

› WINDBELASTING IN DE NIEUWE EUROCODE

CHRIS GEURTS

TNO, STRUCTURAL DYNAMICS, DELFT

› IN DEZE BIJDRAGE

1. EN 1991-1-4 IN HET KORT
2. WAT IS ANDERS, WAT IS NIEUW ?
3. TRILLINGEN VAN HOOGBOUW

› EN 1991-1-4 IN HET KORT

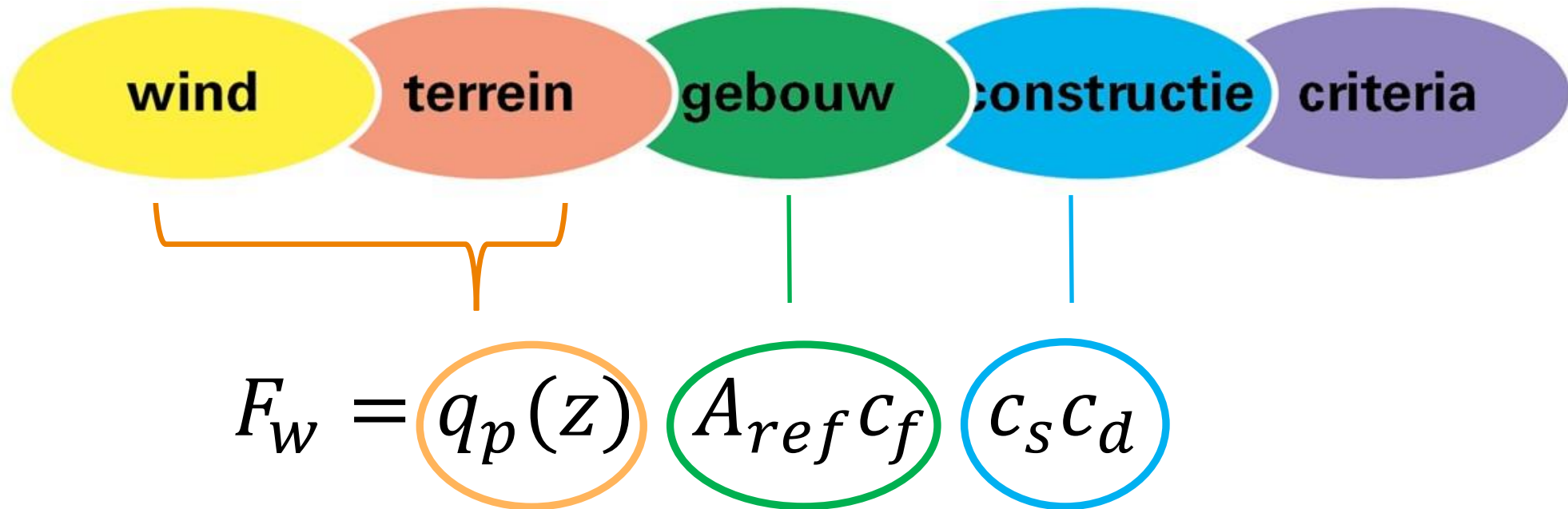
INHOUDSOPGAVE VAN DE NORM



1. Algemeen
2. Ontwerpsituaties
3. Aard en classificatie van windbelasting
4. Windsnelheid en stuwdruk
5. Windbelastingen
6. Rekenprocedures voor bouwwerksfactor $c_s c_d$
7. Druk- en Krachtcoëfficiënten

› EN 1991-1-4 IN HET KORT

BASISFORMULE VOOR DE BEREKENING



› EN 1991-1-4 IN HET KORT

› Stuwdruk

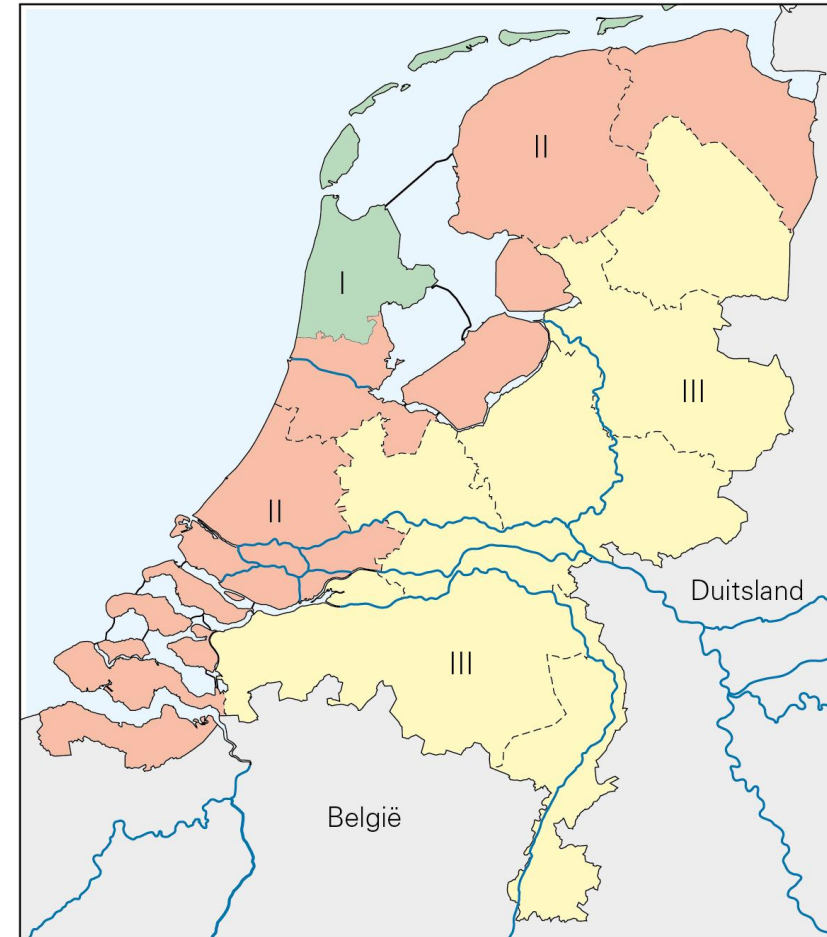
- › Windgebieden (basiswindsnelheid)
- › Terreinruwheden (bebouwd, onbebouwd, aan kust)

› Druk- en krachtcoëfficiënten:

- › Drukverdelingen gebouwen/luifels/wanden
- › Krachtcoëfficiënten voor onderdelen/constructies

› Effecten fluctuerende belastingen

- › Twee rekenprocedures voor $c_s c_d$



› EN 1991-1-4 IN HET KORT

› Stuwdruk

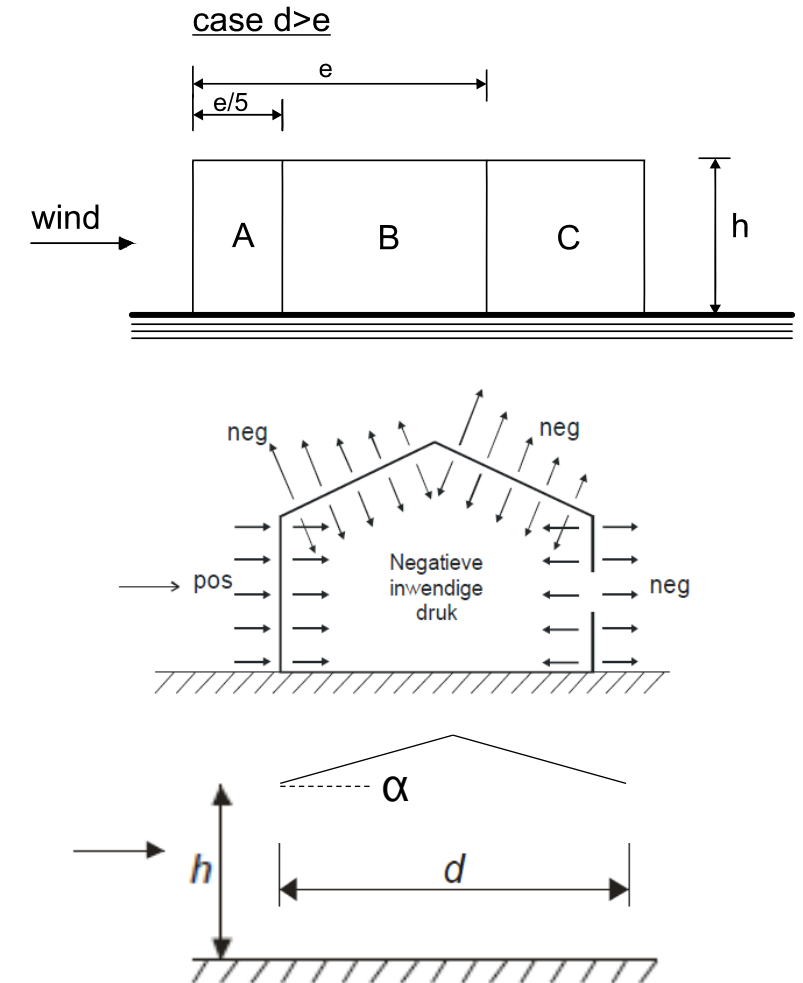
- › Windgebieden (basiswindsnelheid)
- › Terreinruwheden (bebouwd, onbebouwd, aan kust)

› Druk- en krachtcoëfficiënten

- › Drukverdelingen gebouwen/luifels/wanden
- › Krachtcoëfficiënten voor onderdelen/constructies

› Effecten fluctuerende belastingen

- › Twee rekenprocedures voor $c_s c_d$



› EN 1991-1-4 IN HET KORT

› Stuwdruk

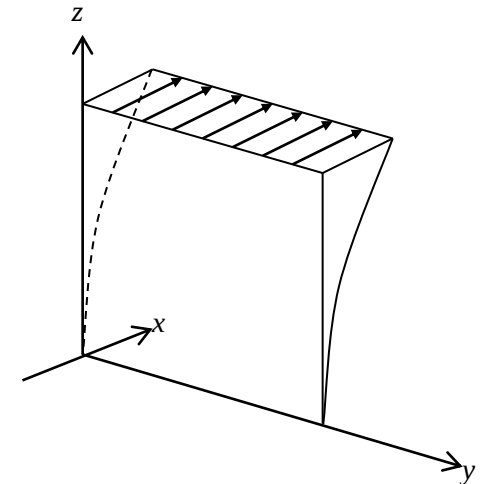
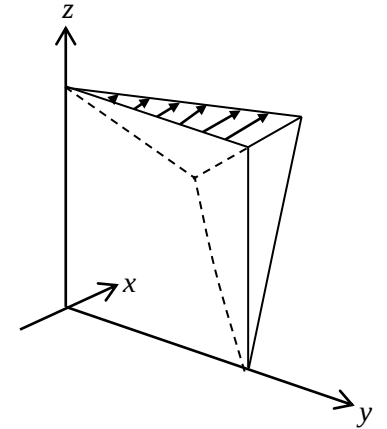
- › Windgebieden (basiswindsnelheid)
- › Terreinruwheden (bebouwd, onbebouwd, aan kust)

› Druk- en krachtcoëfficiënten:

- › Drukverdelingen gebouwen/luifels/wanden
- › Krachtcoëfficiënten voor onderdelen/constructies

› Effecten fluctuerende belastingen

- › Twee rekenprocedures voor $c_s c_d$



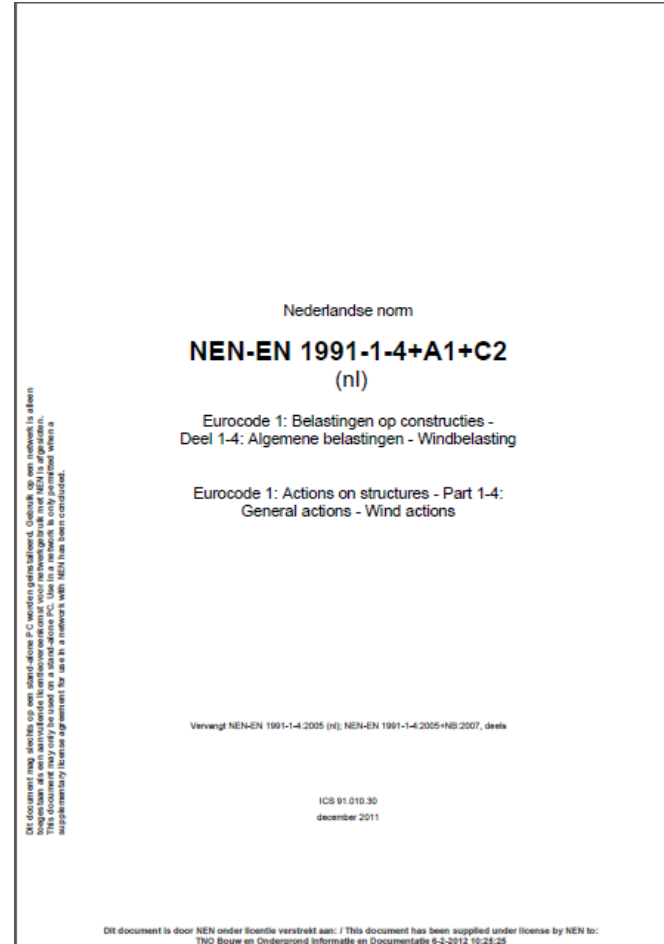
› EN 1991-1-4 IN HET KORT

NATIONALE BIJLAGE

› Windklimaat

› Invulling NDP's

› Extra informatie



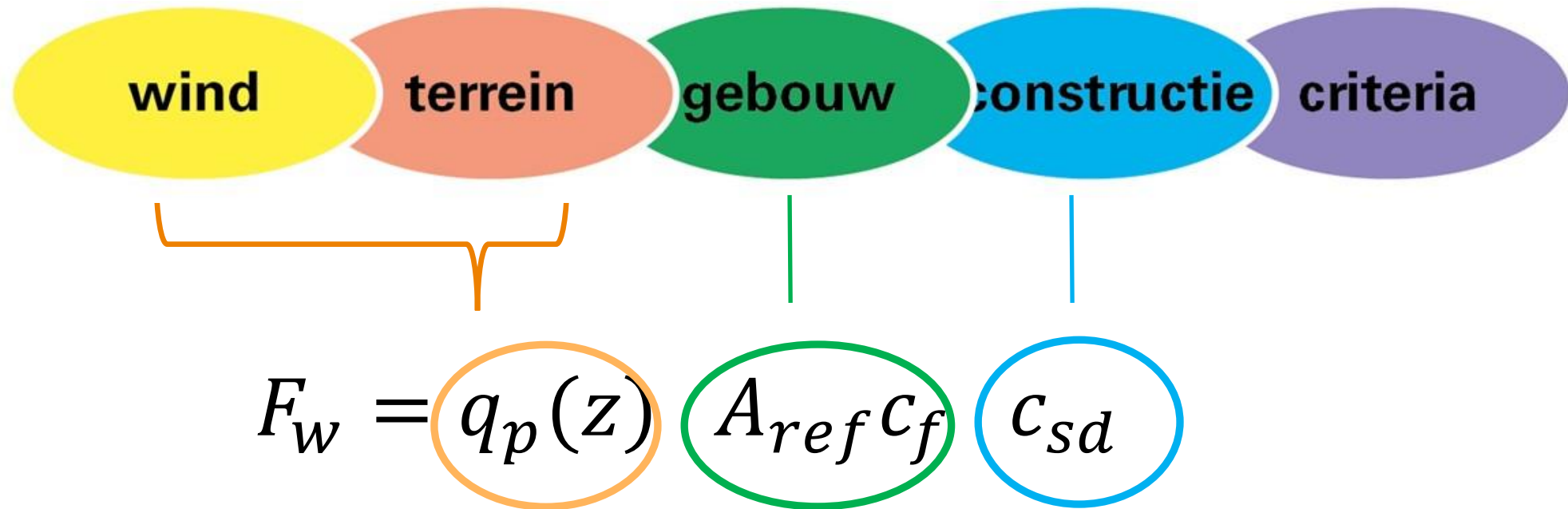
› NIEUWE EUROCODE WINDBELASTING PLANNING

Norm	Onderwerp	Draft 1	Draft 2	Final Draft	Final doc	Enquiry	Formal vote
EN 1991-1-1	Algemene belasting	okt-19	okt-20	mei-21	nov-21	mrt-22	apr-23
EN 1991-1-2	Belasting bij brand	mei-16	mei-17	nov-17	mei-18	sep-20	okt-21
EN 1991-1-3	Sneeuw belasting	mei-18	mei-19	nov-19	mei-20	mrt-22	apr-23
EN 1991-1-4	Wind belasting	mei-18	mei-19	nov-19	mei-20	sep-22	okt-23
EN 1991-1-5	Temperatuur belasting	mei-18	mei-19	nov-19	mei-20	mrt-22	apr-23
EN 1991-1-6	Belastingen tijdens uitvoering	okt-19	okt-20	mei-21	nov-21	mrt-22	apr-23
EN 1991-1-7	Stootbelasting	okt-19	okt-20	mei-21	nov-21	mrt-22	apr-23
EN 1991-1-8	Stroming en golven	mei-18	mei-19	nov-19	mei-20	mrt-22	apr-23
EN 1991-1-9	Atmospheric icing	mei-18	mei-19	nov-19	mei-20	mrt-22	apr-23



› CONCEPT EN 1991-1-4 [2022]

WAT BLIJFT ?



› **CONCEPT EN 1991-1-4 [2022]**

WAT IS ANDERS ?

Huidige EN 1991-1-4

- › 146 pagina's
- › 8 hoofdstukken
- › 6 bijlagen
- › 2 modellen voor $c_s c_d$
- › 2 modellen voor vortex trillingen
- › Dwars/torsietrillingen buiten scope

prEN 1991-1-4 (2022)

- › 305 pagina's
- › 10 hoofdstukken
- › 13 bijlagen
- › 1 model voor c_{sd}
- › 1 model voor vortex trillingen
- › Rekenmodellen voor dwars/torsietrillingen

› **CONCEPT EN 1991-1-4 [2022]**

WAT IS ANDERS ?

› Stuwdruk

› Definitie $q_p(z)$

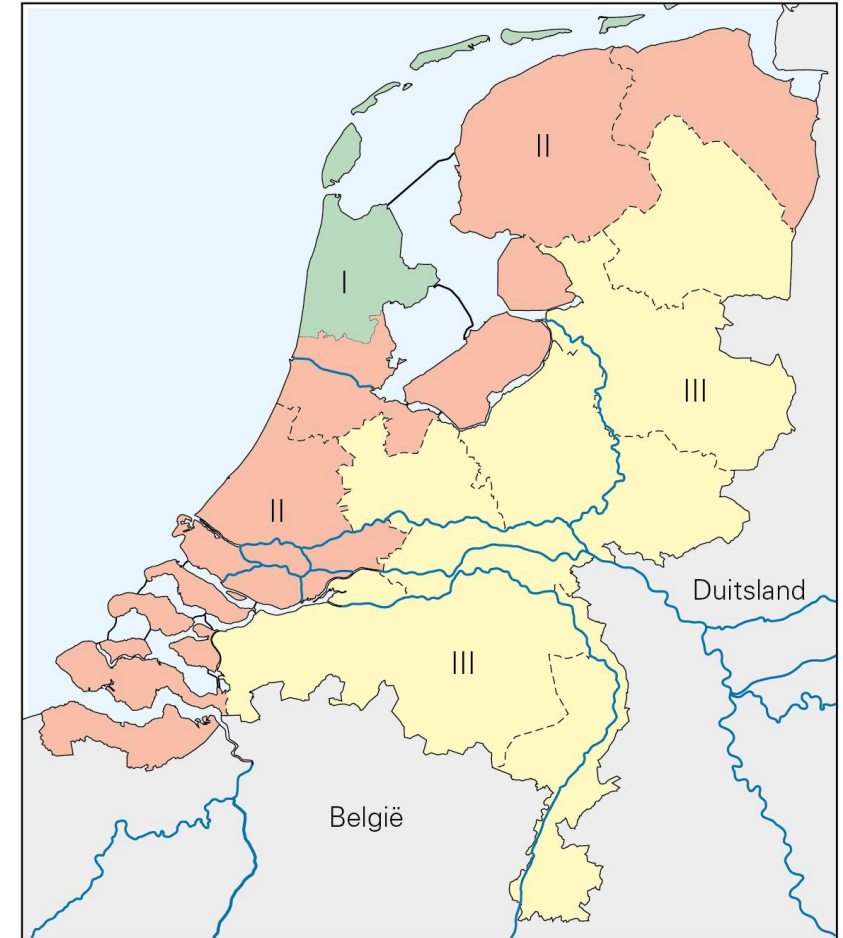
› Druk- en Krachtcoëfficiënten

› Uitgebreidere set met data

› Uitbreiding via bijlagen

› Fluctuerende belastingen

› 1 procedure voor c_{sd}



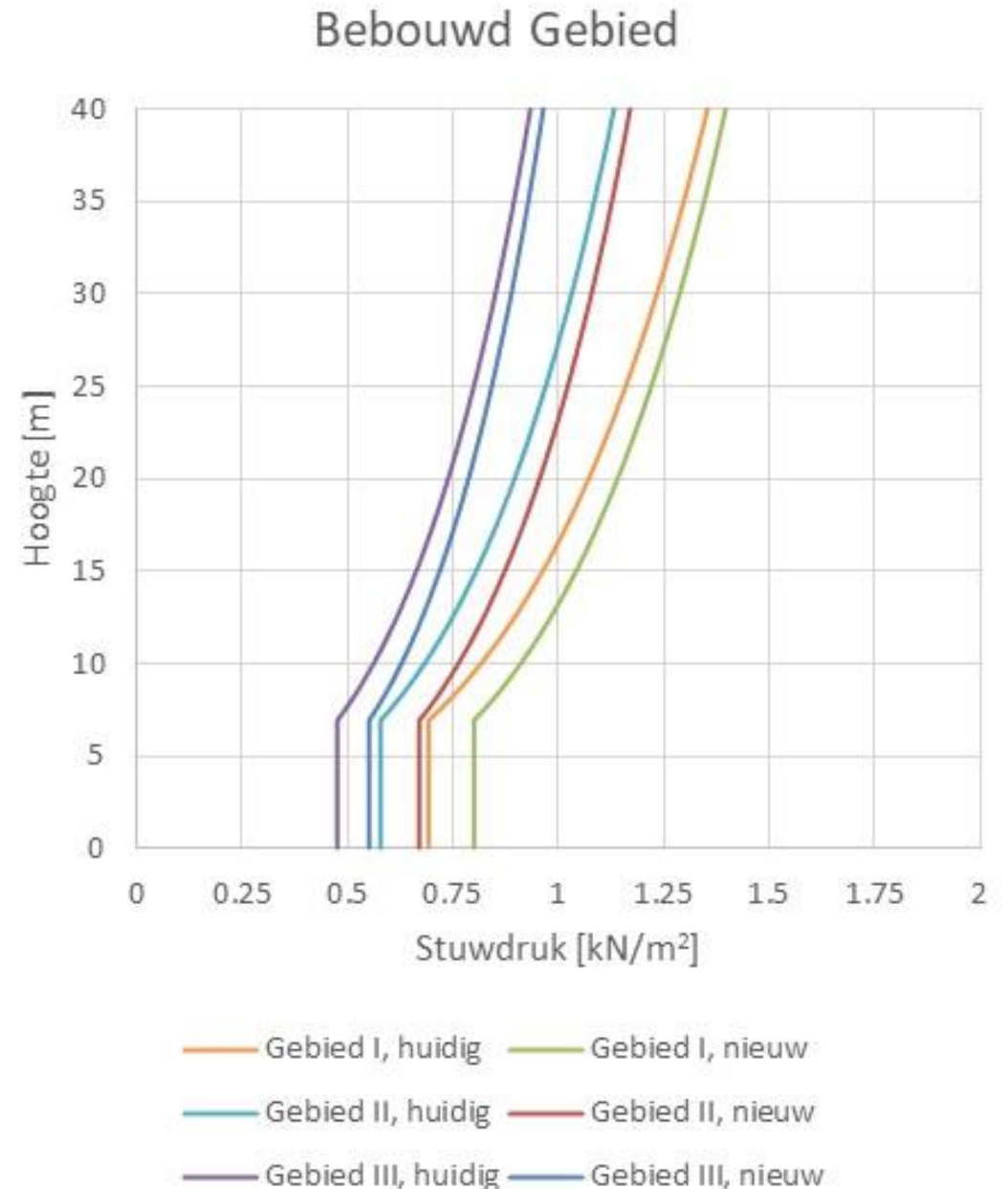
› WAT IS ANDERS ? STUWDRIK

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_p(z) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_p^2(z)$$

$$v_p(z) = v_m(z) \cdot (1 + k_u \cdot I_u(z))$$

k_u is 2,8 unless

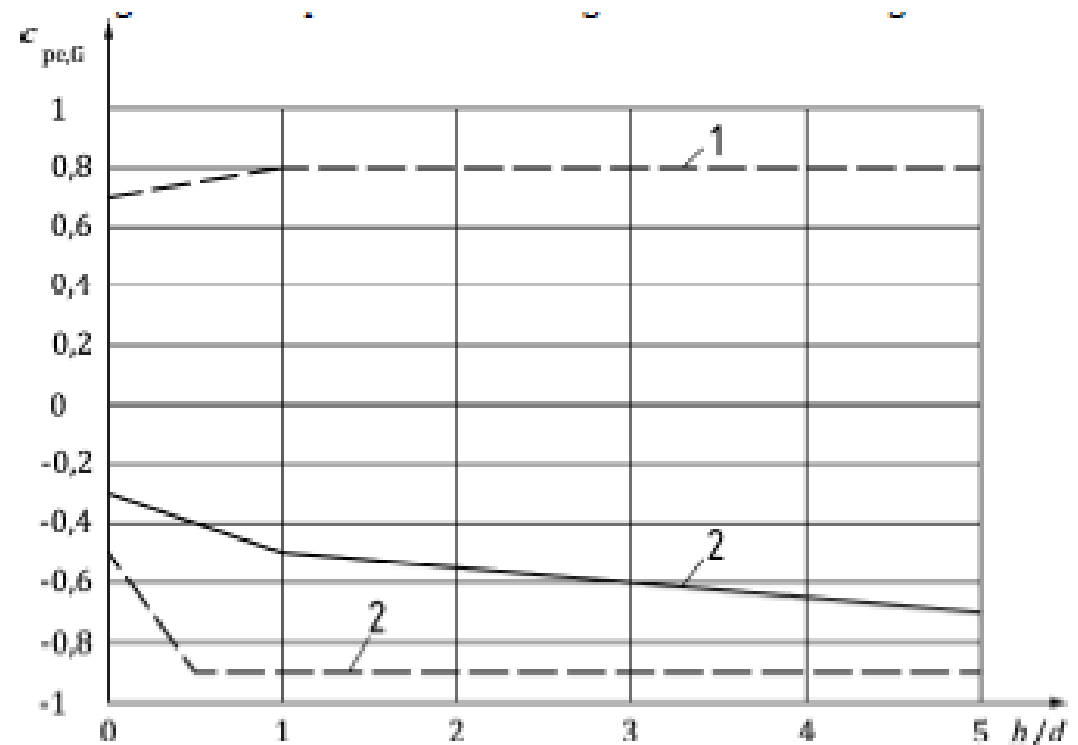


› WAT IS ANDERS ?

DRUK- EN KRACHTCOËFFICIËNTEN

› Globale coëfficiënten bij gebouwen

- › $C_{pe,1} / C_{pe,10} / C_{pe,G}$
- › Belasting op gebouwszijde als geheel



WAT IS ANDERS ?

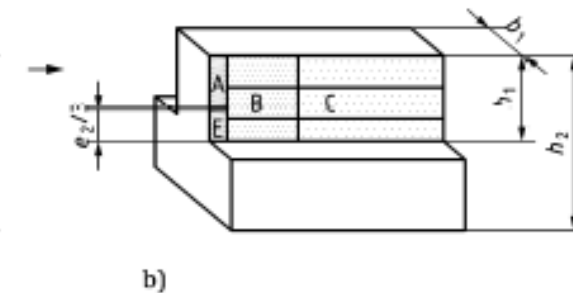
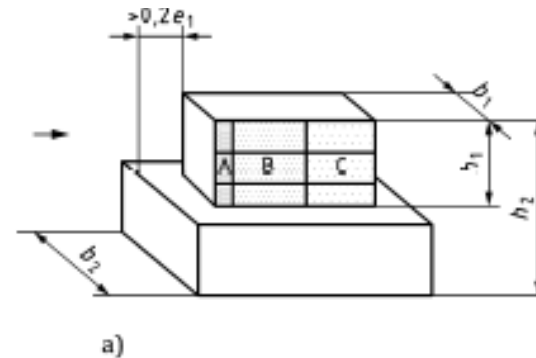
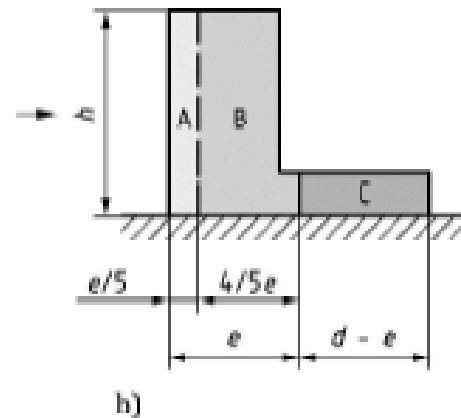
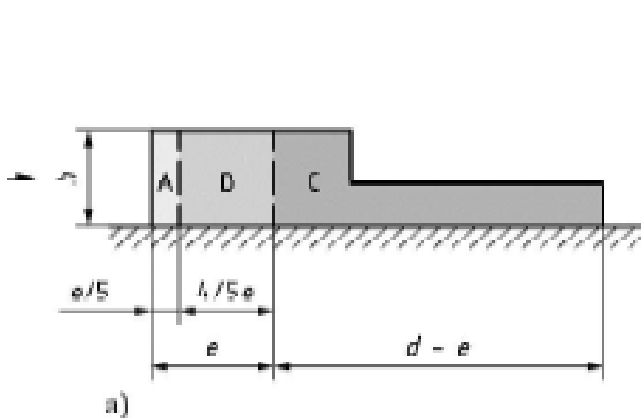
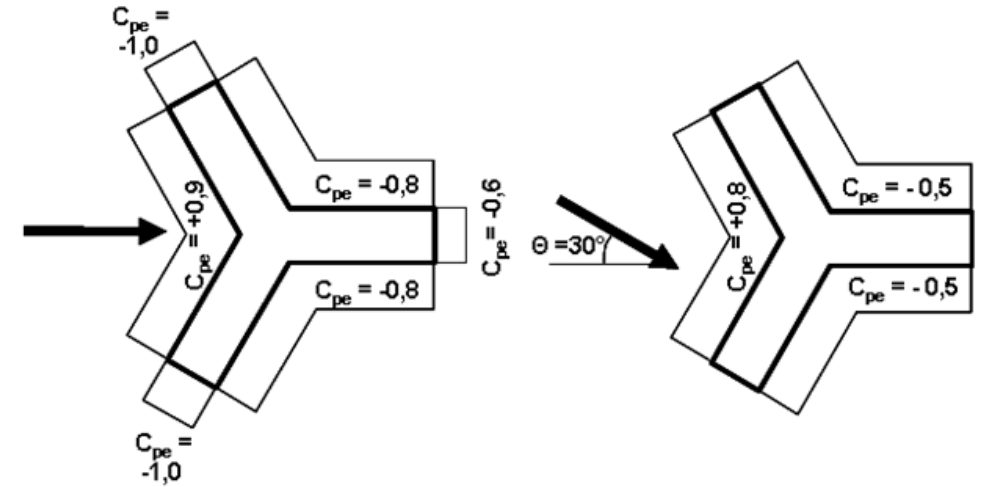
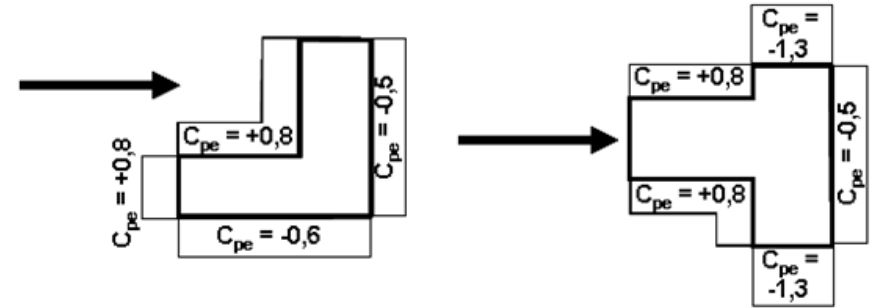
DRUK- EN KRACHTCOËFFICIËNTEN

› Globale coëfficiënten bij gebou

› $C_{pe,1} / C_{pe,10} / C_{pe,G}$

› Belasting op gebouwszijde als geheel

› Nieuwe vormen

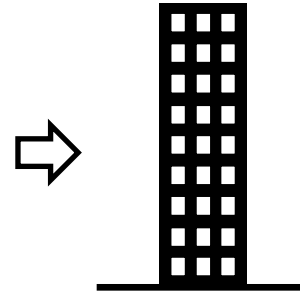


› **WAT IS ANDERS ?** FLUCTUERENDE BELASTING

- › 1 methode voor c_{sd}
 - › Afwijkend van huidige methoden
 - › Stappenschema opgegeven voor formules
- › Nieuw: dwars- en torsietrillingen
 - › Voorwaarden voor toepassing gegeven
 - › Stappenschema's
- › Regels voor aerodynamische verschijnselen

› TRILLINGEN VAN HOOGBOUW

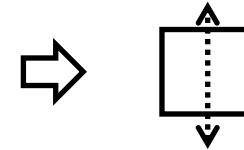
› Langstrillingen: c_{sd}



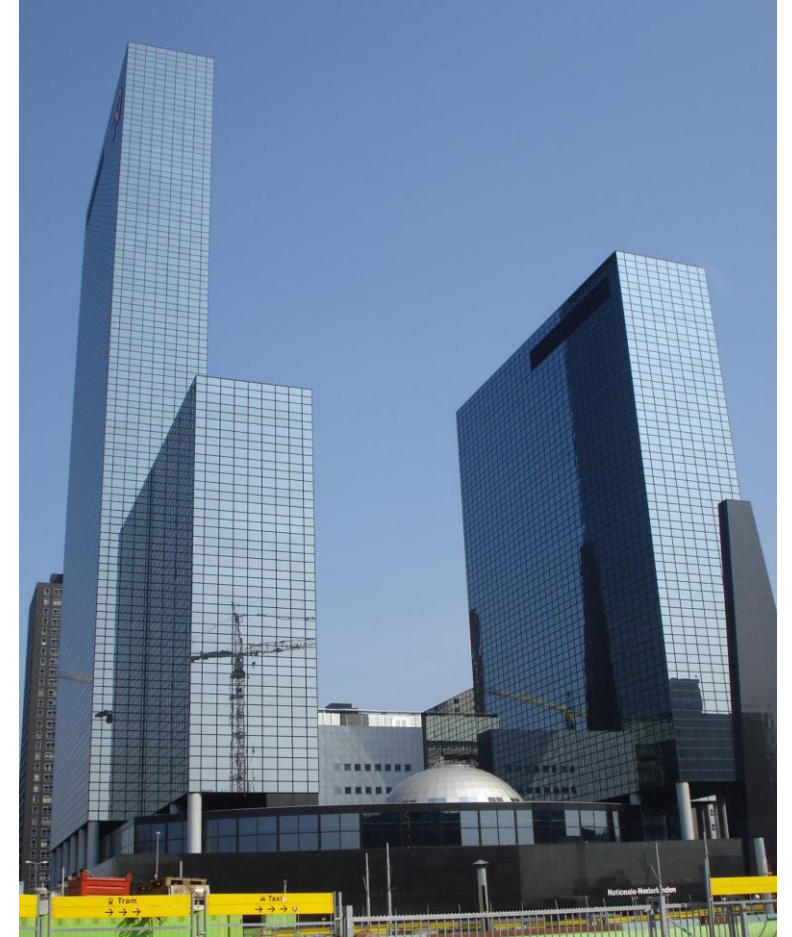
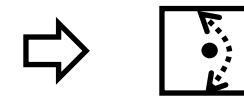
› Dwarstrillingen



› Dwarstrillingen



› Torsietrillingen



TRILLINGEN VAN HOOGBOUW

FACTOR C_{SD}

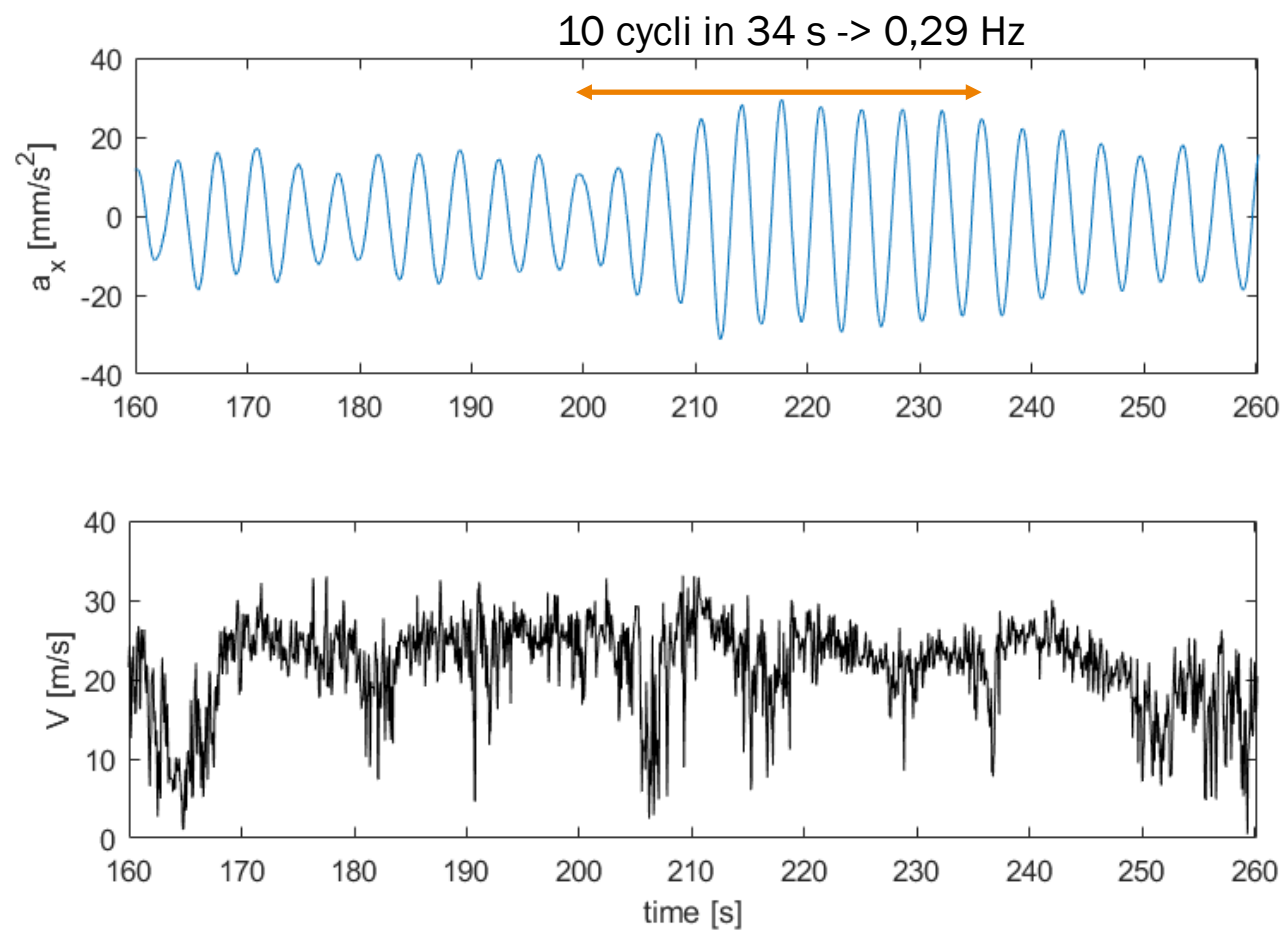
Nieuwe factor $c_{scd} \rightarrow c_{sd}$

$$C_s C_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_s)} \quad \rightarrow \quad c_{sd} = \frac{1 + 2 \cdot I_u(z_s) \cdot \sqrt{(k_B \cdot B)^2 + (k_R \cdot R)^2}}{1 + 2 k_B \cdot I_u(z_s)}$$

- Bijlage F
- Eenduidige methode
- Uitgebreide set formules
- Niet intuïtief

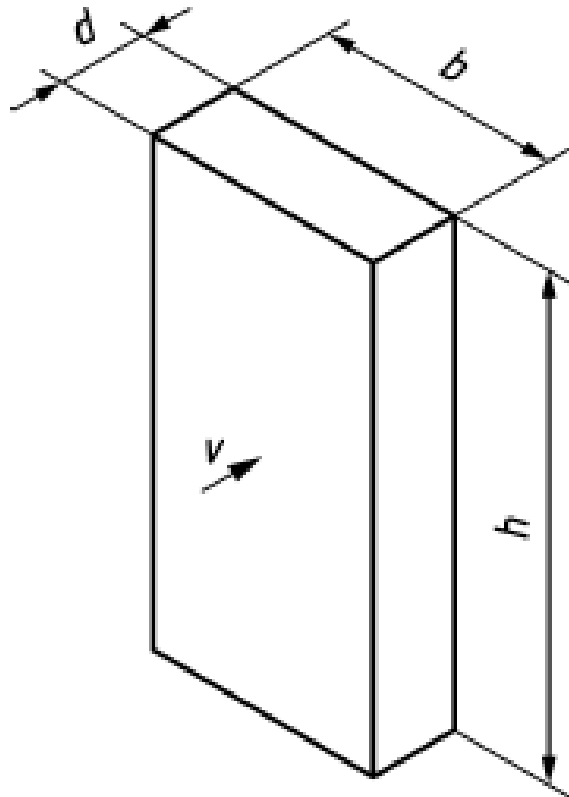
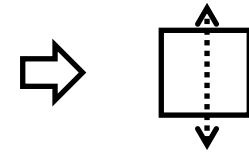
› DYNAMICA VAN HOOGBOUW

TRILLINGSGEDRAG



TRILLINGEN VAN HOOGBOUW

DWARSTRILLINGEN



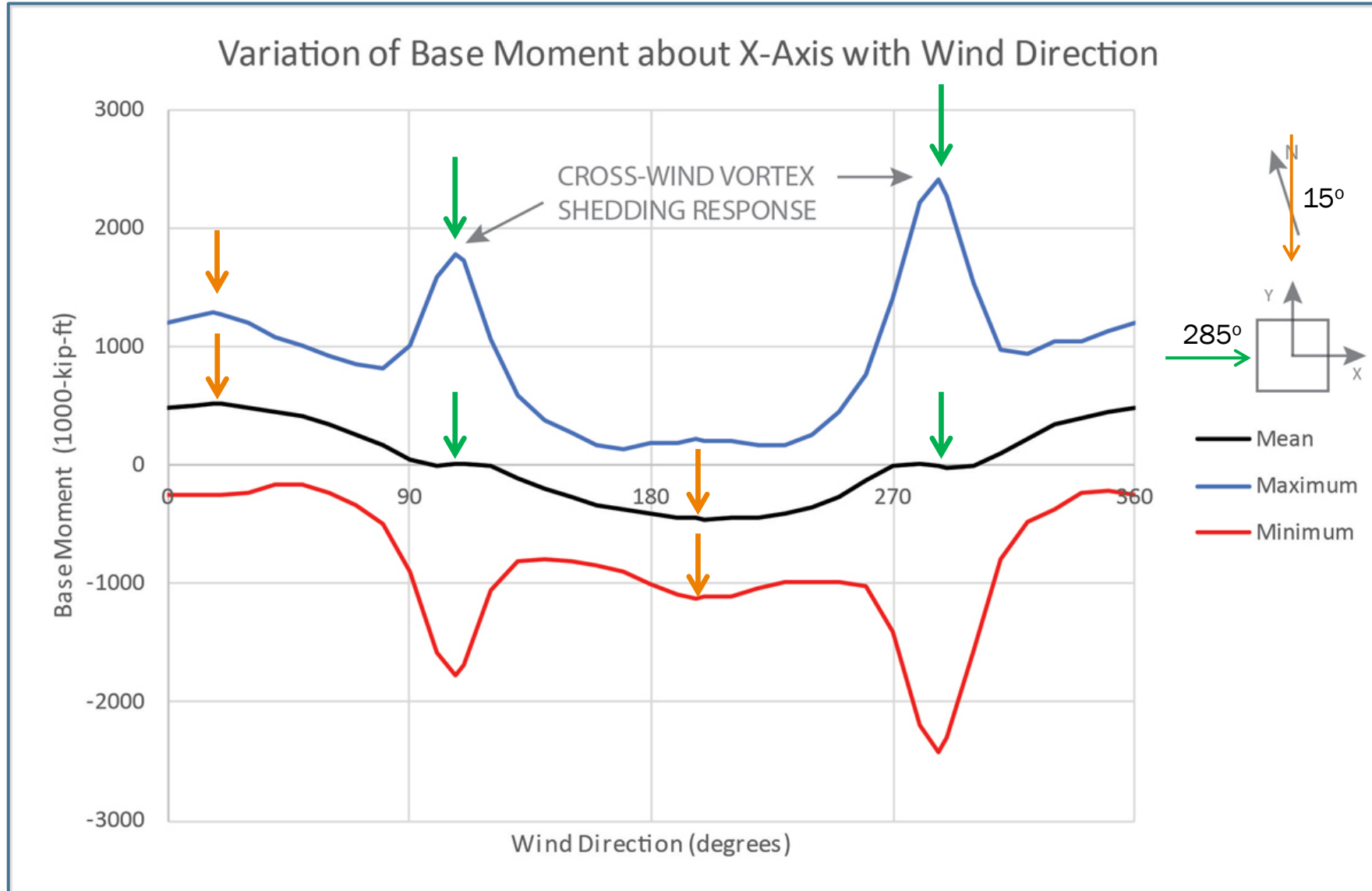
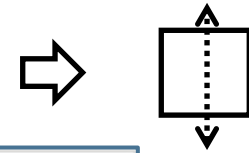
$$3 \leq \frac{h}{\sqrt{b \cdot d}} < 6$$

$$0,2 \leq \frac{d}{b} \leq 5$$

$$\frac{v_m(h)}{n_{LM} \cdot \sqrt{b \cdot d}} \leq 10$$

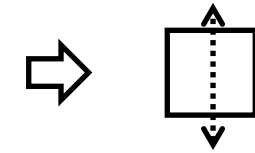
TRILLINGEN VAN HOOGBOUW

DWARSTRILLINGEN

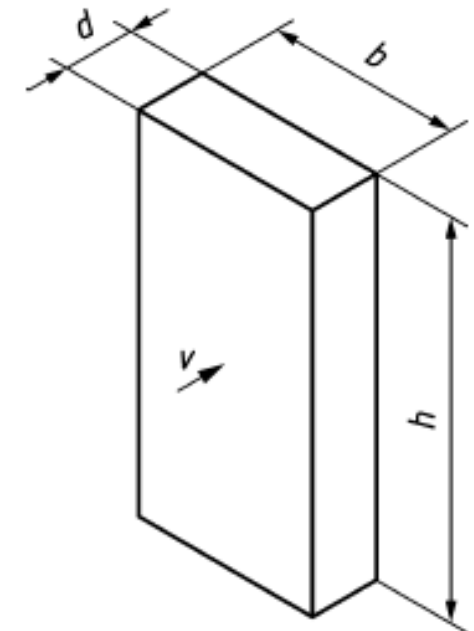


TRILLINGEN VAN HOOGBOUW

DWARSTRILLINGEN

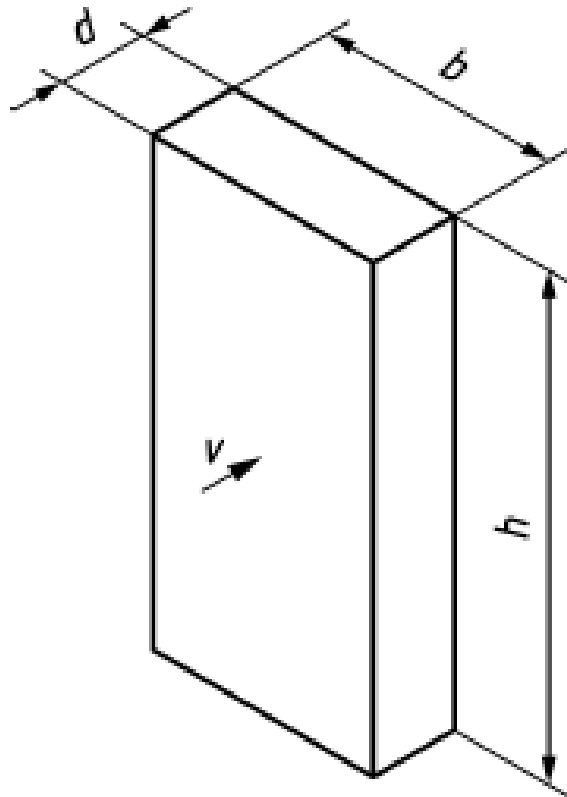


Step	Operation
1	Evaluation of geometric parameters b, d, h (Figure G.1)
2	Evaluation of the mean wind velocity $v_m(h)$ (6.3.1)
3	Evaluation of the turbulence intensity $I_u(h)$ (6.4)
4	Evaluation of dynamic parameters n_L and δ_L (Annex I)
5	Evaluation of parameter m (Formula (G.9))
6	Evaluation of parameters k_{L1} and k_{L2} (if $m = 2$) (Formula (G.10))
7	Evaluation of parameters β_{L1} and β_{L2} (if $m = 2$) (Formula (G.11), Figure G.3)
8	Evaluation of parameter n_{s1} and n_{s2} (if $m = 2$) (Formula (G.12), Figure G.4)
9	Evaluation of parameter S_L (Formula (G.8))
10	Evaluation of resonant response factor R_L (Formula (G.7))
11	Evaluation of peak factor k_L (Formula (G.13))
12	Evaluation of dynamic coefficient c_{dL} (Formula (G.6))



TRILLINGEN VAN HOOGBOUW

TORSIETRILLINGEN



$$3 \leq \frac{h}{\sqrt{b \cdot d}} < 6$$

$$0,2 \leq \frac{d}{b} \leq 5$$

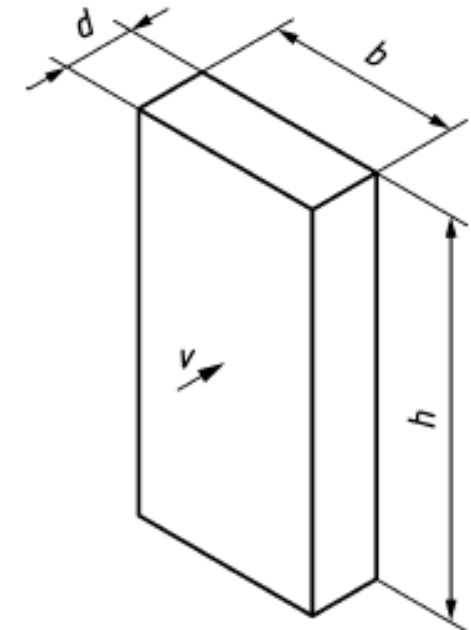
$$\frac{v_m(h)}{n_{LM} \cdot \sqrt{b \cdot d}} \leq 10$$

TRILLINGEN VAN HOOGBOUW

TORSIETRILLINGEN



Step	Operation
1	Evaluation of geometric parameters b, d, h (Figure G.1)
2	Evaluation of the mean wind velocity $v_m(h)$ (Section 6.3.1)
3	Evaluation of the turbulence intensity $I_u(h)$ (Section 6.4)
4	Evaluation of dynamic parameters n_M and δ_M (Annex I)
5	Evaluation of parameter v_M^* (Formula (G.19))
6	Evaluation of parameters β_{M1} (if $v_M^* \leq 6$) and β_{M2} (if $v_M^* \geq 4.5$) (Formula (G.21), Figure G.6)
7	Evaluation of parameters K_{M1} (if $v_M^* \leq 6$) and K_{M2} (if $v_M^* \geq 4.5$) (Formula (G.22), Figure G.7)
8	Evaluation of parameters S_{M1} (if $v_M^* \leq 6$) and S_{M2} (if $v_M^* \geq 4.5$) (Formula (G.20))
9	Evaluation of parameter S_M (Formula (G.18))
10	Evaluation of the resonant response factor R_M (Formula (G.17))
11	Evaluation of peak factor k_M (Formula (G.23))
12	Evaluation of dynamic coefficient c_{dM} (Formula (G.17))



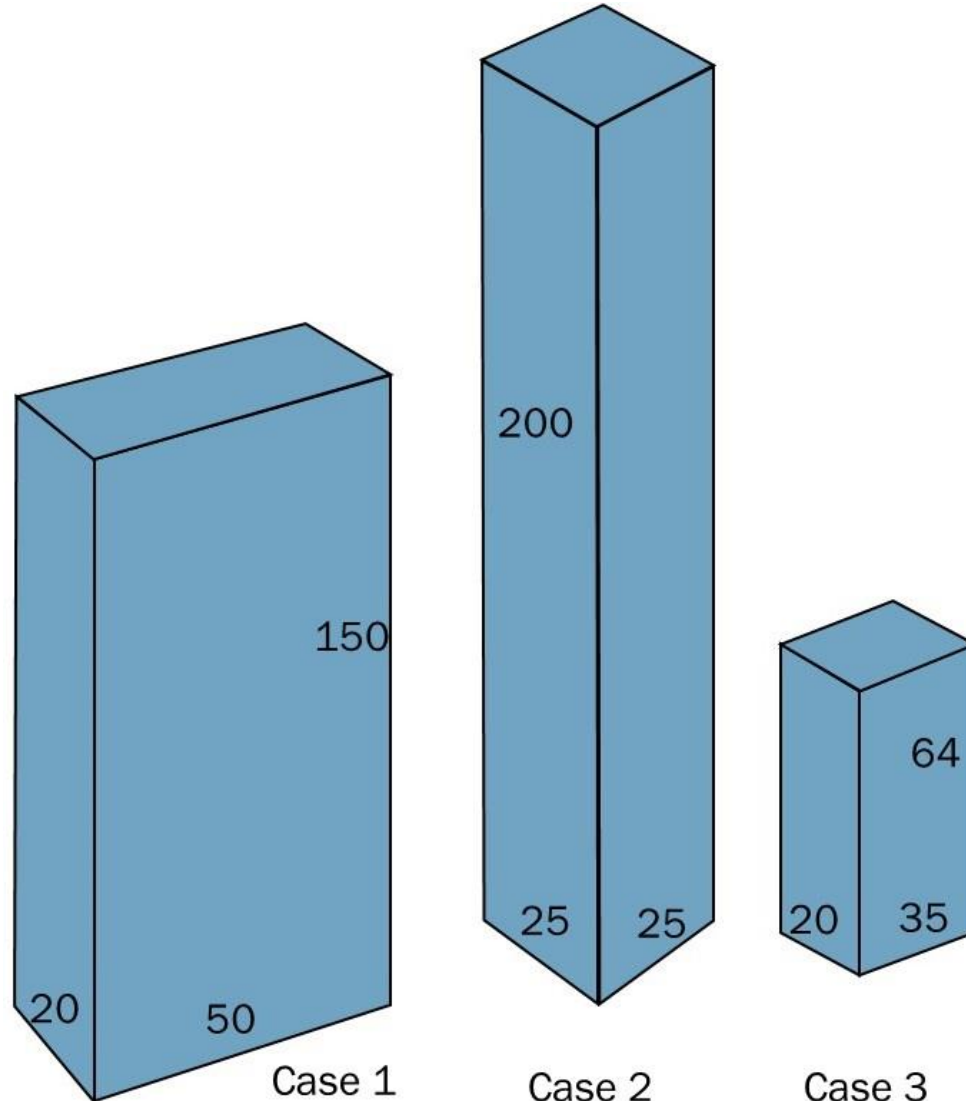
› **VOORBEELDBEREKENINGEN**
HIVIBE CONSORTIUM

TKI Deltatechnologie



› VOORBEELDBEREKENINGEN

HIVIBE CONSORTIUM



Draft February 2022

Chapter 6: Wind Velocity and Velocity Pressure

Chapter 8: Structural Factor c_{sd}

Chapter 9: Across-wind and torsional actions

Annex F: Along Wind Vibrations

Annex G: Cross Wind and Torsional Vibrations

Annex H: Cross Wind and Torsional Vibrations

Annex I: Dynamic Properties

Doel: publicatie via cement/bms

› **VOORBEELDBEREKENINGEN**

HIVIBE CONSORTIUM, BEVINDINGEN

› Trillingen langsrichting

- › ULS, trillingen langsrichting goede overeenkomst
- › SLS, verschillen (beperkt)

› Trillingen dwarsrichting en torsie

- › Iedere partij andere uitkomst (ULS en SLS)
- › Discussie over uitgangspunten en normteksten

› Gezamenlijke afstemming

- › Keuzes en interpretaties afgestemd
- › Validatiecasus gedefinieerd

› Terugkoppeling CEN – werkgroep

› TOETSEN VAN DYNAMISCH GEDRAG

VEILIGHEID EN BRUIKBAARHEID

› Veiligheid (UGT)

- › Wet- en regelgeving (Bouwbesluit)

- › Rekenwaarde windbelasting

$R = 50$ jaar

belastingfactor

- › Statisch rekenen, toets op sterkte, toepassing c_{sd}

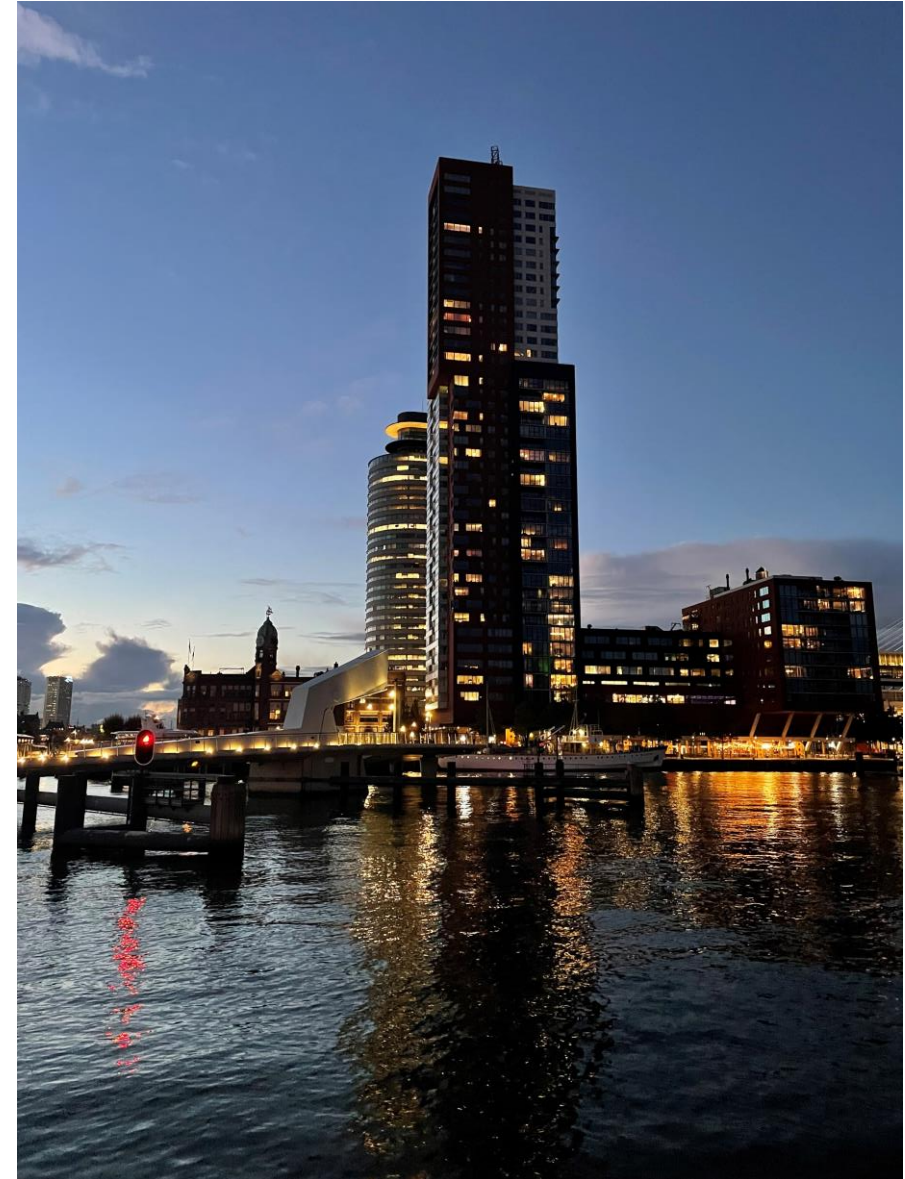
› Bruikbaarheid (BGT)

- › Geen wettelijke plicht

- › Doorbuiging, voelbare trillingen

$R = 1$ jaar

- › Toets op trillingscriteria



› MEER WETEN VERDIEPINGSCURSUSSEN

›Cursus Windbelastingen

Bouwen met Staal ism BV / SKW (November 2022)



›Cursus Dynamica van Gebouwen

Bouwen met Staal (April 2023)



›Cursus Nieuwe Eurocode 1

PAO



› **VRAGEN ?**
CHRIS.GEURTS@TNO.NL