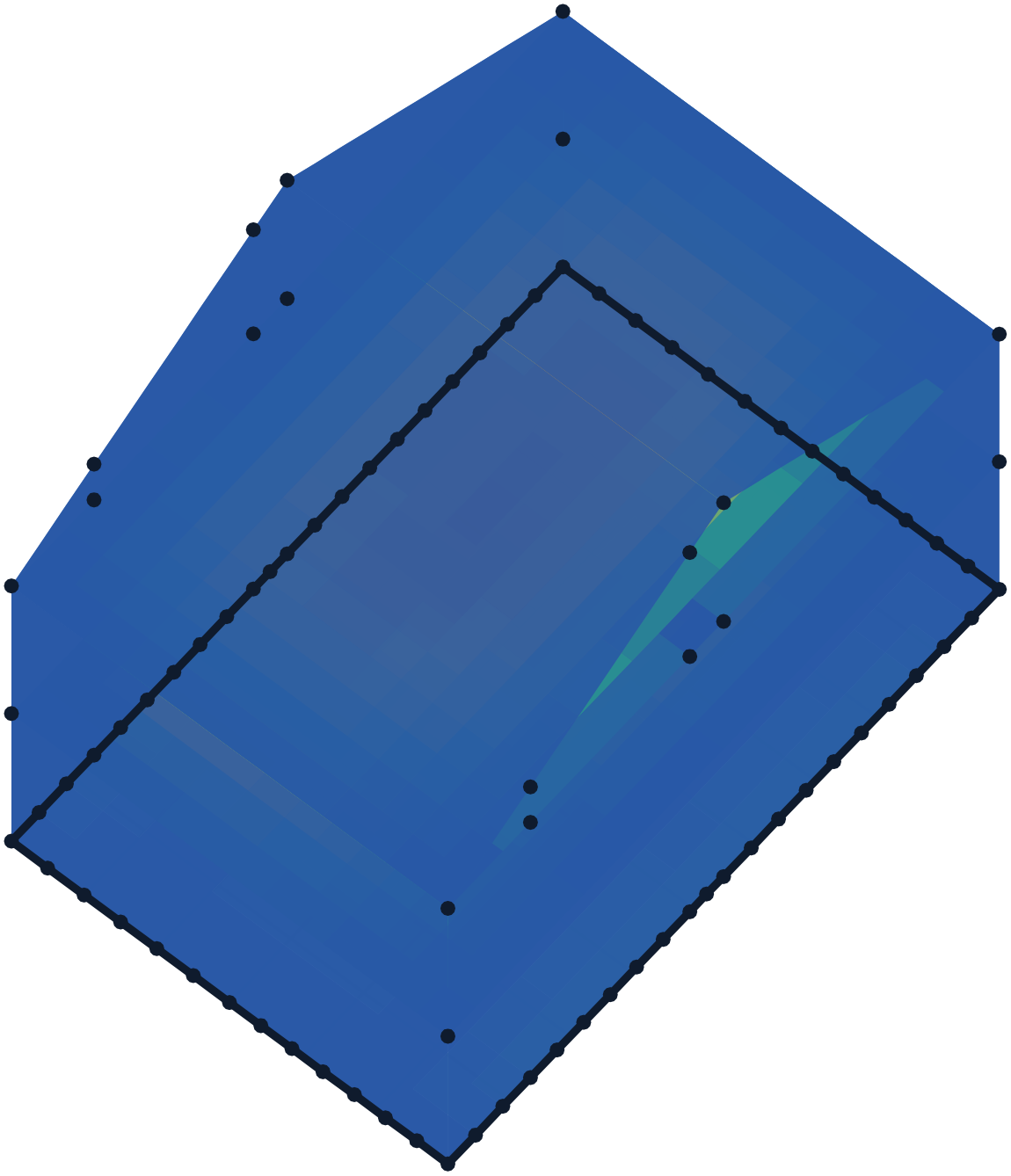
doorbuiging plaat

0,00 mm — 6,33 mm

rood = meeste zakking t.o.v. de fundering (zonder bodemzetting)

VOORBEELD

3D-aanzicht: plaatmoment m1 (hoofdmoment, contour)



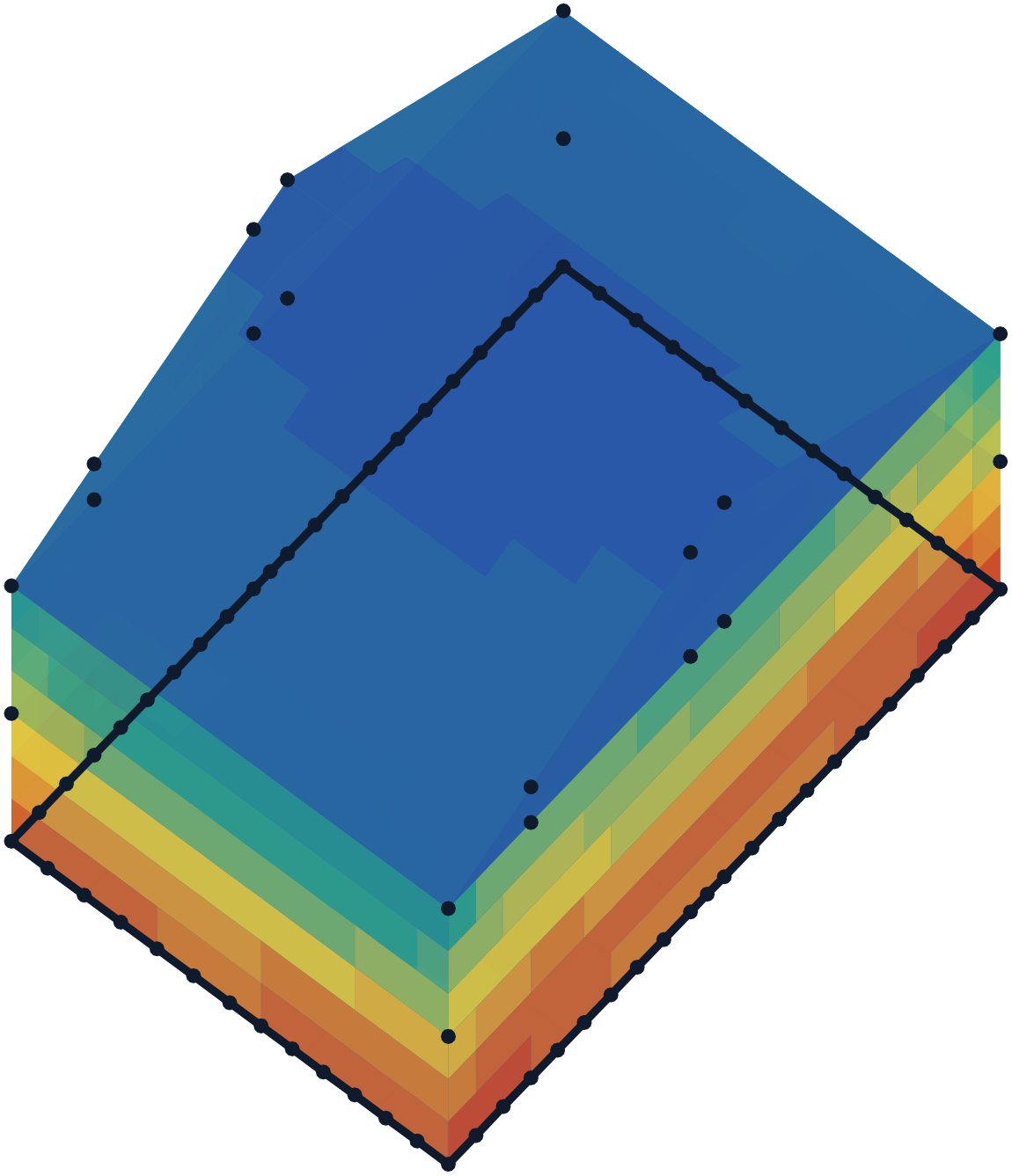
|m1| plaatmoment

0 54,3 kNm/m

bereik -16,5 … +54,3 kNm/m

VOORBEELD

3D-aanzicht: membraan-/schijfspanning σ = n/h (contour)



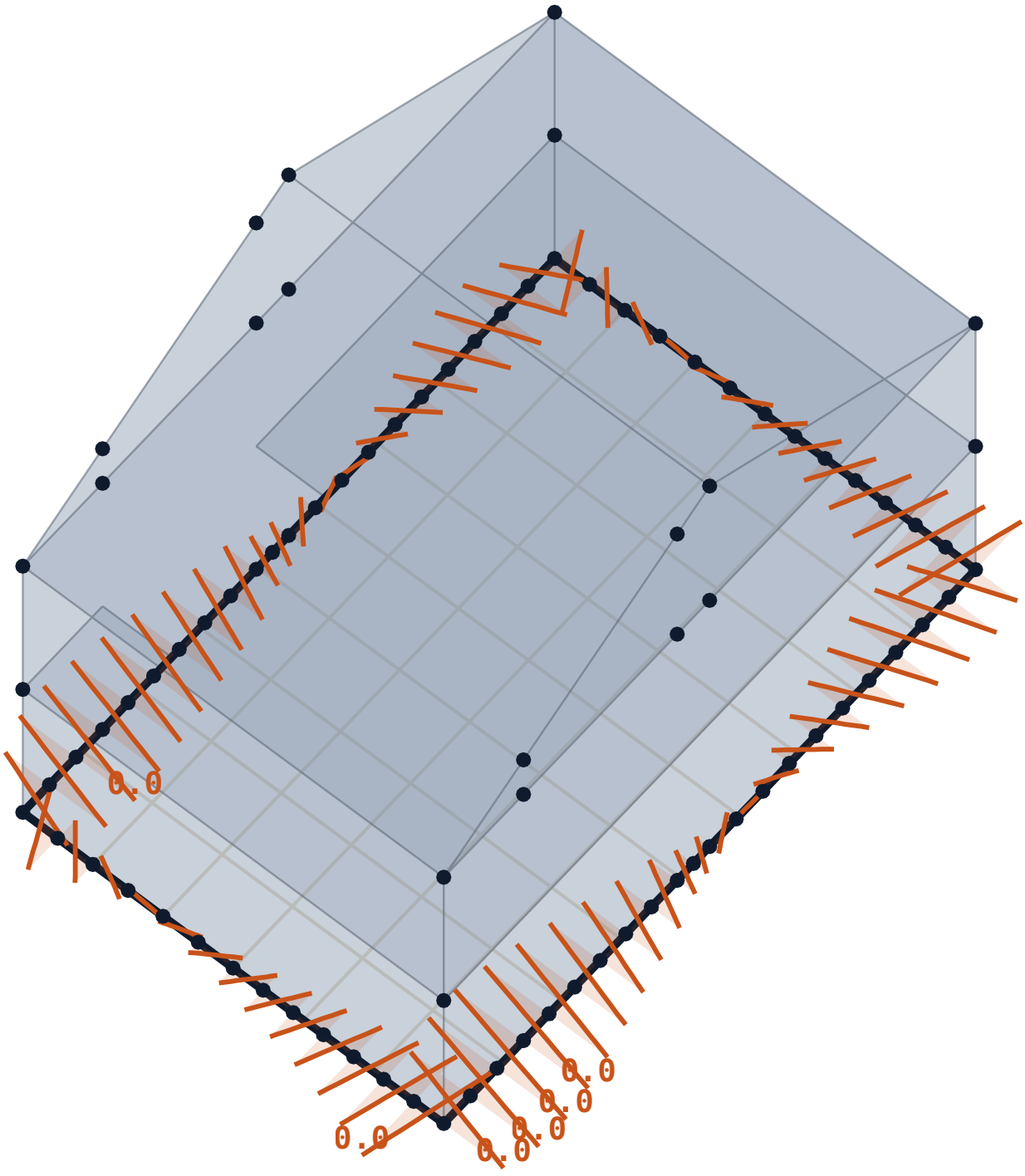
VOORBEELD

|σ| = |n|/h

0 0,67 N/mm²

bereik -0,67 (druk −) … +0,06

3D-aanzicht: moment Mz (zwakke as)



VOORBEELD

Niet als figuur opgenomen (wel in de rekenmodule doorgerekend en zichtbaar in de 3D-FEM-solver): 3D-aanzicht: moment My (sterke as); 3D-aanzicht: globaal moment Mg,XZ; 3D-aanzicht: globaal moment Mg,YZ.

4.8. Verdiepingsvloer (beton, 2D plaat-FEM) (modeluitvoer — fem-solver)

De volledige berekening online (fem-solver)

Invoer, uitvoer en toetsing van dit model zijn hier volledig in te zien en na te rekenen in de rekentool waarmee het is doorgerekend — ook door de toetsende instantie, zonder account. Hieronder staan de modelgegevens en de conclusie.

https://statischeberekening.nl/berekening/G6vF8l8KT6f5QrLvNzBhKw/9

Het rekenmodel is met deze schematisering en belasting doorgerekend.

Oordeel uit de solver (de volledige uitvoer staat achter de link): Niet beschouwd: scheurwijdtebeheersing (par. 7.3).

Maatgevende unity check UC = 0,98 — voldoet (indicatief; de constructeur verifieert de schematisering).

Toetsen uit het model (de grootste u.c. per soort):

- wapening (Wood-Armer): u.c. 0,98
- doorbuiging: u.c. 0,15
- slankheid l/d (7.4.2): u.c. 0,51
- dwarskracht wand 1: u.c. 0,36
- dwarskracht wand 2: u.c. 0,36

Aandachtspunt — de constructeur bevestigt de schematisering, steunpunten en uitkomsten van dit solvermodel bij de goedkeuring.

VOORBEELD

Vloerberekening — 2D plaat-FEM (MITC4)

gegeven	waarde
Projectnaam	Verdiepingsvloer (beton, 2D plaat — automatisch, VERIFIEER) — LET OP: sparing trapgat NIET in het plaatmodel (raveelconstructie = reviewpunt)
Gevolgklasse	CC1
Plaat	C30/37, h=260 mm, dekking 25 mm
Methode	Mindlin-Reissner plaatelement (MITC4), 805 elementen
Vloer	6 × 9 m

Toetsing — samenvatting

Resultaat: UC,max = 0,98 (wapening 0,98, doorbuiging 0,15, lijnschuif 0,36). De vloer VOLDOET aan de getoetste grenstoestanden.

Wapeningstoets (zone-bewust: basisnet + bijleg vs. benodigd, Wood-Armer NEN-EN 1992-1-1):

laag	basis + bijleg	aanwezig [mm²/m]	benodigd [mm²/m]	UC
x onder	Ø12-200	565	533	0,94
y onder	Ø10-200	393	328	0,84
x boven	Ø8-150	335	328	0,98
y boven	Ø8-150	335	328	0,98

Zone-bewuste toets: aanwezig = basisnet + bijleg waar het net tekortschiet (boven steunpunten). Benodigde As uit de maatgevende Wood-Armer-ontwerpmomenten over alle UGT-combinaties (incl. minimumwapening $A_{s,min}$=328 mm²/m). d_x=229 mm, d_y=218 mm.

Wapeningsadvies — basisnet + bijleg:

laag	basisnet	bijleg (zone)	tot. As [mm²/m]

x onder	Ø12-250	Ø8-250 (35%)	653
y onder	Ø10-200	—	393
x boven	Ø10-200	—	393
y boven	Ø10-200	—	393

Basisnet dekt de hele vloer; bijleg is extra wapening in de aangegeven zone (% = aandeel vloeroppervlak). Tot. As = basisnet + bijleg.

Doorbuiging (BGT)

Maximale doorbuiging 3,58 mm; grens L/250 = 24,0 mm (L = grootste veldmaat 6,00 m in x-richting (steunlijnen op 0,00 en 6,00 m)); UC = 0,15.

Elastisch-ongescheurd gerekend; KRUIP en de gescheurde stijfheid zijn NIET beschouwd — de bijkomende doorbuiging op lange termijn beoordeelt de constructeur afzonderlijk.

Dwarskracht langs lijnsteunen (NEN-EN 1992 §6.2.2)

steunlijn	v_{Ed} [kN/m]	$v_{Rd,c}$ [kN/m]	UC
wand 1 (eindoplegging)	42,7	118,1	0,36
wand 2 (eindoplegging)	42,7	118,1	0,36

Énrichtings-dwarskracht op d van de wandrand, zonder dwarswapening ($v_{Rd,c}$). Boven 1,0: plaat verzwaren of dwarskrachtwapening.

Wandeinden: de dwarskracht is daar een piek die met de maas groeit; getoetst is het gemiddelde over een cirkel met straal 2h, binnen de toetsband en gewogen naar oppervlak (wand 1 (0,00; 0,00) 58,8 → 42,7 kN/m · wand 2 (6,00; 0,00) 58,8 → 42,7 kN/m · wand 1 (0,00; 9,00) 58,8 → 42,7 kN/m · wand 2 (6,00; 9,00) 58,8 → 42,7 kN/m).

Eurocode-combinaties (NEN-EN 1990)

grenstoestand	combinatie
UGT	6.10a
UGT	6.10b · Q leid.
BGT	BGT kar. · Q

Lineair-elastische plaatanalyse. Wood-Armer voor scheve wapening. Knik/2e-orde n.v.t. voor vloeren. NIET beschouwd: scheurwijdtebeheersing (§7.3) — eigen gewicht plaat: aangenomen dat het in de opgegeven permanente belasting zit.

VOORBEELD

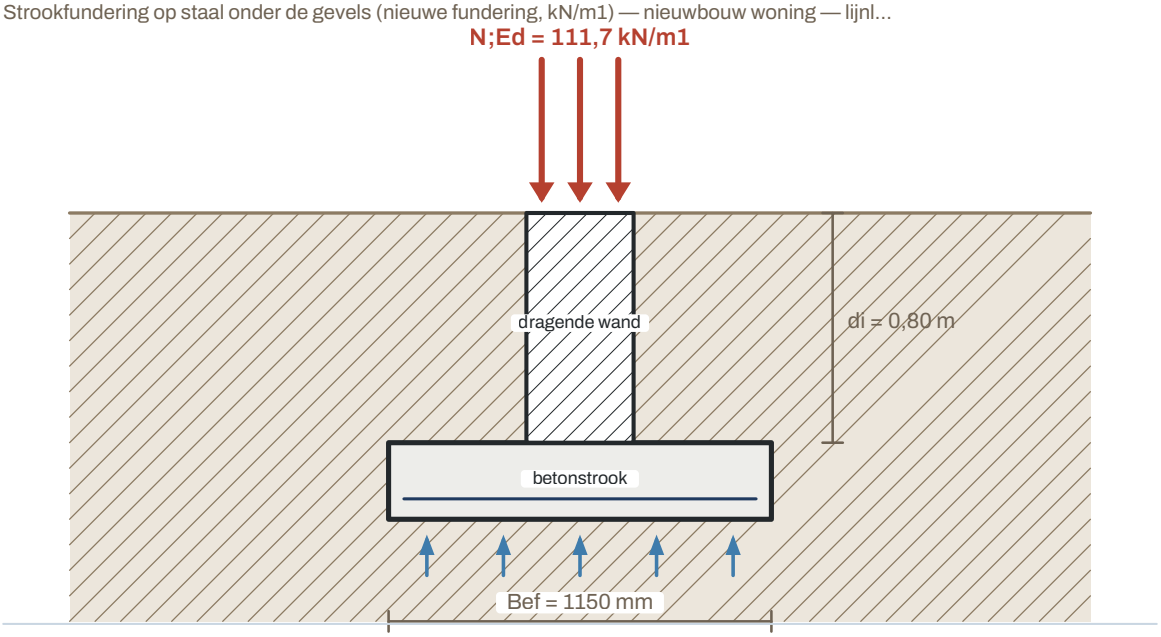
4.9. Fundering op staal — Strookfundering op staal

Toepassing

Onderwerp	Toelichting
Wanden	Strookfundering op staal onder de gevels (nieuwe fundering, kN/m1) — nieuwbouw woning — lijnlast uit het 3D-FEM-wandmodel: 111,7 kN/m1 (was 47,9 kN/m1) — FEM-wandvoetlast 81,0 kN/m1, tributaire ondergrens 111,7 kN/m1 — de TRIBUTAIRE waarde is maatgevend: de FEM-verdeling over de wandvoetlijnen volgt de Winkler-bedding onder die voeten en k_s is een schatting, dus voor het dimensioneren wordt niet op die herverdeling gerekend
Vloeren	TRIBUTAIR 111,7 kN/m1 op langsgevel x = 6,00 m (l = 9,00 m): vloer 90,7 + eigen gewicht wand 21,0 kN/m1; 3 vloerniveaus x 2,99 m tributaire breedte x 10,11 kN/m² (UGT 6.10a/b).
Niet beschouwd	NIET BESCHOUWD in deze tributaire waarde: dak, sneeuw, wind en het eigen gewicht van de staven — die zitten wel in de FEM-waarde, en van de twee wordt het maximum genomen
Aandachtspunt	glijden H/(V·μ) = 0,05 (H = 57,4 kN, V = 2303,9 kN, μ = 0,5 — indicatief, VERIFIEER met de grond) — VERIFIEER

Rekenmodel · strookfundering op staal

Strookfundering op staal onder de gevels (nieuwe fundering, kN/m1) — nieuwbouw woning — lijnl...



Profiel strook breedte 1150 mm · sigma'allow 100 kN/m2 · cap 115 kN/m1

maatgevend: Gronddraagkracht UC 0,97

voldoet

Aannames

- Fundering op staal (strook), gedraineerd, NEN-EN 1997-1 + NB. Ontwerplast N_{Ed} = 111,7 kN/m1.
- **Grond:** φ'_{rep} = 30,0 graden → $\varphi'_{e;d}$ = 26,7; $\gamma'_{e;d}$ = 16,2, $\gamma'_{sat;d}$ = 8,18 kN/m³; gronddekking di = 0,80 m.
- **Draagkrachtfactoren:** N_q = 12,72, N_γ = 11,77; begrensd door $\sigma'_{max;d}$ = 100 kN/m² (φ'-tabel NB).

Algemene gegevens		
Funderingstype	strookfundering op staal	
Afmeting	strook breedte 1150 mm	
Gronddekking	0,80	m
Rep. wrijvingshoek φ'	30,0	°

Belasting (ontwerp)		
Ontwerpnormaalkracht N_{Ed}	111,7	kN/m1

VOORBEELD

Draagvermogen grond (NEN-EN 1997-1)			
Toel. gronddruk σ_{allow}		100,0	kN/m²
Draagvermogen R		115,0	kN
Draagkrachtfactoren $N_q/N_\gamma/N_c$		12,7 / 11,8 / 23,3	
Toetsing · NEN-EN 1997-1 · draagvermogen op staal			
Draagvermogen grond $N_{Ed} \leq R$	111,7 / 115,0 kN	u.c. = **0,97**	**voldoet**

Toepassen: **strook breedte 1150 mm**	ULS u.c. **0,97** · SLS u.c. **n.v.t.** ✓ voldoet

VOORSTEL funderingswijze (bevestigen door constructeur): fundering OP STAAL, gekozen o.b.v. de sondering (zie Uitgangspunten, grondonderzoek); de grondparameters en de q_c-interpretatie bevestigt de constructeur hieronder.

Aandachtspunten

Onderwerp	Te bevestigen bij de goedkeuring
Aandachtspunt	de grondparameters (φ', gamma, grondwaterstand) zijn AANNAMES en moeten tegen de SONDERING/ het grondonderzoek worden geverifieerd; zettingen, excentriciteit/moment, horizontale belasting en de wapening van de funderingsbalk/poer blijven ter beoordeling van de constructeur.

VOORBEELD

4.10. Funderingsrooster onder de gevels (modeluitvoer — rooster-solver)

De volledige berekening online (rooster-solver)

Invoer, uitvoer en toetsing van dit model zijn hier volledig in te zien en na te rekenen in de rekentool waarmee het is doorgerekend — ook door de toetsende instantie, zonder account. Hieronder staan de modelgegevens en de conclusie.

https://statischeberekening.nl/berekening/G6vF8l8KT6f5QrLvNzBhKw/8

Modelgegevens

Gegeven	Waarde
Omhullende maten model (b × d)	6,00 × 9,00 m — vlak model, alles op één niveau
Modelomvang	10 knopen · 10 staven
Belastinggevallen	Permanent (bovenbouw) · Veranderlijk (vloeren)

Toelichting op de schematisering

Onderwerp	Toelichting
Wanden	Funderingsrooster onder de gevels (fundatiebalken/strook + grondsteun) — reken door in de rooster-solver

VOORBEELD

Het rekenmodel is met deze schematisering en belasting doorgerekend.

Maatgevende unity check UC = 0,48 — voldoet (indicatief; de constructeur verifieert de schematisering).

Toetsen uit het model (de grootste u.c. per soort):

- doorbuiging balk 1: u.c. 0,02
- doorbuiging balk 3: u.c. 0,01
- doorbuiging balk 6: u.c. 0,02
- doorbuiging balk 8: u.c. 0,01

Aandachtspunt — de constructeur bevestigt de schematisering, steunpunten en uitkomsten van dit solvermodel bij de goedkeuring.

Funderingsberekening balkenrooster — directe stijfheidsmethode

Rekentool: Balkenrooster (rooster-solver) · statischeberekening.nl/rooster

Automatisch gegenereerd rekendocument: de volledige invoer (knopen, balken, steunpunten, lasten per belastinggeval), alle Eurocode-combinaties met factoren, de omhullende resultaten en de 2D-/3D-viewerbeelden zijn opgenomen zodat de berekening zelfstandig verifieerbaar is. Lineair-elastische 1e-orde roosterberekening (buiging + torsie). Beoordeling door een constructeur blijft vereist.

Projectgegevens	
Projectnaam	Nieuwbouw woning — fundering (indicatief, VERIFIEER) — lijnlasten uit het 3D-FEM-wandmodel (VERIFIEER)
Gevolgklasse	CC1 (K_{FI} = 0,90)
Torsiefactor GJ	0.2 (alleen beton; staal/hout 1,0)
Eigengewicht-factor	-1 (–1 = 1× omlaag in het permanente geval; 0 = uit)
Toetsmodules	beton
Modelomvang	10 knopen · 10 balken · 2 belastinggevallen · 20 lasten

Belastinggevallen (NEN-EN 1990)

#	Naam	Soort	Categorie (ψ-type)	ψ_0	ψ_1	ψ_2
0	Permanent (bovenbouw)	permanent (G)	—	—	—	—
1	Veranderlijk (vloeren)	veranderlijk (Q)	Gebruik woning (opgelegd cat. A)	0,40	0,50	0,30

Eigengewicht van de balken zit automatisch in het permanente geval (factor -1; zie kolom e.g. in de balkentabel).

Belastingcombinaties met factoren (doorgerekend)

Grenstoestand	Combinatie	Factoren per belastinggeval
UGT	6.10a	1,22·G + 0,54·Q
UGT	6.10a · alleen G	1,22·G + 0,00·Q
UGT	6.10b · Q leid.	1,08·G + 1,35·Q
UGT	EQU · Q leid. (G gunst.)	0,90·G + 1,35·Q
UGT	EQU · alleen G	0,90·G + 0,00·Q
BGT	BGT kar. · Q leid.	1,00·G + 1,00·Q
BGT	BGT quasi-blijv.	1,00·G + 0,30·Q

UGT 6.10a: $1{,}35 \cdot K_{FI} \cdot G + 1{,}5 \cdot K_{FI} \cdot \psi_0 \cdot Q$. 6.10b: $0{,}89 \cdot 1{,}35 \cdot K_{FI} \cdot G + 1{,}5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{lead} + 1{,}5 \cdot K_{FI} \cdot \psi_0 \cdot Q_{overig}$. EQU:γG,stb = 0,90 op het permanente deel. Gevolgklasse CC1 → $K_{FI} = 0{,}90$. Een GUNSTIG werkend veranderlijk geval telt met γ_Q = 0 (EN 1990); daarvoor zijn ook de takken met (een deel van) de overige Q op nul doorgerekend.

VOORBEELD

Doorsneden & materialen

Betonnen balken

b×h [mm]	beton	E_{cm} [MPa]	I [mm⁴]	J [mm⁴]	EI [kNm²]	GJ [kNm²]
350 × 250	C30/37	33000	$0.456 \cdot 10^9$	$1.017 \cdot 10^9$	15039	2797

GJ incl. torsiefactor (beton 0.2; staal/hout 1,0). G = E/(2(1+ν)), ν = 0.2 (beton). J = β·b³·h (Saint-Venant).

Gewapende betondoorsneden (voor de betontoets)

Naam	b×h	Beton	Dekking	Onder	Boven	Beugels	$A_{s,onder}$ [mm²]	A_sw/s [mm²/m]	Staal
Strookfundering 350 × 250	350 × 250	C30/37	40 mm	4Ø10	4Ø8	Ø8-300 (2-snedig)	314	335	B500B

Stramienen

Lbl	Type	Positie / van-tot
A	vert.	X = 0,000 m
B	vert.	X = 6,000 m
1	horiz.	Z = 0,000 m
2	horiz.	Z = 9,000 m

De uitvoer per knoop, staaf en oplegging is hier weggelaten: rijenlijsten met coördinaten zijn niet te lezen en voegen aan het rapport niets toe. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).

Balken

#	i	j	L [m]	materiaal	doorsnede	kwaliteit	bedding	e.g. [kN/m]	aansl.
1	1	2	3,00	beton	350 × 250	C30/37	23000	2,19	NVM

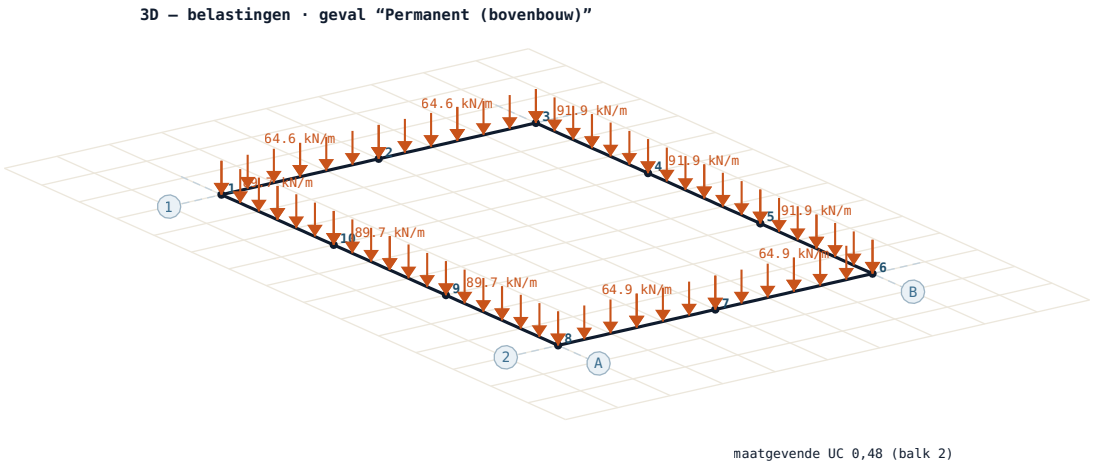
2	2	3	3,00	beton	350 × 250	C30/37	23000	2,19	NVM
3	3	4	3,00	beton	350 × 250	C30/37	23000	2,19	NVM
4	4	5	3,00	beton	350 × 250	C30/37	23000	2,19	NVM
5	5	6	3,00	beton	350 × 250	C30/37	23000	2,19	NVM

(de 6 zwaarste van de 11 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

M = momentvast, - = scharnier. Bedding in kN/m³ (Winkler-lijnveer over de balkbreedte). e.g. = eigengewicht per m¹ (meegenomen ×1,00 omlaag in het permanente geval). Torsiefactor GJ: beton 0.2, staal/hout 1,0.

Belastingen per belastinggeval

Geval “Permanent (bovenbouw)” — permanent



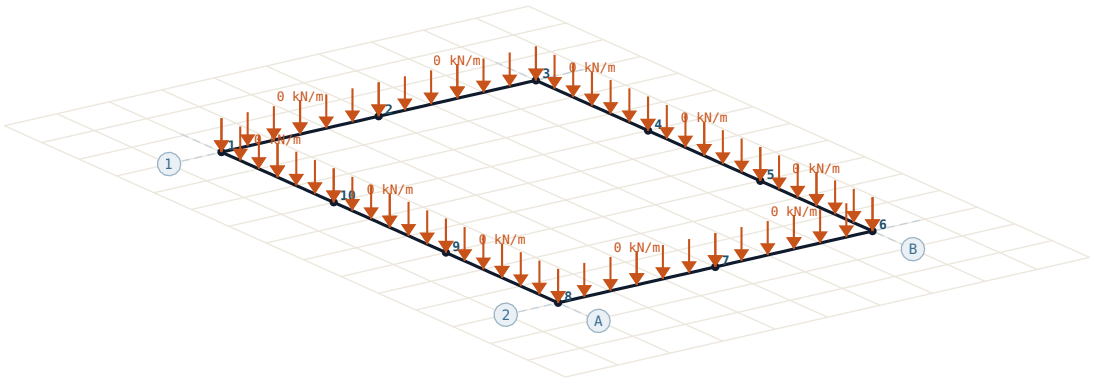
+ eigengewicht van alle balken (automatisch in dit permanente geval; per balk zie kolom e.g. in de balkentabel).

Balklasten	Type	Waarde	positie [m]
balk 1	q-last	64,60 kN/m	0,00 – 3,00
balk 2	q-last	64,60 kN/m	0,00 – 3,00
balk 3	q-last	91,90 kN/m	0,00 – 3,00
balk 4	q-last	91,90 kN/m	0,00 – 3,00
balk 5	q-last	91,90 kN/m	0,00 – 3,00
balk 6	q-last	64,90 kN/m	0,00 – 3,00
balk 7	q-last	64,90 kN/m	0,00 – 3,00
balk 8	q-last	89,70 kN/m	0,00 – 3,00
balk 9	q-last	89,70 kN/m	0,00 – 3,00
balk 10	q-last	89,70 kN/m	0,00 – 3,00

Geval “Veranderlijk (vloeren)” — Gebruik woning (opgelegd cat. A)

VOORBEELD

3D – belastingen · geval “Veranderlijk (vloeren)”



maatgevende UC 0,48 (balk 2)

Balklasten	Type	Waarde	positie [m]
balk 1	q-last	0,00 kN/m	0,00 – 3,00
balk 2	q-last	0,00 kN/m	0,00 – 3,00
balk 3	q-last	0,00 kN/m	0,00 – 3,00
balk 4	q-last	0,00 kN/m	0,00 – 3,00
balk 5	q-last	0,00 kN/m	0,00 – 3,00
balk 6	q-last	0,00 kN/m	0,00 – 3,00
balk 7	q-last	0,00 kN/m	0,00 – 3,00
balk 8	q-last	0,00 kN/m	0,00 – 3,00
balk 9	q-last	0,00 kN/m	0,00 – 3,00
balk 10	q-last	0,00 kN/m	0,00 – 3,00

VOORBEELD

Resultaten

Onderstaande zakkingen, oplegreacties en balkkrachten gelden voor de maatgevende BGT-combinatie“BGT kar.· Veranderlijk (vloeren) leidend” (de combinatie met de grootste zakking in het model).

Knoopzakkingen — BGT kar. · Q leid.

Knoop	w [mm]	θx [mrad]	θy [mrad]
1	9,83	-0,98	-1,02
2	8,14	-1,01	0,01
3	9,97	-1,05	1,10
4	11,80	-0,15	1,10
5	11,80	0,15	1,09

(de 6 zwaarste van de 11 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

Oplegreacties — kar. (BGT kar. · Q leid.)

Steun	R_z [kN]	type

Balkkrachten — BGT kar. · Q leid.

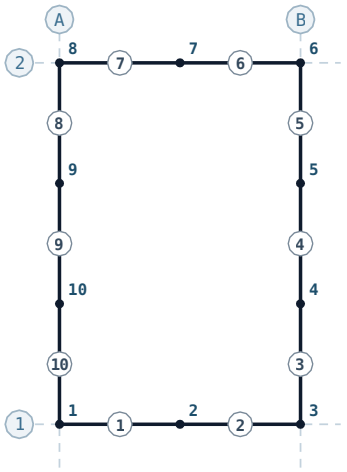
Balk	V_{max} [kN]	M_{max} [kNm]	T [kNm]	x_M [m]
1	10,60	6,19	0,04	1,55
2	-11,55	6,64	0,04	1,50

3	-11,54	-6,13	0,00	1,30
4	2,30	-2,74	0,00	0,00
5	11,42	-6,06	0,00	1,70

(de 6 zwaarste van de 11 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

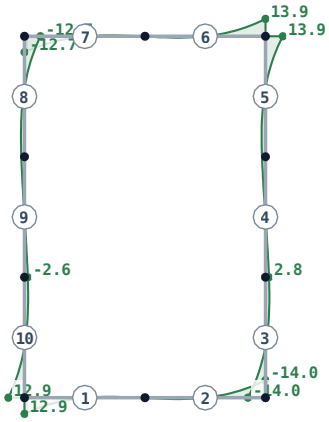
Overzichten

Constructie (bovenaanzicht)



Dwarskracht V [kN]

max = 14.04 kN



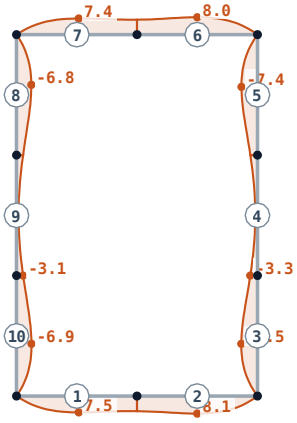
Figuur en tabel hieronder: BGT kar. · Q leid.. De MAATGEVENDE waarden voor de toetsing staan in "Maatgevende balkkrachten (omhullende UGT)".

Balk	V_{max} [kN]	positie
1	12,88	x = 0,00 m
2	-14,04	x = 3,00 m
3	-14,02	x = 0,00 m
4	2,80	x = 0,00 m
5	13,88	x = 3,00 m

VOORBEELD

(de 6 zwaarste van de 11 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

Moment M [kNm] max = 8.07 kNm

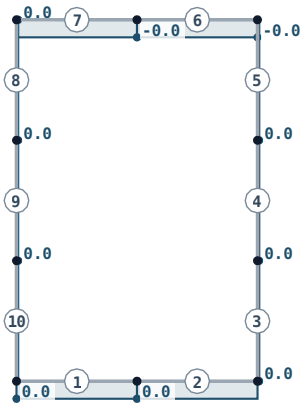


Figuur en tabel hieronder: BGT kar. · Q leid.. De MAATGEVENDE waarden voor de toetsing staan in "Maatgevende balkkrachten (omhullende UGT)".

Balk	M_{max} [kNm]	positie
1	7,52	x = 1,55 m
2	8,07	x = 1,50 m
3	-7,45	x = 1,30 m
4	-3,32	x = 0,00 m
5	-7,36	x = 1,70 m

(de 6 zwaarste van de 11 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

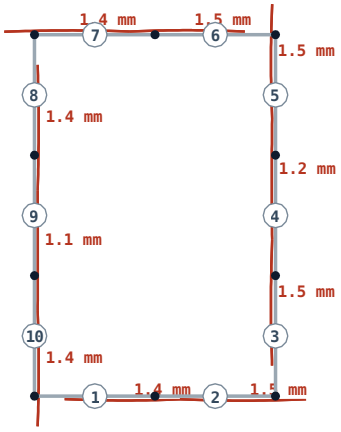
Torsie T [kNm] max = 0.04 kNm



VOORBEELD

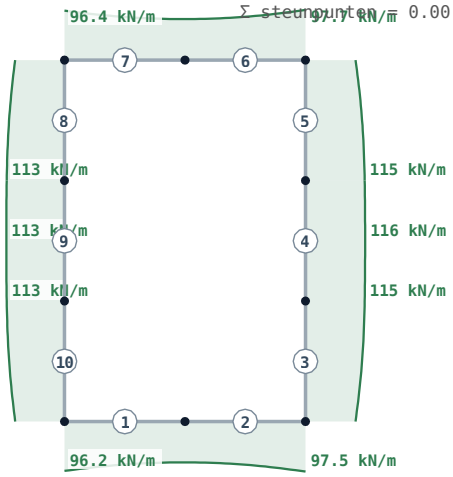
Zakking

BGT-omhullende x76



Oplegreacties [kN]

Σ steunpunten = 0.00 kN · Σ bedding = 3010 kN



VOORBEELD

3D-isometrie

Toetsing (unity-checks): per balk de maatgevende UC over buiging, dwarskracht en torsie. Groen ≤ 1,0 (voldoet), rood > 1,0 (afgekeurd). Gebaseerd op de maatgevende UGT-combinatie.

3D-isometrie ter illustratie. Vervorming sterk overdreven weergegeven.

Eurocode-combinaties (NEN-EN 1990)

Gevolgklasse CC1 (K_{FI} = 0,90). UGT-methode 6.10a/b. Maatgevende omhullende over alle UGT-combinaties.

Maatgevende balkkrachten (omhullende UGT)

Balk	V [kN]	M [kNm]	T [kNm]	x_M [m]	maatg. comb. (M)
1	12,88	7,52	0,04	1,55	6.10a
2	-14,04	8,07	0,04	1,50	6.10a
3	-14,02	-7,45	0,00	1,30	6.10a
4	2,80	-3,32	0,00	0,00	6.10a
5	13,88	-7,36	0,00	1,70	6.10a

(de 6 zwaarste van de 11 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

Doorgerekende combinaties

Grenstoestand	Combinatie	Factoren
UGT	6.10a	1,22·G + 0,54·Q
UGT	6.10a · alleen G	1,22·G + 0,00·Q
UGT	6.10b · Q leid.	1,08·G + 1,35·Q
UGT	EQU · Q leid. (G gunst.)	0,90·G + 1,35·Q
UGT	EQU · alleen G	0,90·G + 0,00·Q
BGT	BGT kar. · Q leid.	1,00·G + 1,00·Q
BGT	BGT quasi-blijv.	1,00·G + 0,30·Q

UGT 6.10a: $1{,}35 \cdot K_{FI} \cdot G + 1{,}5 \cdot K_{FI} \cdot \psi_0 \cdot Q$. 6.10b: $0{,}89 \cdot 1{,}35 \cdot K_{FI} \cdot G + 1{,}5 \cdot K_{FI} \cdot Q_{lead} + 1{,}5 \cdot K_{FI} \cdot \psi_0 \cdot Q_{overig}$.

Constructieve toetsing — unity-checks (UGT)

Resultaat toetsing: hoogste UC = 0,48 (beton 0,48). Alle getoetste balken VOLDOEN aan de gecontroleerde grenstoestanden.

Betontoets — doorsnede (NEN-EN 1992-1-1)

Balk	b×h	beton	A_s onder/ boven	d	x/d	M_{Ed}	M_{Rd}	V_{Ed}	V_{Rd}	T_{Ed}	UC_ M	UC_V	UC_T	UC	oordeel	code
1	350 × 250	C30/37	314 / 201	198	0,12	7,5	16,8	12,9	64,6	0,0	0,45	0,20	0,06	0,45	OK	S
2	350 × 250	C30/37	314 / 201	198	0,12	8,1	16,8	14,0	64,6	0,0	0,48	0,22	0,06	0,48	OK	S
3	350 × 250	C30/37	314 / 201	197	0,12	7,4	25,6	14,0	64,6	0,0	0,29	0,22	0,06	0,29	OK	—
4	350 × 250	C30/37	314 / 201	197	0,12	3,3	25,6	2,8	64,6	0,0	0,13	0,04	0,01	0,13	OK	—
5	350 × 250	C30/37	314 / 201	197	0,12	7,4	25,6	13,9	64,6	0,0	0,29	0,21	0,06	0,29	OK	—

(de 6 zwaarste van de 11 regels getoond. De volledige uitvoer staat in de online berekening (link boven aan deze berekening).)

Het VELDmoment (trek onder) is getoetst tegen de ONDERwapening en het STEUNmoment (trek boven) tegen de BOVENwapening; M_{Ed}, M_{Rd} en d in de tabel horen bij de maatgevende van die twee. Een balk voldoet als UC ≤ 1,0 én de doorsnede ductiel en maakbaar is (x/d ≤ 0,45; de staven passen naast elkaar).

Codes in de kolom "code": — = voldoet, geen bijzonderheid (veldmoment maatgevend). S = steunmoment maatgevend (getoetst op de bovenwapening) — voldoet.

Toegepaste formules en normverwijzingen (NEN-EN 1992-1-1)

grootheid	formule	norm
M_{Rd} — buiging	$x/d = A_s \cdot f_yd/(0{,}8 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd})$; $z = d(1-0{,}4 \cdot x/d)$; $M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$	§3.1.7 rechthoekig spanningsblok
x/d — ductiliteit	x/d ≤ 0,45	§5.6.3 / 9.2.1.1
V_{Rd} — dwarskracht	$V_{Rd} = \min(V_{Rd,s}$ (beugels, θ = 21,8°) of $V_{Rd,c}$; $V_{Rd,max})$	§6.2; $V_{Rd,max}$ = drukdiagonaal 6.2.3(3)
t_{ef}, A_k — torsiebuis	$t_{ef} = A/u$; $A_k = (b - t_{ef})(h - t_{ef})$	§6.3 dunwandige-buis-model
UC_T — torsie + dwarskracht	T_Ed/T_Rd,max + V_Ed/V_Rd,max	(6.29)
UC_T — zodra torsiewapening vereist is (†)	T_Ed/T_Rd,s + V_Ed/V_Rd,s op de gesloten beugels	(6.31) bepaalt de wapeningsplicht
A_{sl} — torsielangswapening	$A_{sl} = T_{Ed} \cdot u_k \cdot \cot\theta/(2 \cdot A_k \cdot f_{yd})$, getoetst tegen wat er na de buigbehoefte overblijft	(6.28)
vrije staafafstand — maakbaarheid	≥ max(Ø; d_g + 5 mm; 20 mm) = max(Ø; 21 mm) bij d_g = 16 mm	§8.2(2)

VOORBEELD

Zelfde grondslag als de deterministische betonligger-rekenkern.
Lineair-elastische 1e-orde roosterberekening — directe stijfheidsmethode (buiging + torsie).

VOORBEELD

4.11. Zetting van de fundering (3D-grondmodel) (modeluitvoer — geo3d-solver)

De volledige berekening online (geo3d-solver)

Invoer, uitvoer en toetsing van dit model zijn hier volledig in te zien en na te rekenen in de rekentool waarmee het is doorgerekend — ook door de toetsende instantie, zonder account. Hieronder staan de modelgegevens en de conclusie.

https://statischeberekening.nl/berekening/G6vF8l8KT6f5QrLvNzBhKw/10

Toepassing

Onderwerp	Toelichting
Fundering	funderingslasten uit de 3D-FEM
Aandachtspunt	grondprofiel BRO-sondering CPT000000243693 op 1076 m afstand (11 gemeten lagen tot 25,1 m) (indicatief, VERIFIEER met sondering)
Fundering	grondmodel vanaf het AANLEGNIVEAU 0,80 m -mv (aanleg op 0,80 m -mv: de vaste laag begint op 0,00 m (10,0 m dik); vorstvrije diepte is maatgevend) — de grond daarboven is weggegraven of staat naast de fundering en draagt niet mee; een plaatfundatie in hetzelfde model staat dan op grondverbetering tot dat niveau (AANNAME, VERIFIEER)
Belasting	lasten voor de zetting: BGT-combinatie 'BGT kar., Veranderlijk vloer (Q) leidend' (gamma 1,0, zonder KFI; de zwaarste |Sigma-Rz| van alle BGT-combinaties, karakteristiek en quasi-blijvend; NEN-EN 1997-1 §2.4.8(2)/§6.6.2, NEN-EN 1990 §6.5.3 — de NL-NB daarbij is niet ingezien) — Sigma-Rz 2051,2 kN; de UGT-rekenwaarden blijven de N_{Ed} van de strook-/funderingsmodule; de tijdsafhankelijke zetting (consolidatie/kruip) zit niet in dit lineair-elastische increment
Wanden	fundering in het model: 4 funderingsobject(en) — 4 wandvoetlijn(en), elk met de GEMIDDELDE lijnlast van dat wandvoetsegment (de som sluit met Sigma-Rz van die combinatie; de PIEK per segment staat in het strooklabel en blijft de maatgevende N_{Ed} van de strook-funderingsmodule).
Niet beschouwd	NIET BESCHOUWD: de buigstijfheid van de funderingsstrook/-plaat zelf (de last staat als oppervlaktedruk op het maaiveld, dus de lastspreiding door het beton telt niet mee); de strookbreedte is een aanname; de toelaatbare zetting van 50 mm komt uit NEN-EN 1997-1 bijl. H.2 (informatief: 'total settlement up to 50 mm is often acceptable'), dezelfde grens als waarop de plaatdikte wordt gekozen - stel hem per project scherper bij een gevoelige afwerking;
Niet beschouwd	NIET BESCHOUWD: de grondsterkte (Mohr-Coulomb).
Schematisering	Dit is een increment-analyse zonder eigen gewicht van de grond - dat is juist voor de ZETTING (de geostatische zetting is al opgetreden), maar er is dan geen opsluitspanning en dus geen zinvolle schuifsterktetoets.
Fundering	Het oordeel van deze module gaat over de zetting; de draagkracht/grondsterkte wordt door de funderingsmodule getoetst

Het rekenmodel is met deze schematisering en belasting doorgerekend.

Maatgevende unity check UC = 0,11 — voldoet (indicatief; de constructeur verifieert de schematisering).

Toetsen uit het model (de grootste u.c. per soort):

- zetting t.o.v. toelaatbaar: u.c. 0,11

Aandachtspunt — de constructeur bevestigt de schematisering, steunpunten en uitkomsten van dit solvermodel bij de goedkeuring.

3D Grond-FEM — zettings-/spanningsanalyse

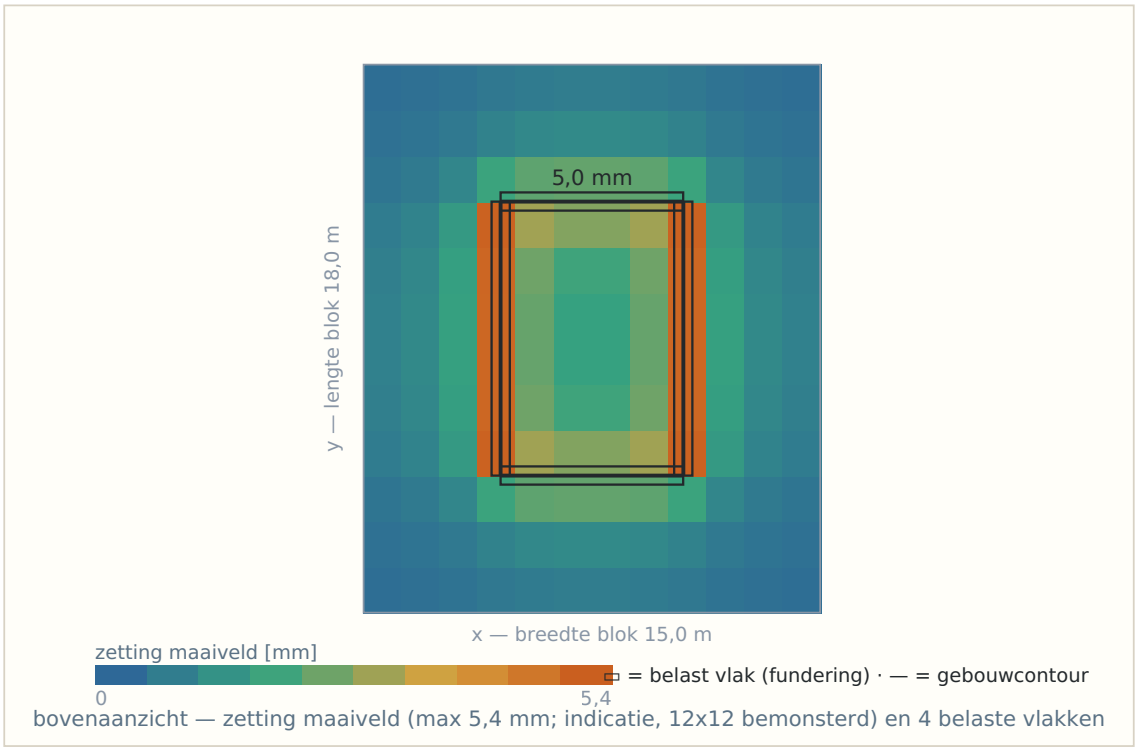
Project: Zetting fundering — lasten uit de 3D-FEM

Model
Blok 15 × 18 × 10 m, mesh 40 × 40 × 13 (Hex8, 20800 elementen).
Laag 1: Zand, matig, dikte 2.4 m, E 30 MPa, v 0.3, g 19 kN/m³, φ′ 32.5 gr, c′ 0 kN/m²
Laag 2: Zand, vast, dikte 0.9 m, E 45 MPa, v 0.3, g 20 kN/m³, φ′ 35 gr, c′ 0 kN/m²

VOORBEELD

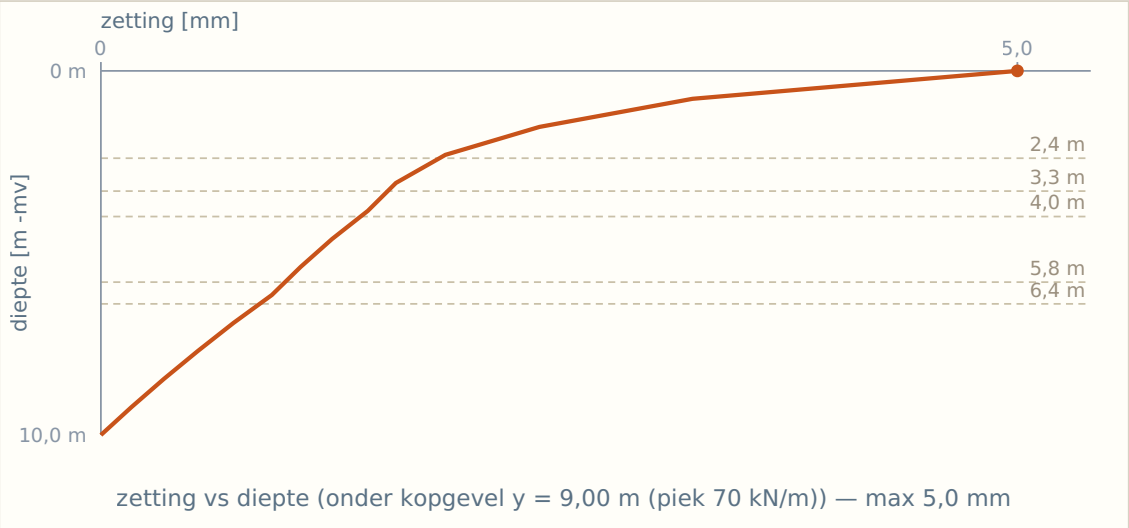
Laag 3: Grind, dikte 0.7 m, E 70 MPa, v 0.3, g 21 kN/m³, φ′ 37.5 gr, c' 0 kN/m²
Laag 4: Zand, vast, dikte 1.8 m, E 45 MPa, v 0.3, g 20 kN/m³, φ′ 35 gr, c' 0 kN/m²
Laag 5: Zand, los, dikte 0.6 m, E 15 MPa, v 0.3, g 18 kN/m³, φ′ 30 gr, c' 0 kN/m²
Laag 6: Zand, matig, dikte 3.6 m, E 30 MPa, v 0.3, g 19 kN/m³, φ′ 32.5 gr, c' 0 kN/m²
Belasting: 4 belaste vlak(ken) uit de scène, samen 2051,2 kN.

Resultaten (lineair-elastisch, indicatief)
Max. zetting oppervlak: 5,4 mm
Grootste zetting onder een belast vlak: 5,0 mm - kopgevel y = 9,00 m (piek 70 kN/m) (113,7 kN/m²).
Daarna: 5,0 mm onder kopgevel y = 0,00 m (piek 70 kN/m); 4,9 mm onder langsgevel x = 0,00 m (piek 72 kN/m).
4 belaste vlakken in het model; de zetting onder ELK vlak staat in de online berekening (zie de inzagelink) - hier alleen de maatgevende.
Verschilzetting tussen de belaste stroken: 0,1 mm (5,0 mm onder kopgevel y = 9,00 m (piek 70 kN/m) tegen 4,9 mm onder langsgevel x = 6,00 m). NIET GETOETST: er is geen toelaatbare verschilzetting/relatieve rotatie aangehouden - die hangt af van de constructie en van de overspanning waarover je hem betrekt, en is hier niet vastgesteld.
Max. verticale spanning sz: 84 kN/m²



bovenaanzicht — zetting maaiveld (max 5,4 mm; indicatie, 12x12 bemonsterd) en 4 belaste vlakken

VOORBEELD



CUR 166 — veiligheid en toetsing
Veiligheidsklasse II. Rekenwaarde-belasting gf·q = 1,10·0 = 0 kN/m².
Vervormingstoetsing: zetting 5,4 ≤ toelaatbaar 50 mm (NEN-EN 1997-1 bijl. H.2, informatief) → u.c. 0,11 (voldoet).
LET OP - aandachtspunten bij deze berekening
- Mesh automatisch verfijnd rond de objecten in het model (belaste strook: y 24 → 40; belaste strook: x 20 → 40) — een grof raster benadert een buis of smalle kuip trapvormig. Stel nx/ny/nz zelf hoger in als u een fijner raster wilt.
- Mohr-Coulomb-indicatie NIET van toepassing: dit model rekent zonder eigen gewicht (increment-analyse) en de grond heeft geen cohesie, dus er is geen opsluitspanning waaraan schuifsterkte te ontlenen valt. Zet 'eigen gewicht grond' aan voor een zinvolle indicatie; de zetting/spanningsuitkomst blijft gewoon geldig.
- Zonder eigen gewicht heeft de grond geen opsluitspanning: 872 elementen komen in een TREKzone en zijn NIET als bezwijkend geteld (modelartefact). Zet 'eigen gewicht grond' aan voor een zinvolle Mohr-Coulomb-indicatie.
Convergentie CG-oplosser: geconvergeerd (149 iteraties).

Lineair-elastisch continuum met een Mohr-Coulomb-indicatie op de rekensterkte (CUR 166-materiaalfactoren), grondwater via de effectieve spanning, gefaseerde ontgraving (heave) en een damwand-veermodel (momenten + ankerkracht). Indicatief; een geotechnicus/constructeur beoordeelt en verifieert EI/k_h/anker tegen CUR 166. De figuren hierboven zijn het BOVENAANZICHT (zetting maaiveld + de belaste vlakken) en het zettingsprofiel over de diepte. NIET BESCHOUWD in dit rapport: het roteerbare 3D-kleurenveld en de doorsneden (rasterbeeld) - die zijn alleen in de online berekening te zien, via de inzagelink; het bovenaanzicht toont dezelfde grootheid, maar op een vaste bemonstering.

VOORBEELD

5. Samenvatting en conclusie

Nr.	Onderdeel	Toe te passen	Max. UC	Oordeel
1	Houten kapspant — A-spant	spantbeen 38 × 184 mm C24, trekband 38 × 184 mm (spatkracht 4,00 kN)	**0,85**	**voldoet**
2	Houten gording	63 × 335 mm C24	**0,88**	**voldoet**
3	Muurplaat-verankering windopwaaiing	ankers h.o.h. ≤ 1000 mm (5,0 kN/anker)	**0,43**	**voldoet**
4	Betonvloer 1-richting	plaat 260 mm, Ø12-200	**0,90**	**voldoet**
5	Metselwerkpenant	100 × 1330 mm Kalkzandsteen CS12	**0,72**	**voldoet**
6	Stabiliteit onder windbelasting — per niveau	stabiliteit OK (UC 0,52)	**0,52**	**voldoet**
7	Rekenmodel — fem3d-solver	Strook 600 × 200 · plaat 100 mm Beton C30/37 · plaat 260 mm Beton C30/37 (+2)	**0,84**	voldoet (indicatief)
8	Rekenmodel — fem-solver	zie de modeluitvoer	**0,98**	voldoet (indicatief)
9	Fundering op staal	strook breedte 1150 mm	**0,97**	**voldoet**
10	Rekenmodel — rooster-solver	Strookfundering 350 × 250 C30/37	**0,48**	voldoet (indicatief)
11	Rekenmodel — geo3d-solver	zie de modeluitvoer	**0,11**	voldoet (indicatief)

7 van de 11 beschouwde onderdelen voldoen op de geautomatiseerde toetsen; 4 rekenmodellen worden bij levering door de constructeur geverifieerd; maatgevend is Fundering op staal — Strookfundering op staal met UC 0,97. De aandachtspunten per onderdeel worden door de constructeur bij de goedkeuring bevestigd.

VOORBEELD

6. Constructieve overzichten

Hieronder een schematische constructieve overzichtstekening met de toe te passen profielen.

Constructieve overzichtstekening

schematisch — de toe te passen onderdelen uit deze berekening



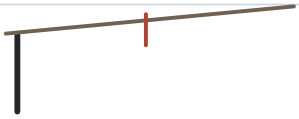
Houten kapspant — A-spant

toe te passen: spantbeen 38x184 mm C24, trekband 38x184 mm (spatkracht 4,00 kN)



Houten gording

toe te passen: 63x335 mm C24



Muurplaat-verankering windopwaaiing

toe te passen: ankers h.o.h. <= 1000 mm (5,0 kN/anker)



Betonvloer 1-richting

toe te passen: plaat 260 mm, Ø12-200



Metselwerkpenant

toe te passen: 100x1330 mm Kalkzandsteen CS12



Stabiliteit onder windbelasting — per niveau

toe te passen: stabiliteit OK (UC 0,52)



Fundering op staal

toe te passen: strook breedte 1150 mm

Schets ter oriëntatie; de constructietekening met oplegging en aansluitingen maakt geen deel uit van dit document.

Constructieve overzichtstekening — toe te passen profielen

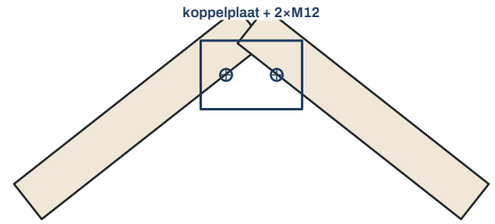
- Aandachtspunt — de constructieve overzichtstekening wordt door de constructeur bevestigd of vervangen door de definitieve constructietekening met oplegging en aansluitingen (bij de goedkeuring).

Uitvoeringsstukken — Werktekeningen

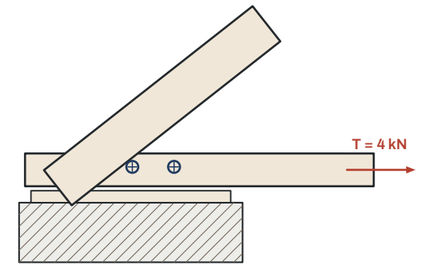
Vorm- en werktekeningen van de constructie (alleen vorm en wapening/configuratie; de onderbouwing staat in de berekening hierboven). Uitvoering uitsluitend na goedkeuring door de constructeur.

VOORBEELD

KAPSPANT (A-SPANT) — aanzicht (vorm + details)



DETAIL 1 — nok: spantbenen 38x184 koppelen — reviewpunt



DETAIL 2 — spantvoet: been 38x184 + trekband 38x184 op spatkracht

RENVOOI MATERIALEN

hout	C24 (spantbeen 38x184, trekband 38x184)
verbindingen	bouten 8.8 + ringen — detail reviewpunt
h.o.h. spanten	1000 mm
muurplaat	verankering (windopwaaiing) — reviewpunt

OPMERKINGEN

1. Maten in m (aanzicht) en mm (details); maatvoering in het werk controleren.
2. Spantbeen en trekband zijn gedimensioneerd in de bijbehorende berekening SB-20261001-0260; dit blad toont alleen de configuratie.
3. De voetverbinding draagt de SPATKRACHT in de trekband over — boutverbinding/verankering door de constructeur te detailleren (reviewpunt).
4. Gordingen/panlatten en dakbeschot volgens de bouwkundige tekening; spanten tijdens de montage schoren.
5. Uitvoering pas na goedkeuring door de constructeur (status DEFINITIEF).

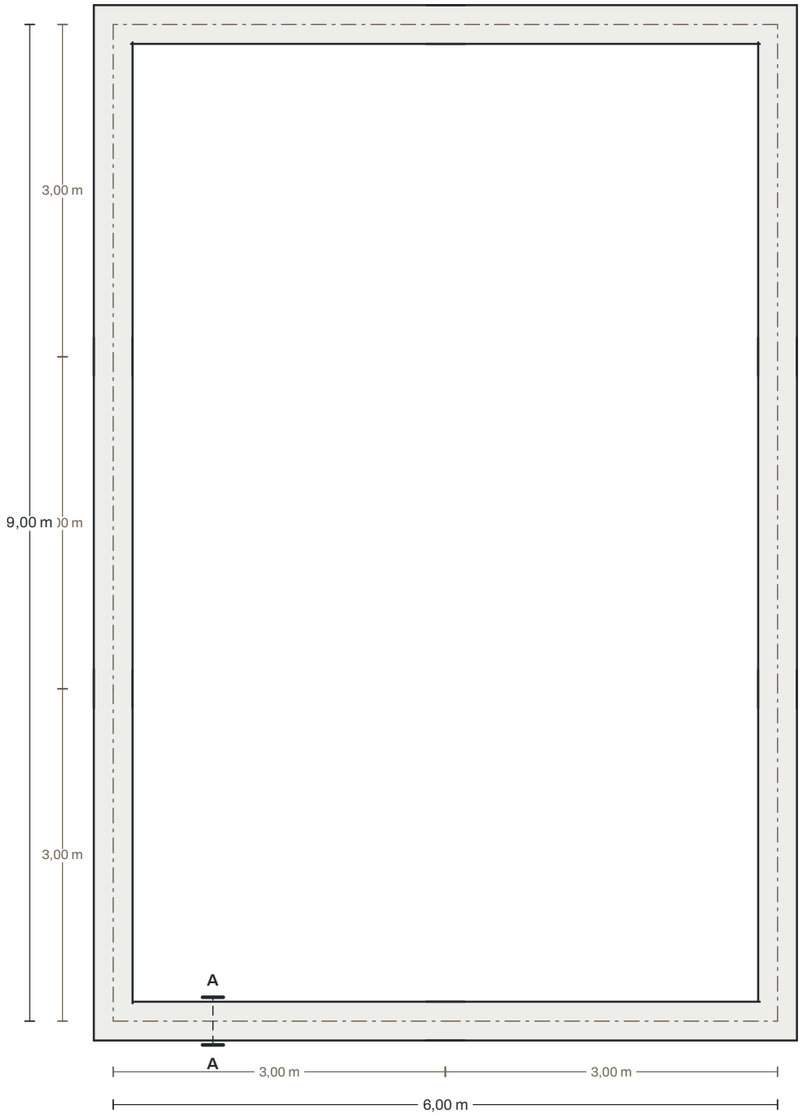
statischeberekening.nl
ing. P.M.M. Lankhorst

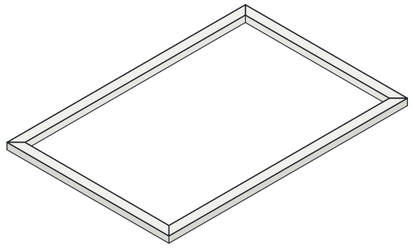
Project	Nieuwbouw vrijstaande woning: 6,0 × 9,0 m, 2 bouwlag		
Onderwerp	Kapspant (A-spant) — vorm + details		
Opdrachtgever	Voorbeeld — nieuwbouw woning		
Bouwadres	Kavel Zuidbroek, 7325 Apeldoorn		
Werknummer	—		
Tekeningnr.	SB-20261001-0260-W01	Blad	1
Schaal	1:50	Formaat	A3 (liggend)
Datum	01-10-2026	Getekend	automatisch — rekenkern
Status	VOORBEELD		
Gecontroleerd	— (constructeur, vóór uitvoering)		

Rev	Datum	Omschrijving
0	01-10-2026	eerste uitgave

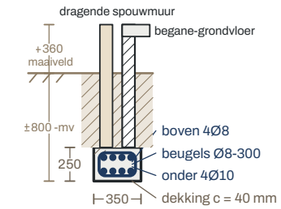
VOORBEELD

FUNDERINGSPLAN — bovenaanzicht (fundering op staal)





3D-AANZICHT (vorm — indicatief)



DOORSNEDE A-A · Strookfundering 350x250 · C30/37 / B500B · beugels 2-snedig

RENVOOI PALEN

sym	type	afmeting	lengte	aantal
— geen palen (fundering op staal: grondsteunen) —				

RENVOOI MATERIALEN

beton	C30/37
betondekking	40 mm
milieuklasse	XC2 (fundering)
wapeningsstaal	B500B

OPMERKINGEN

1. Maten in m (plattegrond) en mm (doorsneden); maatvoering in het werk controleren.
2. Wapening (incl. bijleg) is bepaald in de bijbehorende berekening SB-20261001-0260 — dit blad toont alleen vorm en configuratie.
3. Fundering op staal: de strook ligt standaard VORSTVRIJ op ±800 mm -mv (o.k. strook); aanlegniveau en grondverbetering volgens de berekening (VERIFIEER).
4. Uitvoering pas na goedkeuring door de constructeur (status DEFINITIEF).

statischeberekening.nl
ing. P.M.M. Lankhorst

Project	Nieuwbouw vrijstaande woning: 6,0 × 9,0 m, 2 bouwlag		
Onderwerp	Funderingsplan — balkenrooster (vorm + wapening)		
Opdrachtgever	Voorbeeld — nieuwbouw woning		
Bouwadres	Kavel Zuidbroek, 7325 Apeldoorn		
Werknummer	—		
Tekeningnr.	SB-20261001-0260-W02	Blad	2
Schaal	1:50	Formaat	A3 (liggend)
Datum	01-10-2026	Getekend	automatisch — rekenkern
Status	VOORBEELD		
Gecontroleerd	— (constructeur, vóór uitvoering)		

Rev	Datum	Omschrijving
0	01-10-2026	eerste uitgave

VOORBEELD

BUIGSTAAT / WAPENINGSSTAAT — fundatiebalken

merk	vorm	Ø (mm)	aantal	lengte/staaf (mm)	totaal (m)	gewicht (kg)
Doorsnede Strookfundering 350x250 — 350×250 mm, dekking c = 40 mm, lopende lengte 30 m						
O1		Ø10	4 doorlopend	L + stek/las	132	81
B1		Ø8	4 doorlopend	L + stek/las	132	52
S1		Ø8	100 st. · h.o.h. 300	1040 (omtrek)	104	41
				Totaal betonstaal (indicatief, excl. bijleg):		**174 kg**

OPMERKINGEN

1. Buigstaat INDICATIEF: staaflengtes incl. ~10% stek/las; beugellengte = omtrek + 2 haken (~10Ø).
2. Exacte stek-/las- en verankeringslengtes + buigmaten volgens het uitvoeringsdetail (NEN-EN 1992-1-1).
3. Betonstaal B500B; dekking en milieuklasse conform de doorsnede op W-01.
4. Uitvoering pas na goedkeuring door de constructeur (status DEFINITIEF).

statischeberekening.nl
ing. P.M.M. Lankhorst

Project	Nieuwbouw vrijstaande woning: 6,0 × 9,0 m, 2 bouwlag		
Onderwerp	Buigstaat / wapeningsstaat — fundatiebalken		
Opdrachtgever	Voorbeeld — nieuwbouw woning		
Bouwadres	Kavel Zuidbroek, 7325 Apeldoorn		
Werknummer	—		
Tekeningnr.	SB-20261001-0260-W03	Blad	3
Schaal	—	Formaat	A4 (liggend)
Datum	01-10-2026	Getekend	automatisch — rekenkern
Status	VOORBEELD		
Gecontroleerd	— (constructeur, vóór uitvoering)		

Rev	Datum	Omschrijving
0	01-10-2026	eerste uitgave

VOORBEELD

EINDE RAPPORT Dit document is compleet tot en met deze pagina.

VOORBEELD