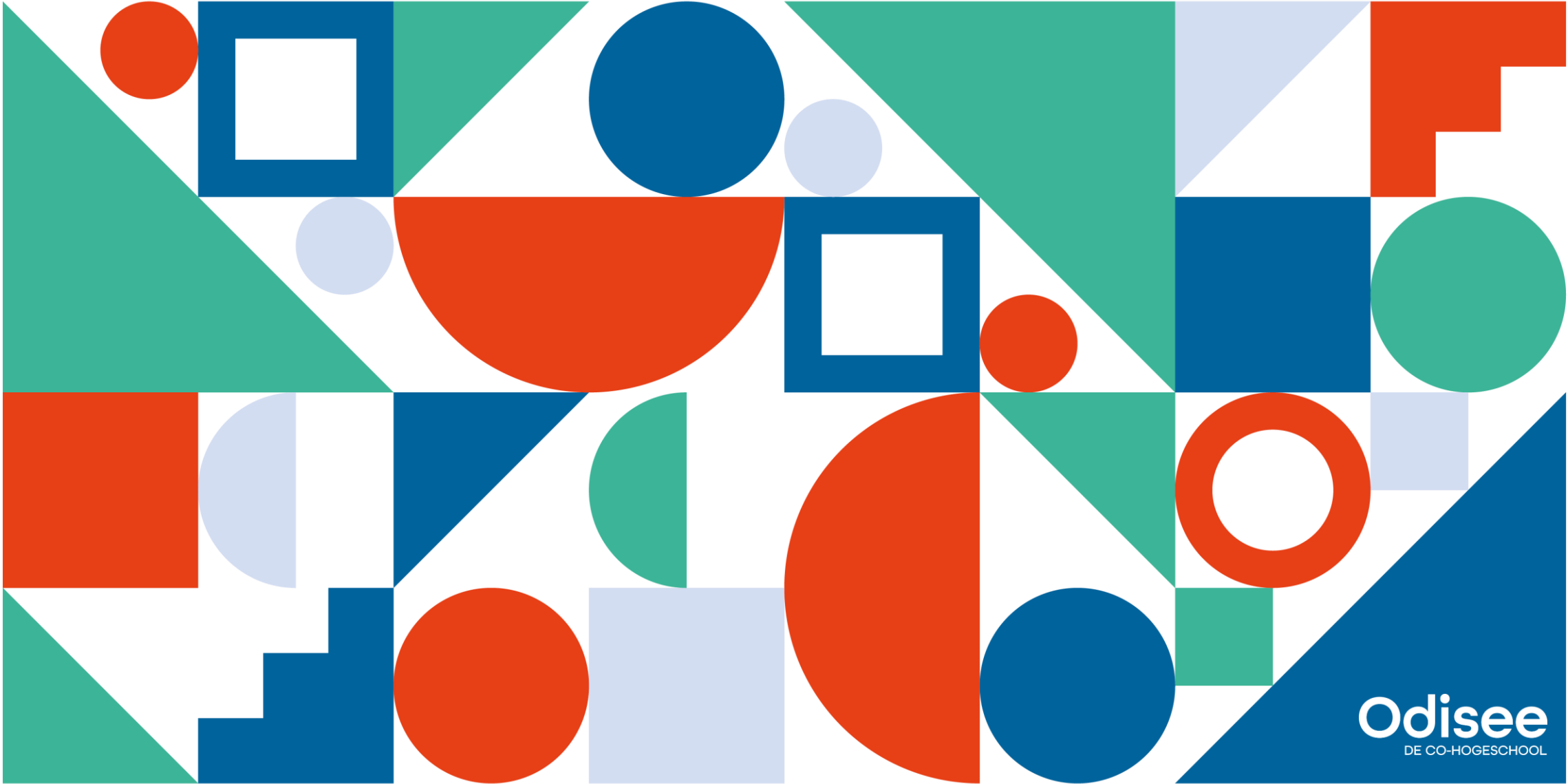


orkaan Dorian 2019, Hawaii



▶ 1 Stormschade vermijden - Bouwunie najaar 2019



Odisee
DE CO-HOGESCHOOL

Stormschade vermijden door een professionele uitvoering



ir. Marcus Peeters

Campusbeheerder Aalst

Coördinator onderzoekskern DuBiT

- 1.** De wind
- 2.** Het platte dak
- 3.** Het hellende dak
- 4.** Zonnepanelen

Wind en schade



Wind = energie

Formule voor kinetische energie / luchtvolume

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

q_b : basiswinddruk ($\text{N/m}^2 = \text{Pa}$)

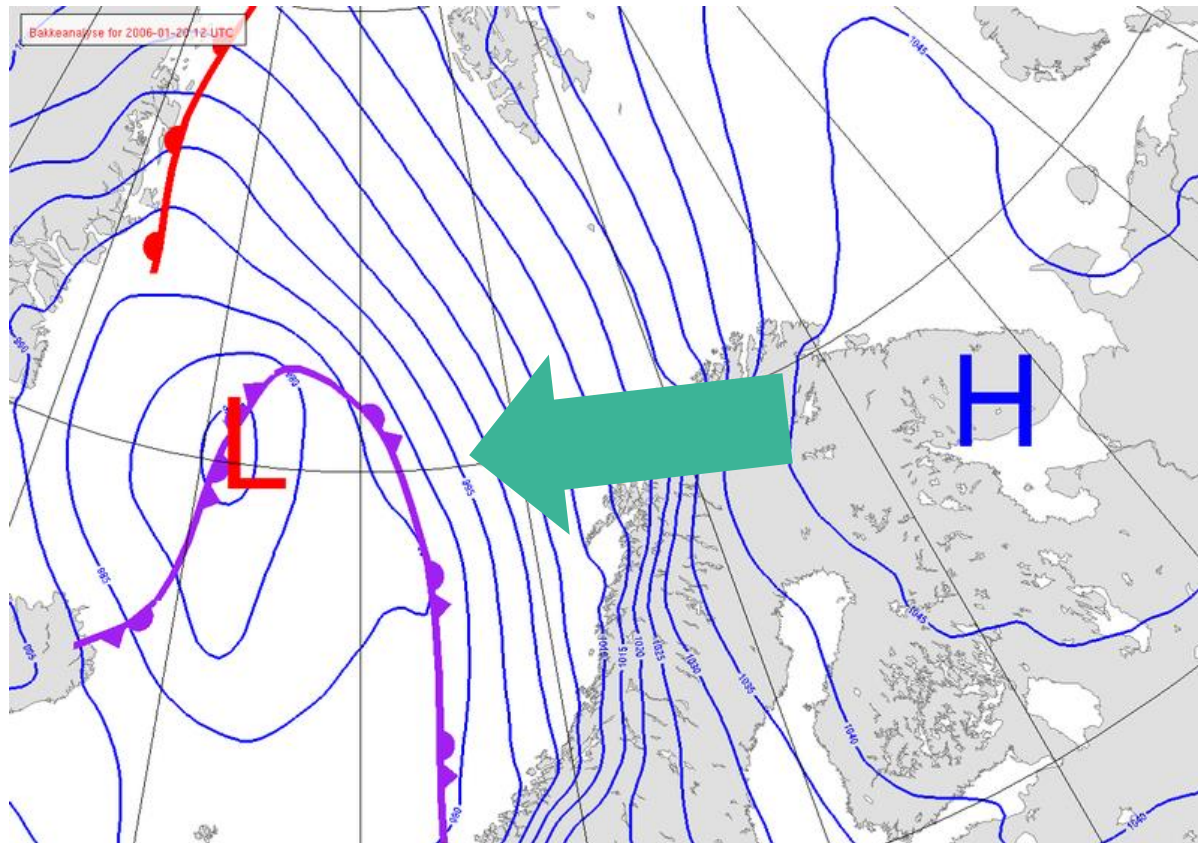
ρ : soortelijke massa lucht (bij ca. 10°C :
 $= 1,25 \text{ kg/m}^3$)

v_b : basiswindsnelheid (m/s)

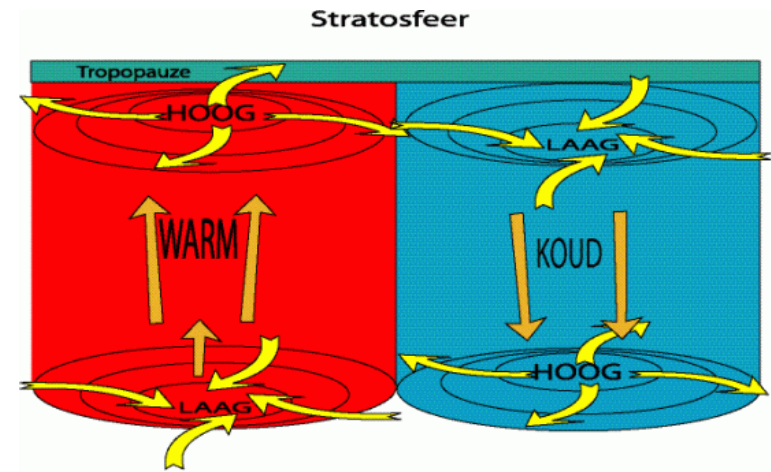
q_b : **energie-inhoud ($\text{J}=\text{Nm}$) van 1 m^3 lucht**



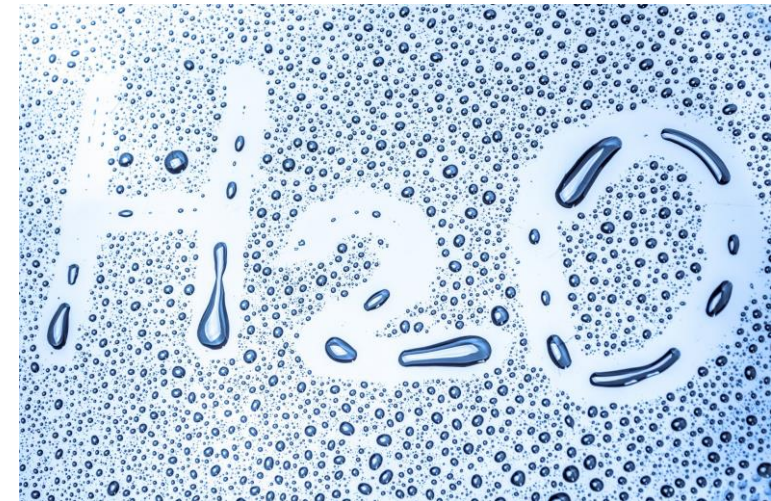
Wind = energie: welke motor drijft wind aan?



Hoge en lage drukgebieden

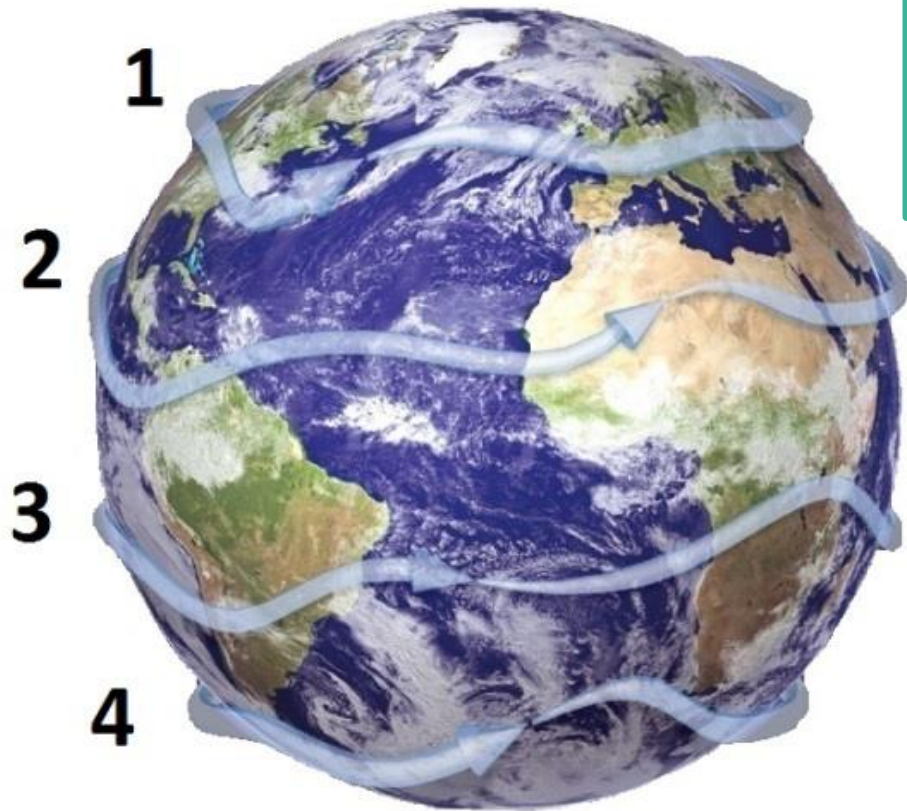


Warme lucht stijgt, koude lucht daalt



Condensatie waterdamp = energie

Wind = energie: welke motor drijft wind aan?

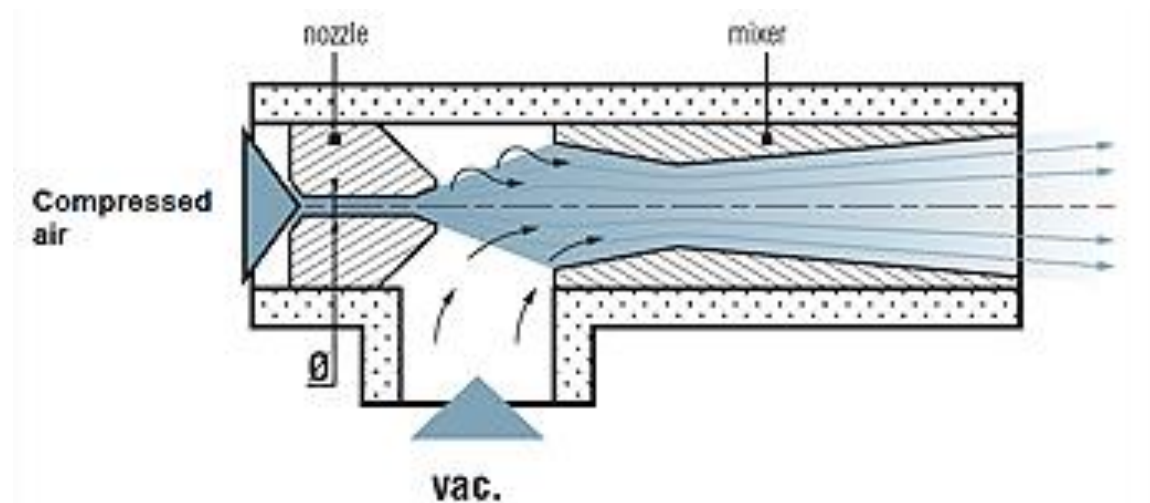


Straalstroom

Hoogte: ca. 10 km (net onder tropopauze)

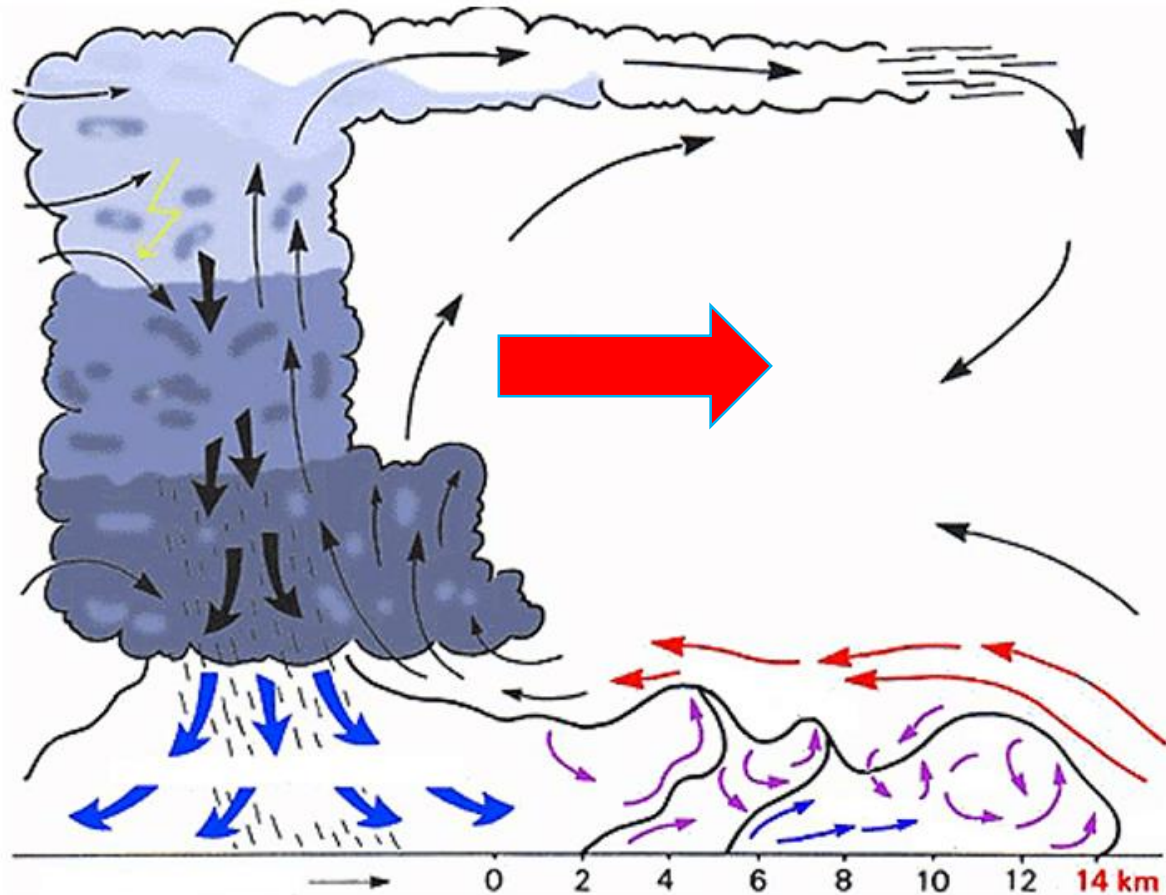
Snelheid: 108 tot 400 km/hr

Sterk meanderend, zeer onregelmatig



De straalstroom (1) creëert een venturi-effect

Valwind – een zomers verschijnsel – meer en meer?



Pukkelpop 18/08/2011

Torhout 30/08/2015

Plaatselijk

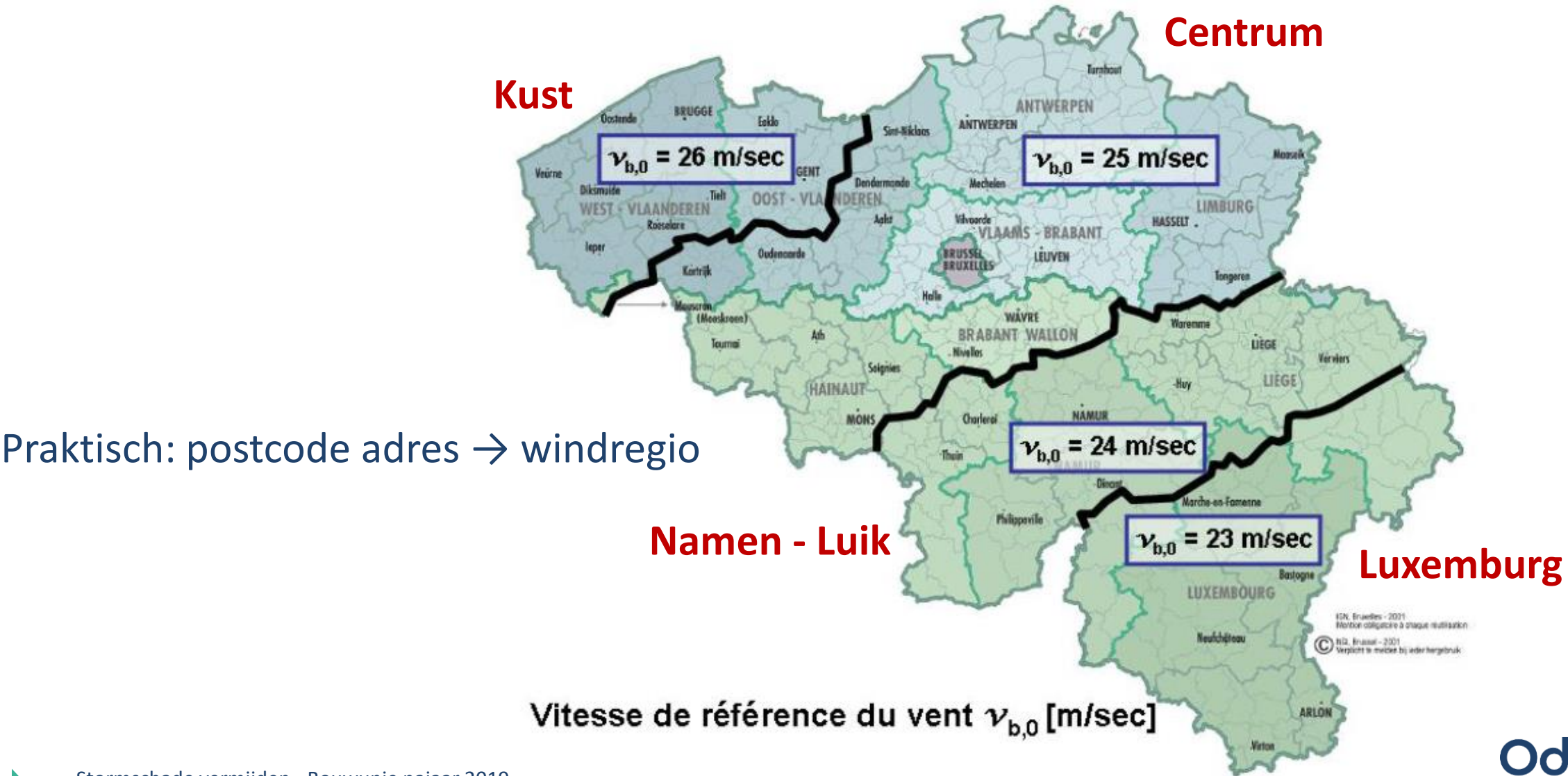
Beperkte duur

Grote schade

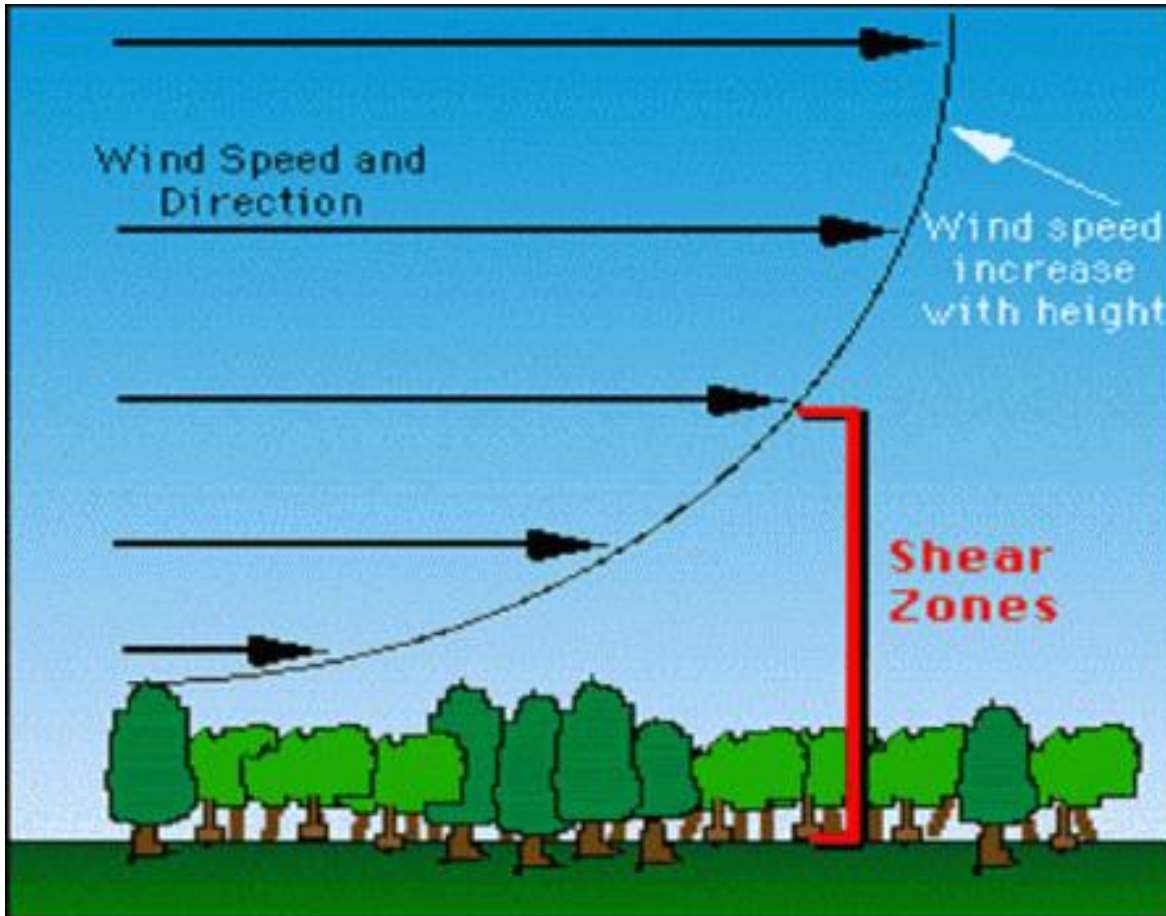
Zelden in rekening gebracht

**Niet ingerekend in gebruikelijke
tabellen en rekentools**

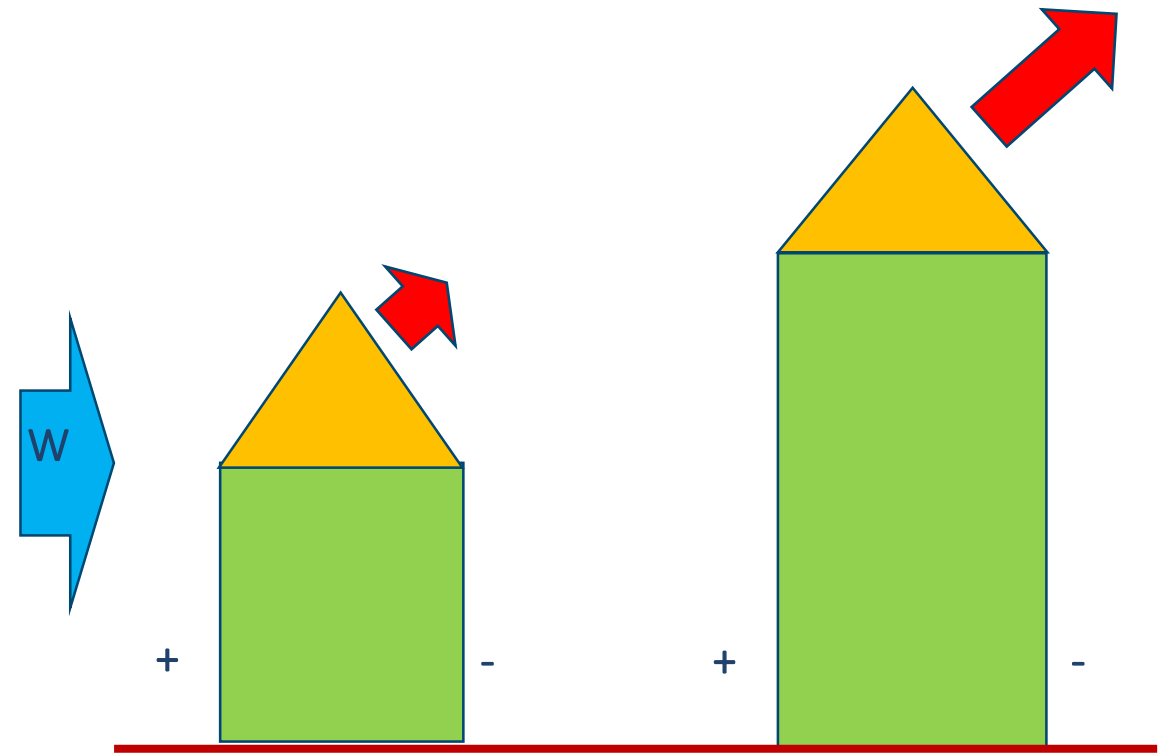
Referentiewindsnelheid in België naargelang windregio



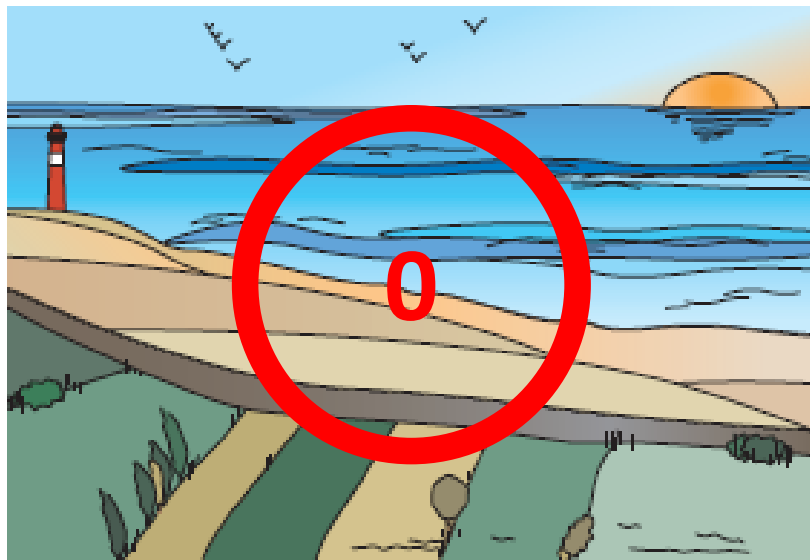
Windsnelheid afhankelijke van de hoogte (plat = dakrand, hellend = nok)



Kees Floor: cursus weerkunde



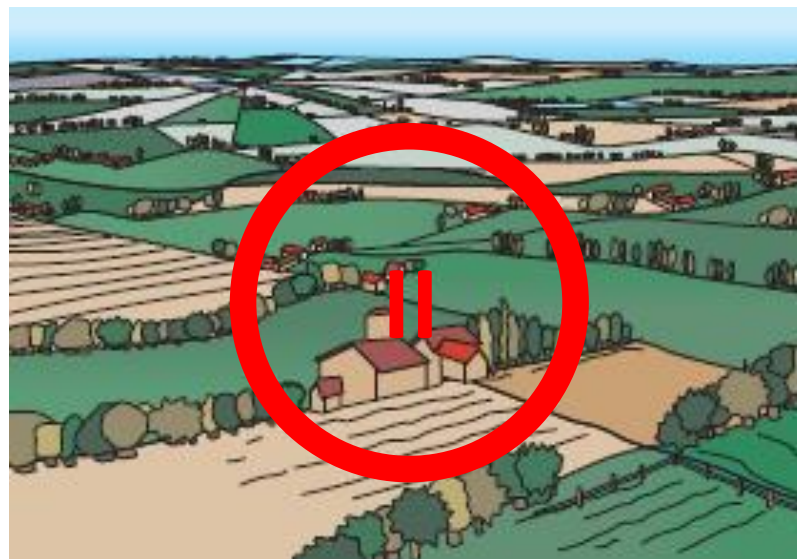
Windsnelheid afhankelijk van de terreinruwtheid rond het gebouw.



0: zee



I: vlakte



II: landelijk
met bosjes

Windsnelheid afhankelijk van de terreinruwheid rond het gebouw.



III: voorstad of bos



IV: stad

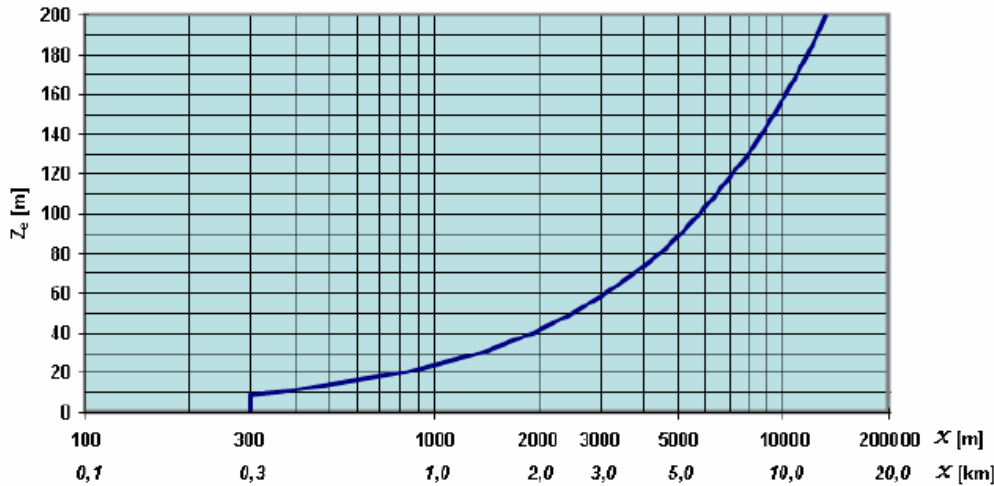
Terreinruwheid rondom gebouw. Hoever rond gebouw?

Nadeligste categorie in hoeksector 30° met straal x

Hulptool WTCB:

<https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=tools&sub=calculator&pag=cint>

Straal van de hoeksector x



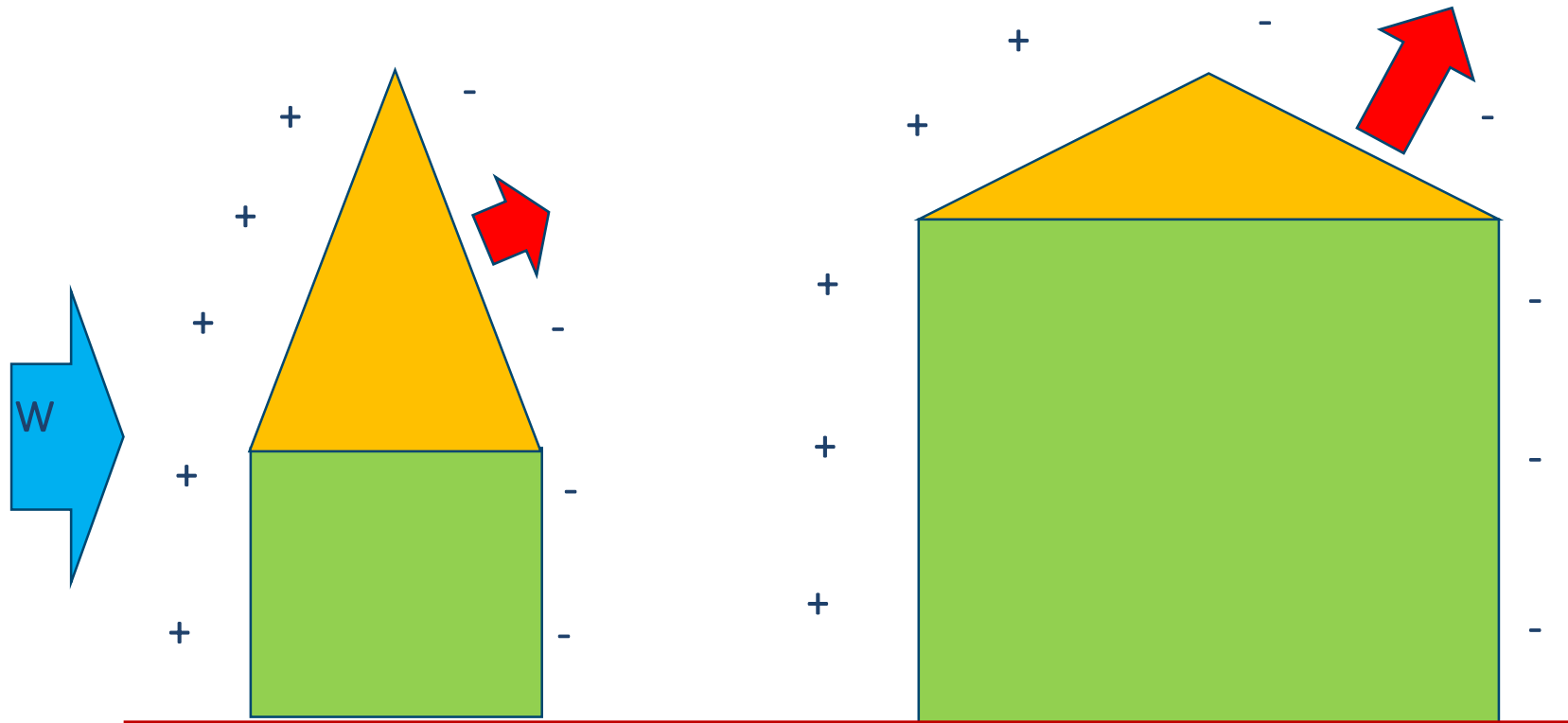
Category Interactive (Cint)

Rekentool ter bepaling van de ruwheidscategorie van het terrein voor de berekening van de windbelasting.

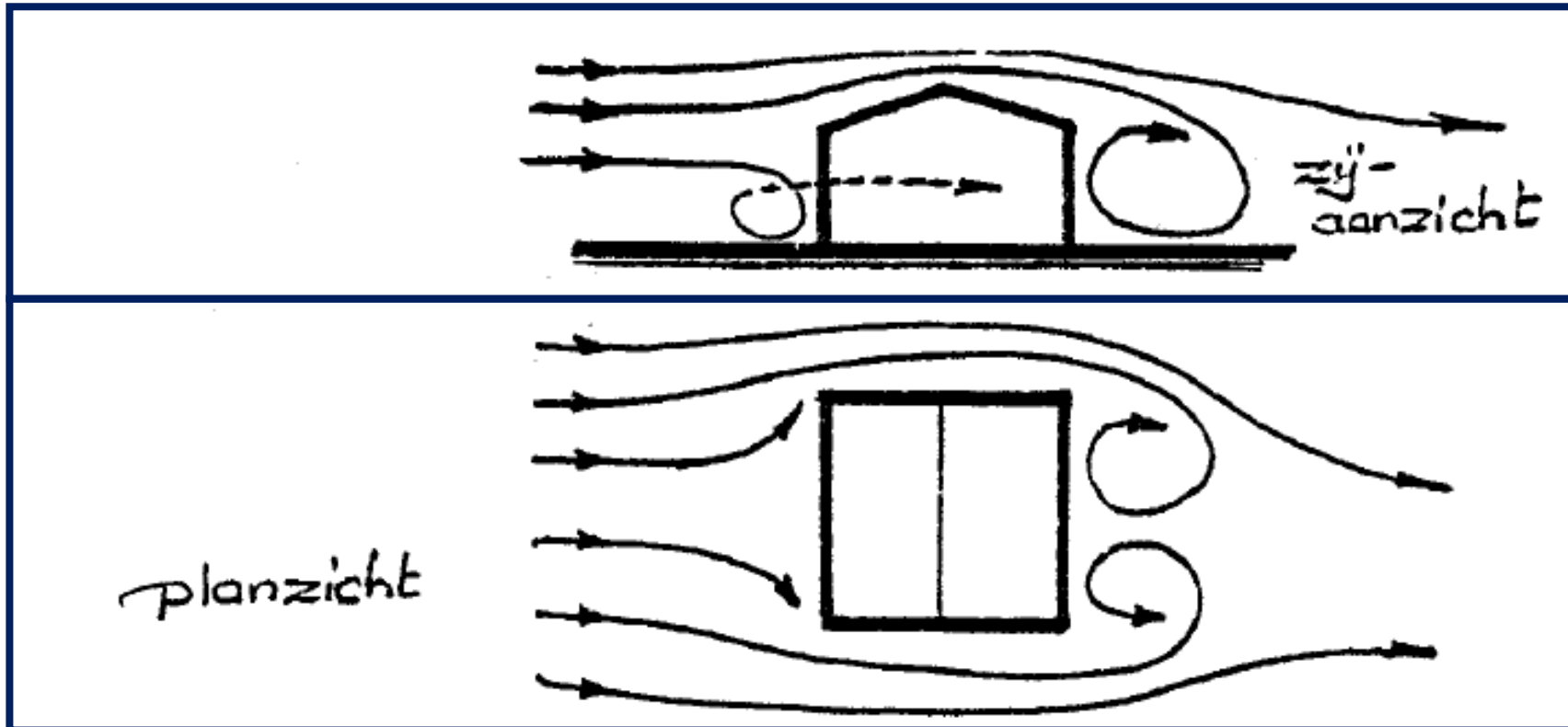
Versie 1.3 - 01.11.2017



Invloed van helling en dakbedekking op de windbelasting

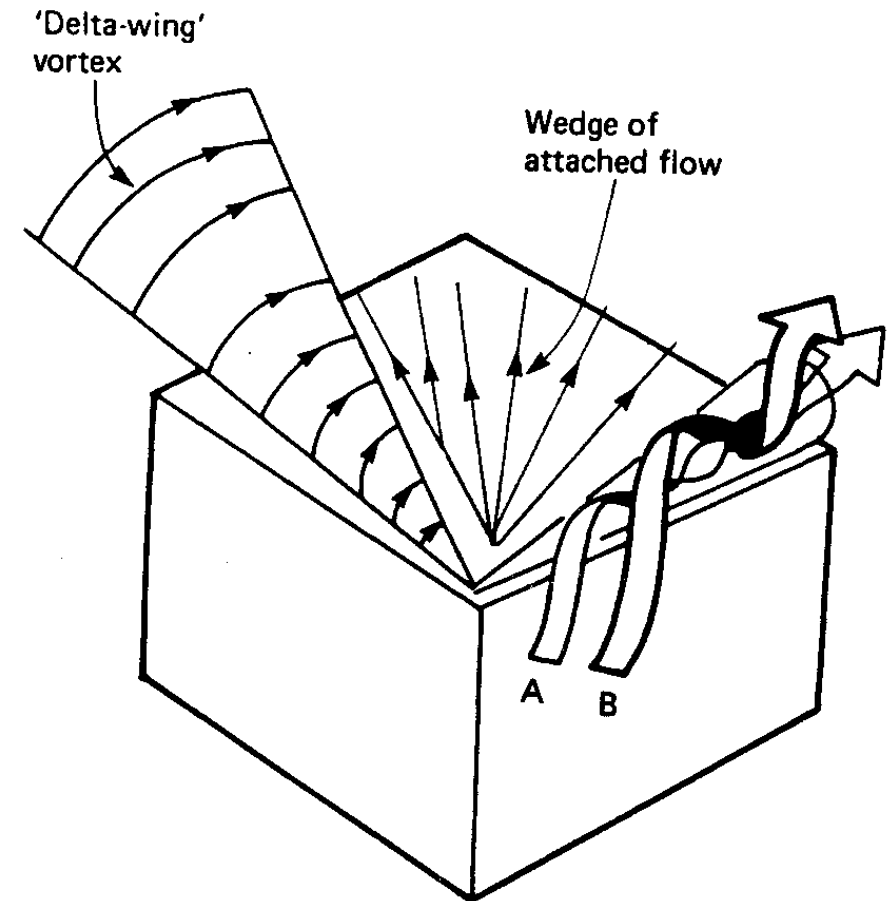
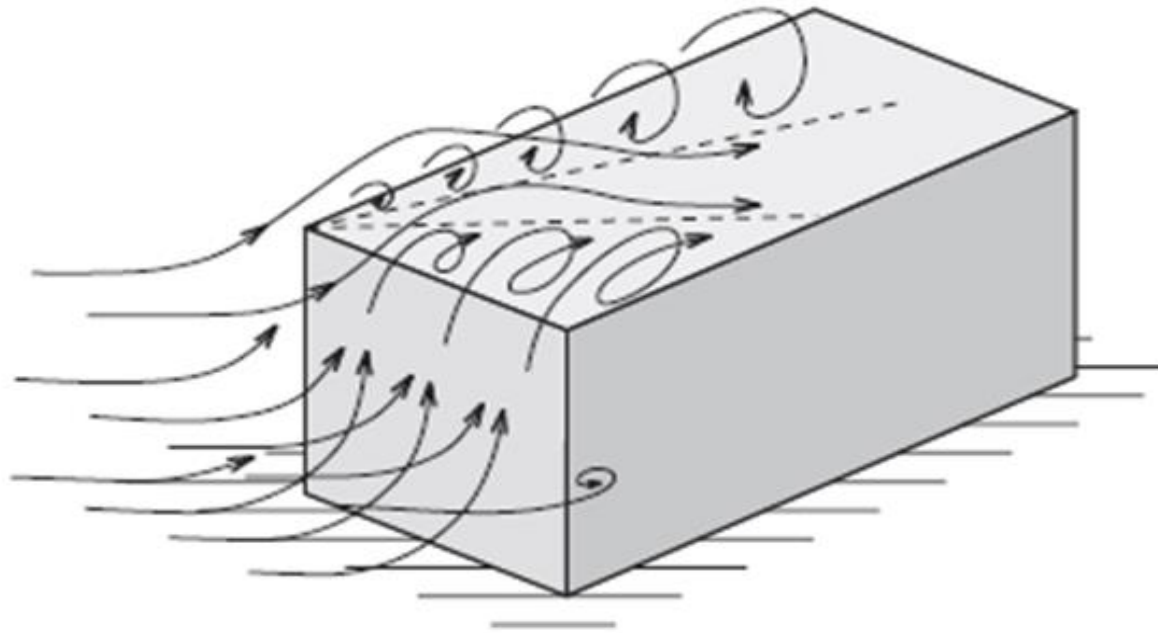


Luchtstroming rondom een gebouw



Cilindrische wervels

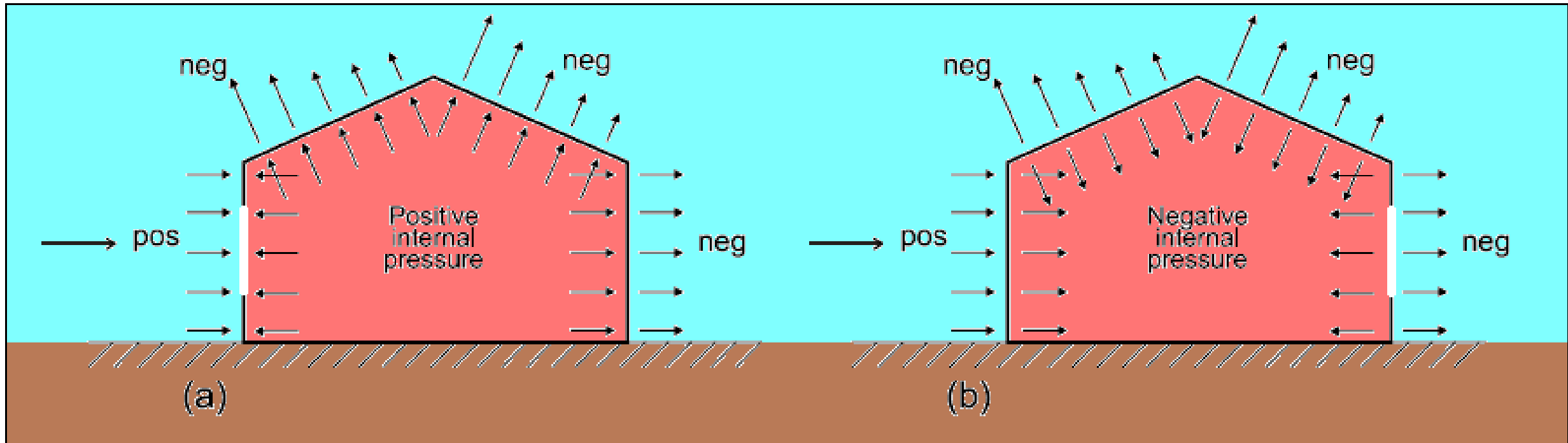
Luchtstroming rond een gebouw



Conische wervels

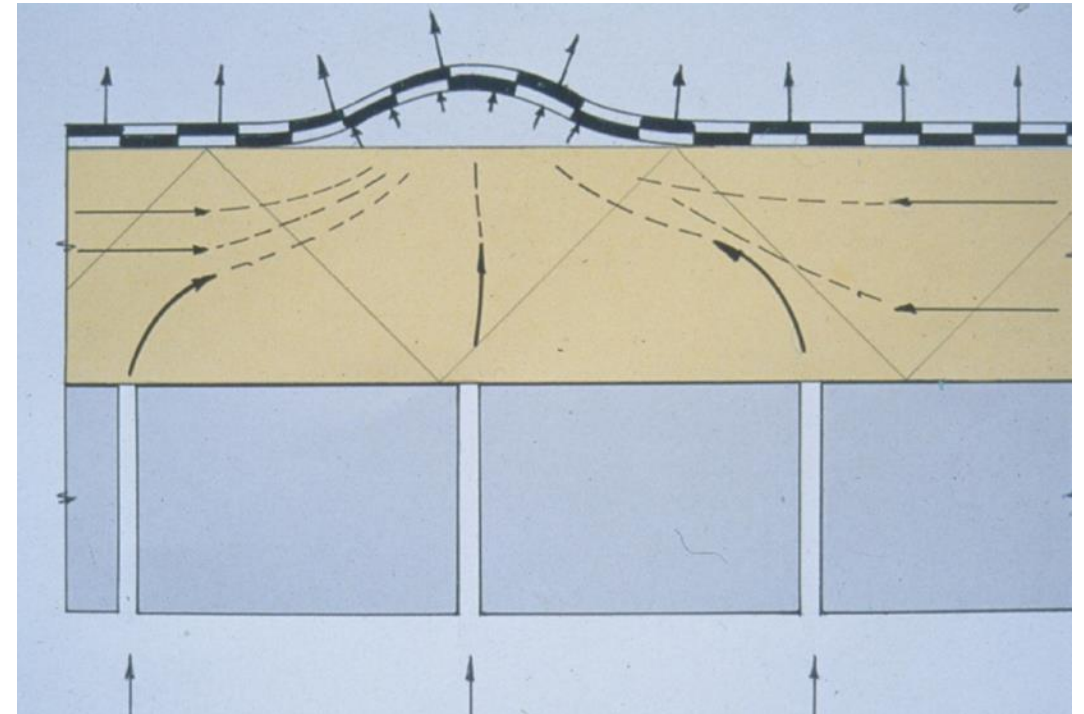
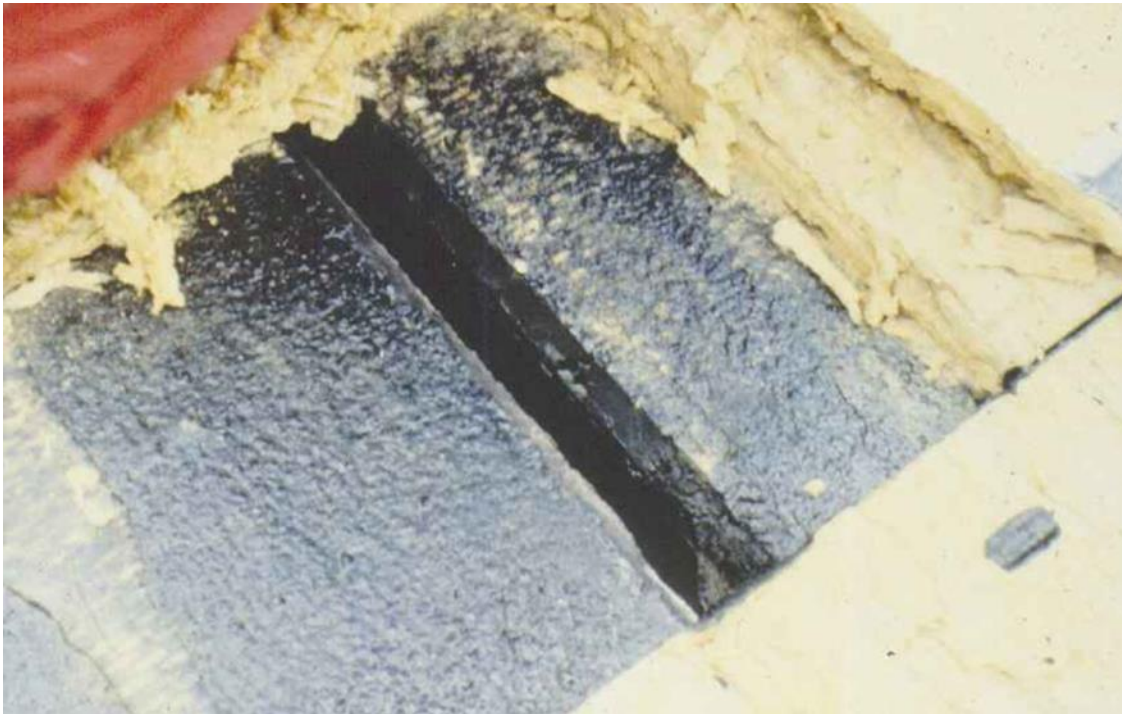
Winddruk in het gebouw / winddruk buiten het gebouw

Binnen in gebouw heerst er ook een onderdruk / overdruk ten gevolge windbelasting (afhankelijk van openingen)



Winddruk in het gebouw / winddruk buiten het gebouw

Druk binnen heeft slechts invloed op dak indien dakvloer min of meer luchtoppen is.



WTCB-publicaties: vereenvoudigde methoden



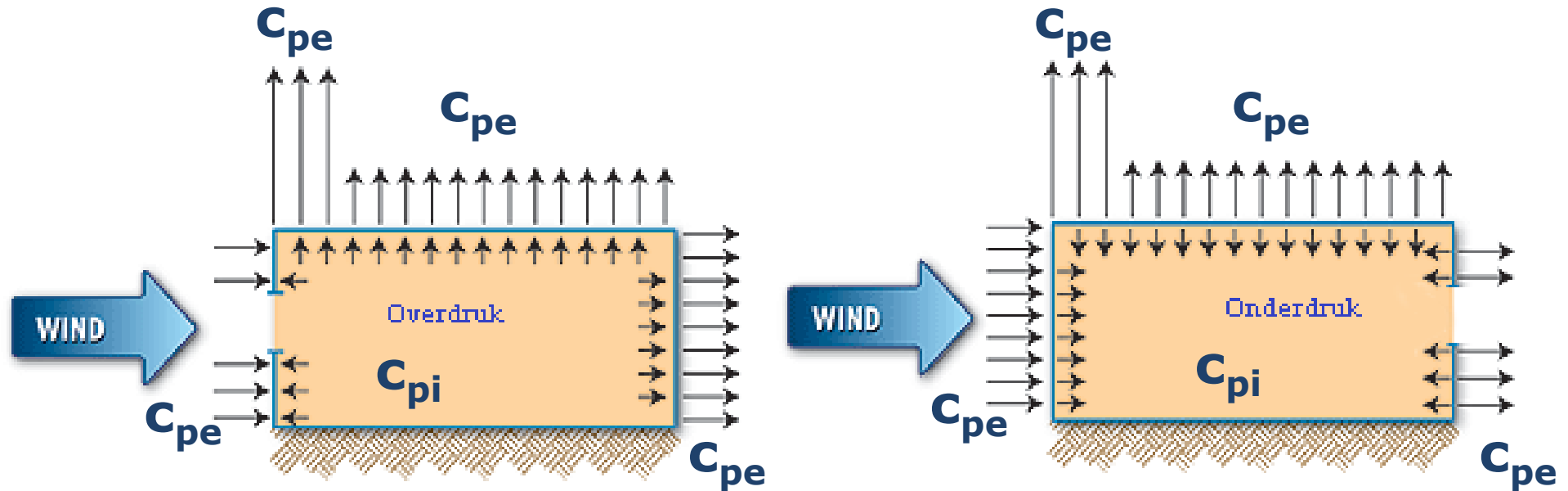
PANNEN- DAKEN



WTCB: rapport nr.11, TV 239, TV 240

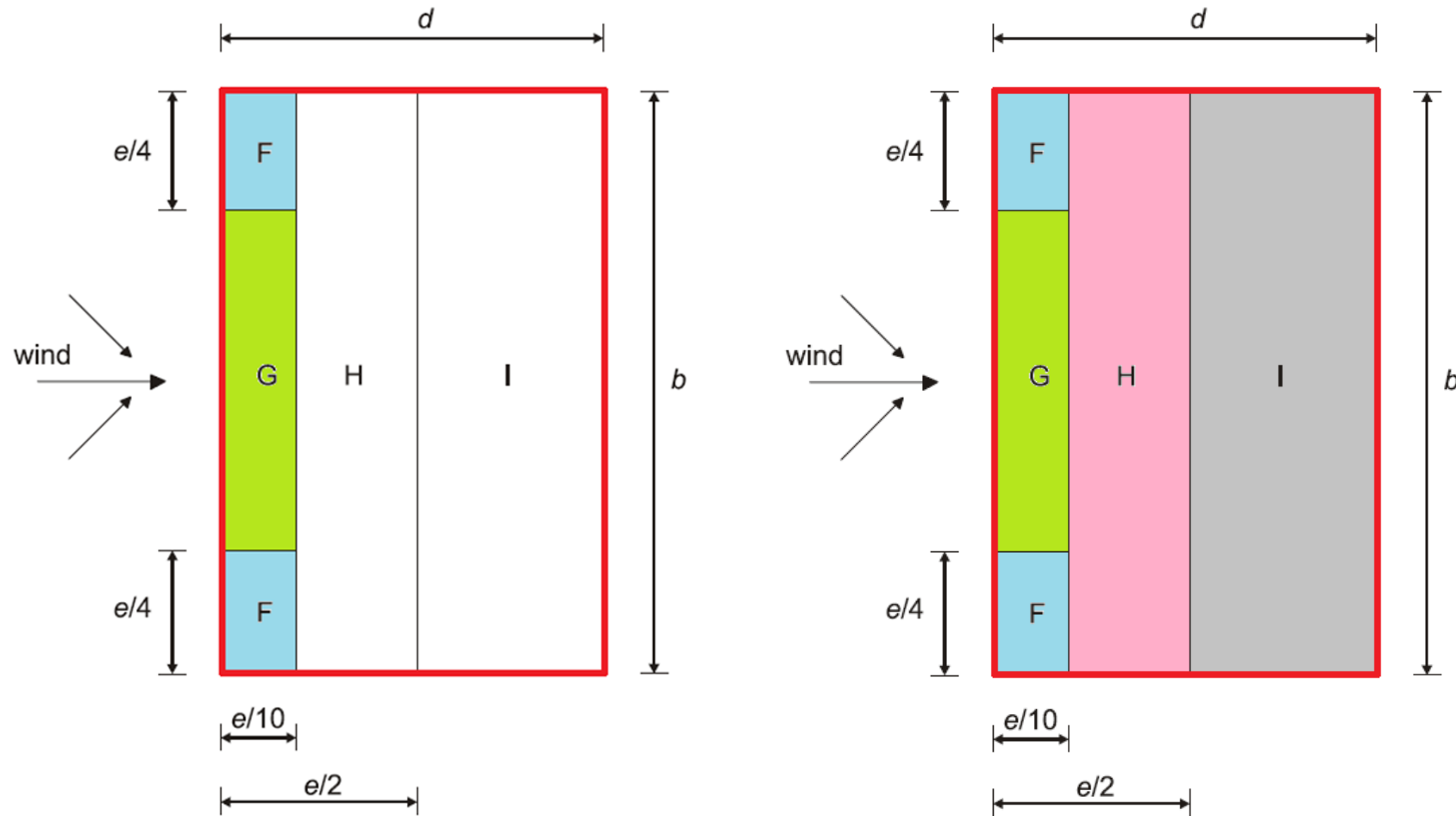
1. De wind
2. **Het platte dak**
3. Het hellende dak
4. Zonnepanelen

Windwervels buitenzijde gebouw / inwendige druk door luchtoppen constructie



c_{pe} : lokale drukcoëfficiënt buiten hoort bij bepaalde plaats van het buitenoppervlak en varieert tengevolge wervels

c_{pi} : drukcoëfficiënt binnen is afhankelijk luchtdichtheid gevels / dak



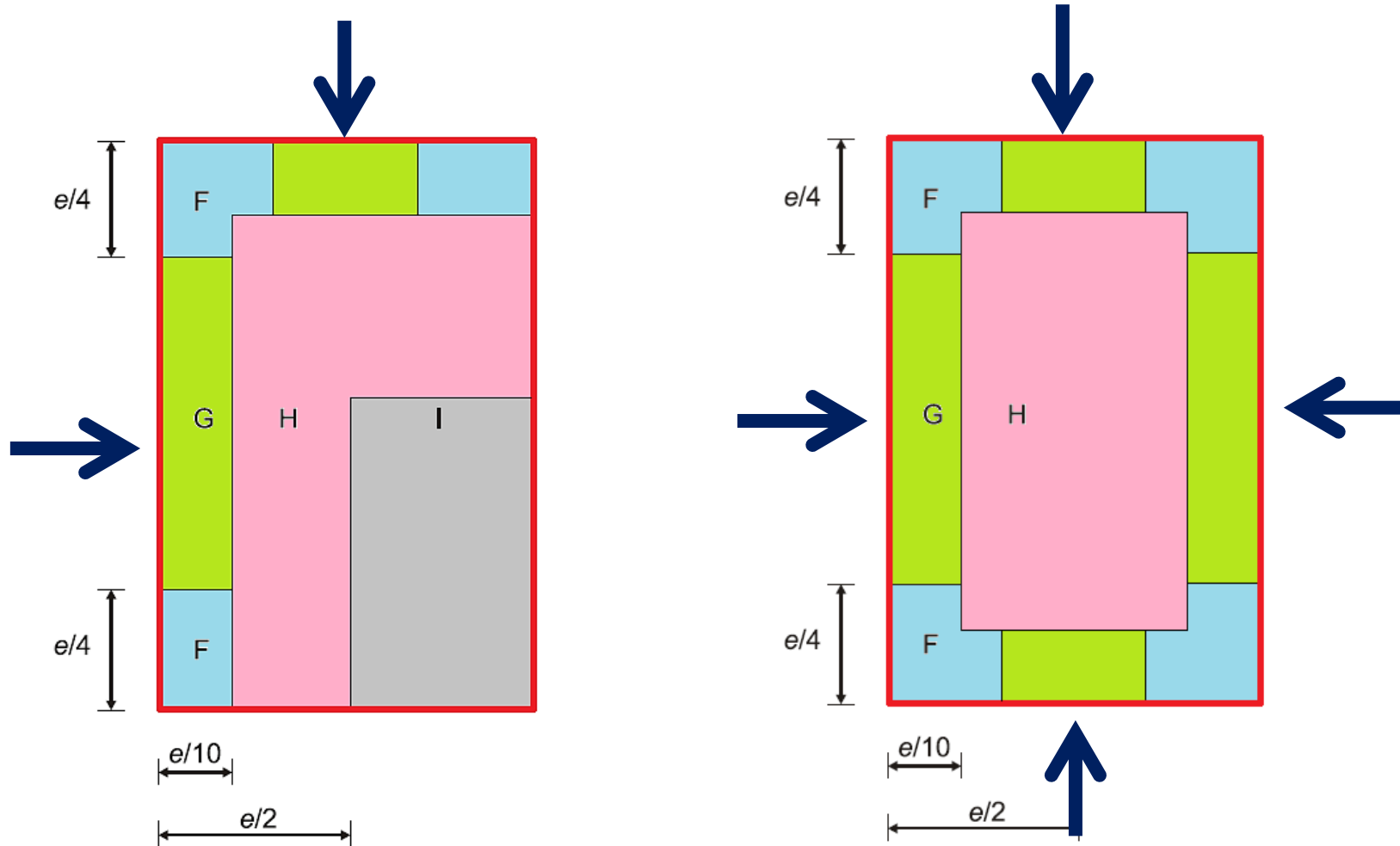
$$e = \min(2h ; b)$$

b: afmeting loodrecht op windrichting

h: hoogte

Bron: NBN EN 1991-1-4 2005

Voor de 4 windrichtingen



Windbelasting op het platte dak

Hoogste windbelasting in de hoekzones

Hogere windbelasting in de randzones

Luchtdichte constructies (gevel en/of dak) zijn gunstig

Ofwel voor windbelasting waarden uit tabellen WTCB TV 239

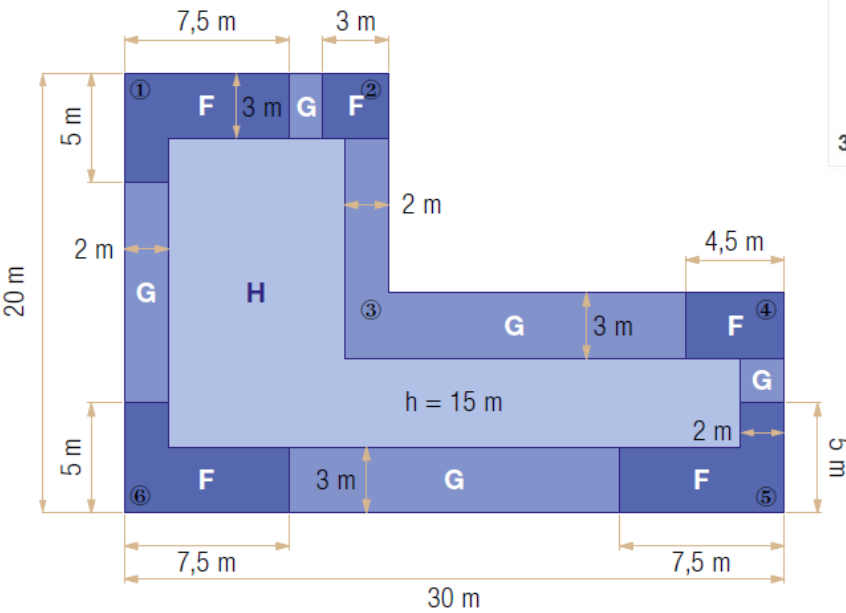
Ofwel windbelasting laten berekenen

Voor elke zone nakijken of zwakste schakel daksysteem windbelasting kan opnemen:

= draagconstructie, dakvloer, damp scherm, isolatie, afdichting, ...

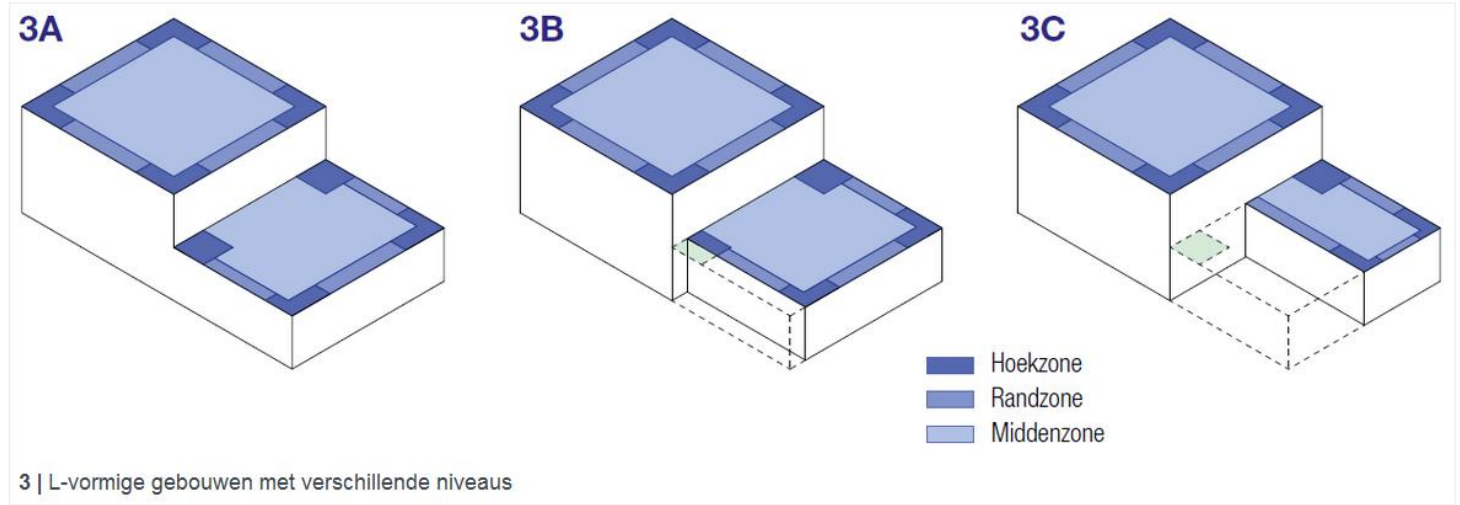
Ingewikkeldere vormen

Bron: WTCB Dossier 2016/2.5

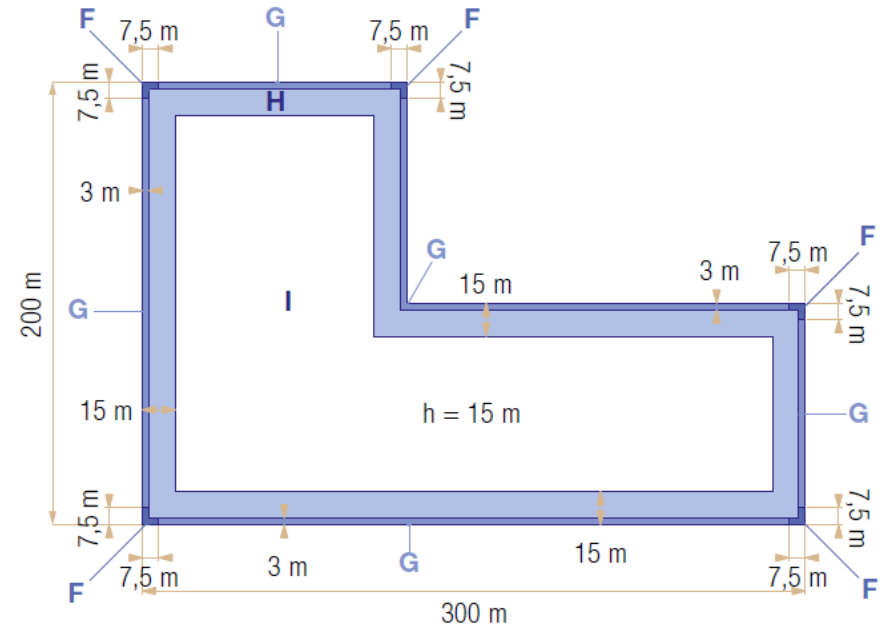


13 | Afmetingen van de hoekzones en de randzones op een L-vormig dak van 20 m x 30 m.

Dak: 20 m x 30 m



3 | L-vormige gebouwen met verschillende niveaus



14 | Afmetingen van de zones op een L-vormig dak van 200 m x 300 m (niet op schaal).

Dak: 200 m x 300 m

Voor de dakdekker: bevestiging daksysteem!

Mechanische bevestigingen:

- Berekenbaar, aanpasbaar volgens zone
- Scheidbaar bij afbraak = interessant voor Circulair

Lijmen:

- Oppassen met vloeibare PU-lijmen
- Voorschriften volgen voor PU-schuimlijmen



 TC Dichtingswerken

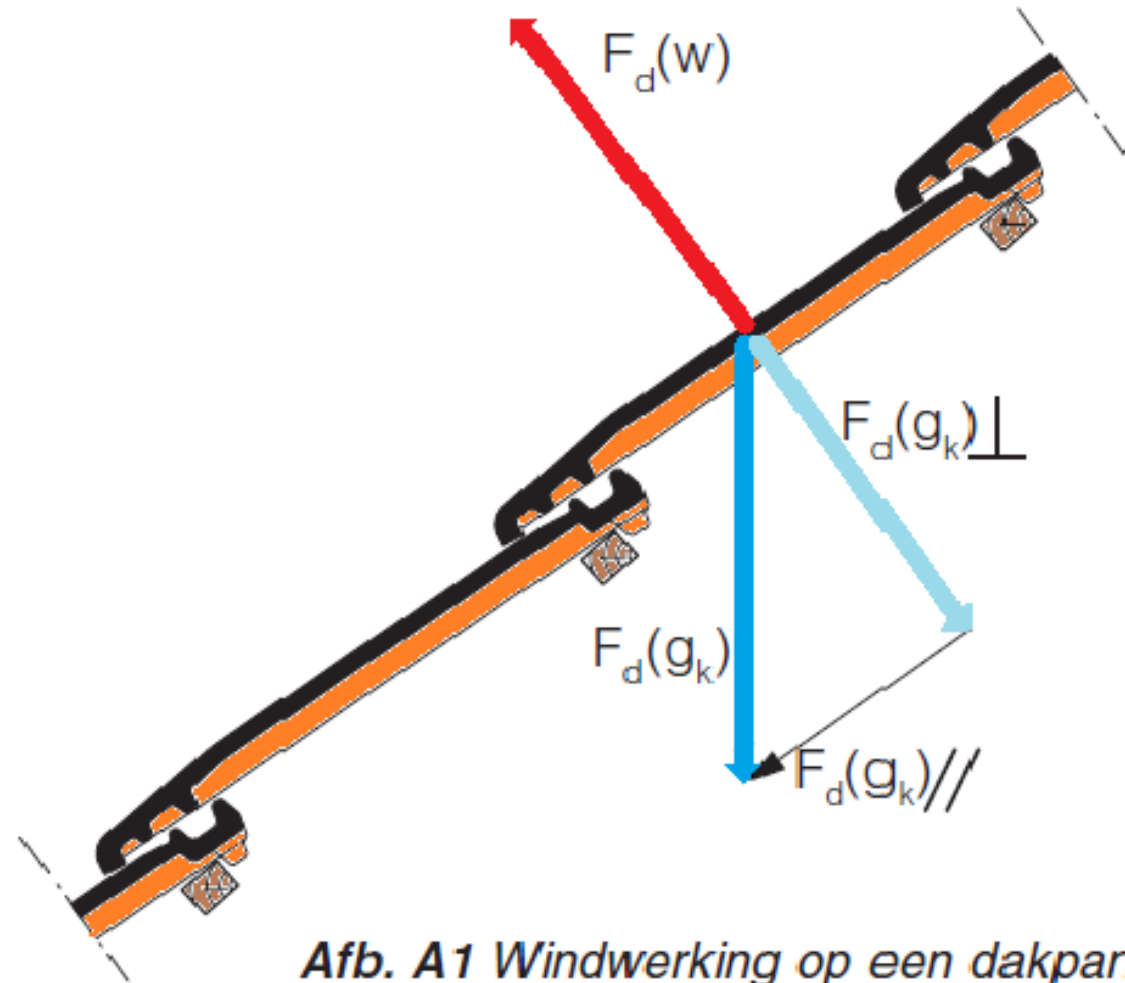
De bevestiging van isolatieplaten op een plat dak kan op verschillende manieren gebeuren: een losliggende plaatsing met ballast, een mechanische bevestiging of een verlijming. De thermische isolatie op platte daken wordt steeds vaker verlijmd met synthetische koudlijmen op basis van polyurethaan (PU). Hoewel deze techniek redelijk gemakkelijk uitvoerbaar is in de praktijk, dient men – om een goede hechting te realiseren – toch ook rekening te houden met een aantal aandachtspunten.

Verlijming van **isolatieplaten** met **PU-lijm** op **platte daken**

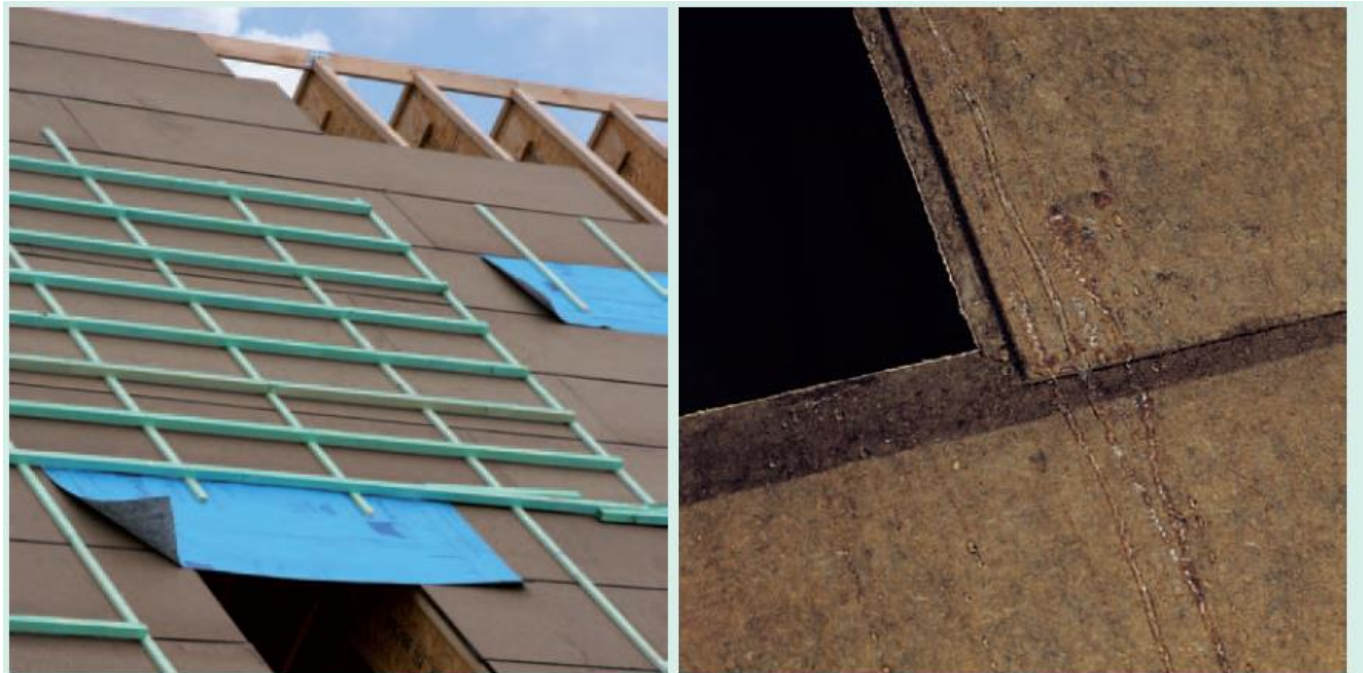
WTCB-Contact 2018/2

1. De wind
2. Het platte dak
3. **Het hellende dak**
4. Zonnepanelen

Helling van het dak: massa van de pan

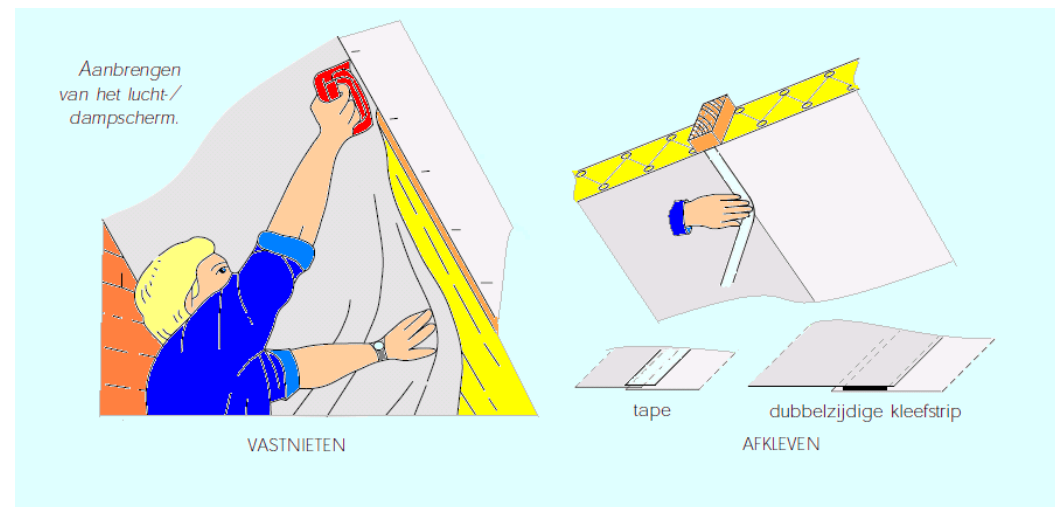


Winddichtheid = noodzakelijke voorwaarde








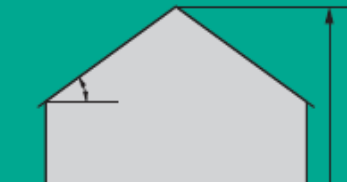
Afb. 9 Voorbeeld van een onderdak met houtvezelpanelen. Links, zicht op het dakschild tijdens de plaatsing. Rechts, detail van een horizontale voeg.

Bron: WTCB TV 240



Wtcb: TV 202

Voorbeeld tabel uit WTCB TV 240

HELLING VAN DE DAKPAN	Ruwheidscategorie van het terrein (¹)							
	CATEGORIE IV		CATEGORIE III		CATEGORIE II		CATEGORIEËN I EN 0	
Nokhoogte ≤ 15 m								
	Middenzone	Randzone (¹)	Middenzone	Randzone (¹)	Middenzone	Randzone (¹)	Middenzone	Randzone (¹)
 10° < α ≤ 30°	Geen bevestiging	1 pan op 4 bevestigingen (²)	1 pan op 4 bevestigingen (²)	1 pan op 2 bevestigingen (²)	1 pan op 2 bevestigingen (²)	Alle pannen bevestigen	Alle pannen bevestigen (1 bevestiging per pan)	
 30° < α ≤ 45°	Geen bevestiging	1 pan op 2 bevestigingen (²)	1 pan op 4 bevestigingen (²)	Alle pannen bevestigen (²)	1 pan op 2 bevestigingen (²)	Alle pannen bevestigen		

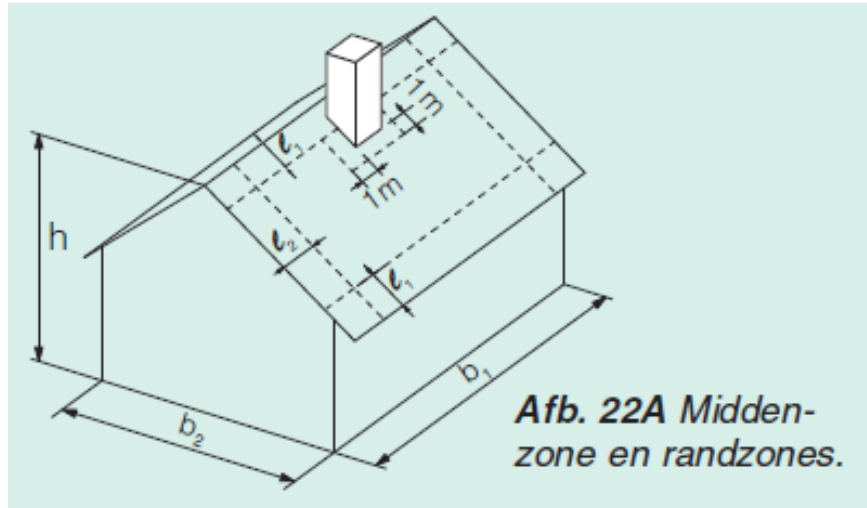
Tabel 7 Vereenvoudigde bepaling van de bevestigingen per pan op daken met twee dakschilden. Beginhypothesen : winddichte dakopbouw, oppervlakttemassa dakbedekking ≥ 37,5 kg/m², de nokpannen en de pannen rondom obstakels worden steeds bevestigd.

Samenvatting vereenvoudigde methode

Bevestiging dakpannen		categorie terreinruwheid							
h (nok)	dakhelling a	IV		III		II		I en 0	
(m)	(°)	midden	rand	midden	rand	midden	rand	overall	
≤15m	10° < a ≤ 30°	0	1/4	1/4	1/2	1/2	1/1	1/1	
	30° < a ≤ 45°	0	1/2	1/4	1/1	1/2	1/1		
	45° < a ≤ 60°	1/4	1/1	1/2	1/1	1/1			
	60° < a ≤ 75°	1/1							
	75° < a ≤ 90°								
>15m	60° < a ≤ 75°	1/1							
	75° < a ≤ 90°	2/1							
luchthaven		2/1							

Randzones

Bron: WTCB TV 240



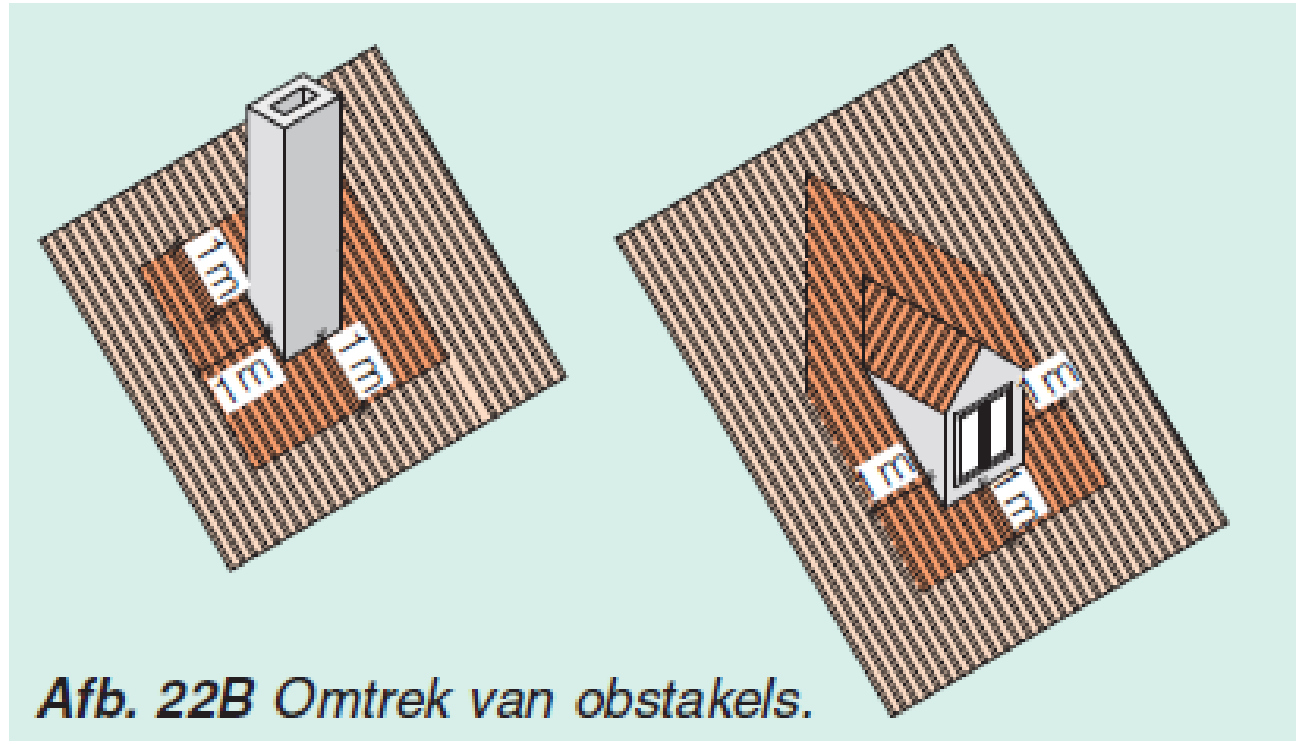
Indien $b_i < 2H$
dan is $l_i = b_i / 10$

Indien $b_i \geq 2H$
dan is $l_i = 2H / 10$

Breedte l_1 of l_2 van de randzones (onderrand, nokrand, zijrand) in meter.

Breedte b_1 of lengte b_2 van het gebouw [m]	Nokhoogte h_i			
	3	6	9	12
5	0,5	0,5	0,5	0,5
6	0,6	0,6	0,6	0,6
7	0,6	0,7	0,7	0,7
8	0,6	0,8	0,8	0,8
9	0,6	0,9	0,9	0,9
10	0,6	1,0	1,0	1,0
11	0,6	1,1	1,1	1,1
12	0,6	1,2	1,2	1,2
13	0,6	1,2	1,3	1,3
14	0,6	1,2	1,4	1,4
15	0,6	1,2	1,5	1,5
16	0,6	1,2	1,6	1,6
17	0,6	1,2	1,7	1,7
18	0,6	1,2	1,8	1,8
19	0,6	1,2	1,8	1,9
20	0,6	1,2	1,8	2,0

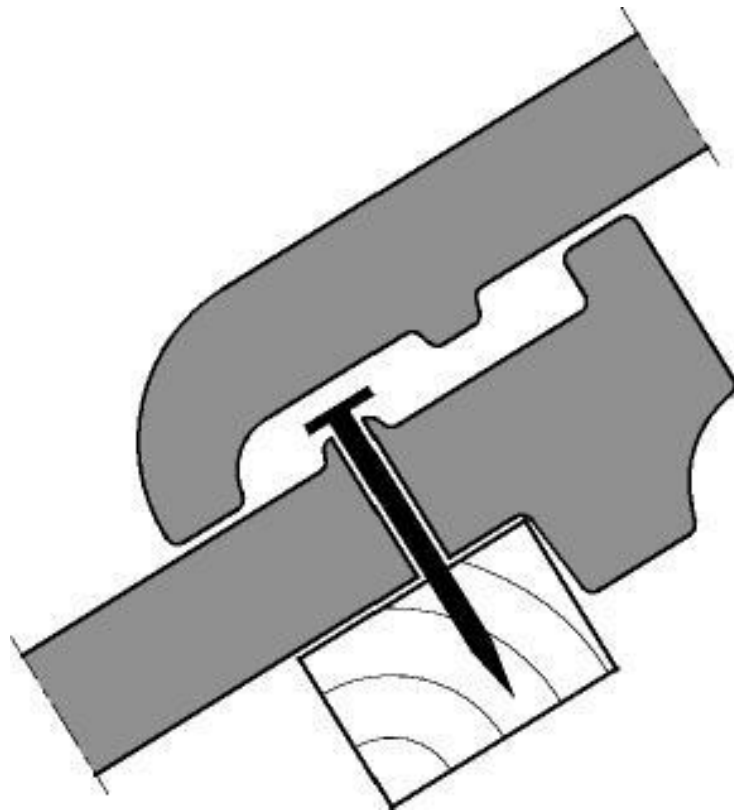
Zone rond dakdoorbrekingen



Bron: WTCB TV 240

Zone van 1m rondom **alle pannen** mechanisch bevestigd **(1x)**

Hoe dakpan mechanisch bevestigen?



Afb. 23 Vernagelen of vastschroeven van de pannen.

Schroef (of nagel)

- koper
- RVS

Het verankeringsgat moet een toereikende speling tussen de nagel of schroef en de dakpan toelaten.

Bron: WTCB TV 240

Hoe dakpan mechanisch bevestigen?

Voorbeeld kleidakpan



Afb. 24 Haak in de kopsluiting.

Voorbeeld betondakpan



Afb. 25 Haak in de zijsluiting.

Haken

- koper
- RVS
- galva

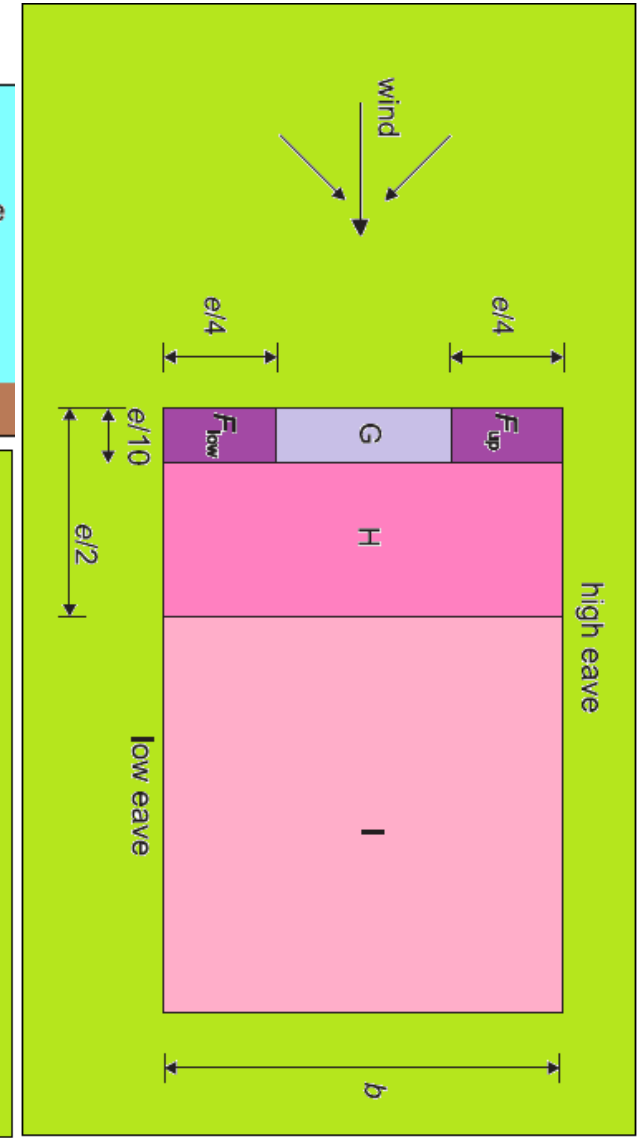
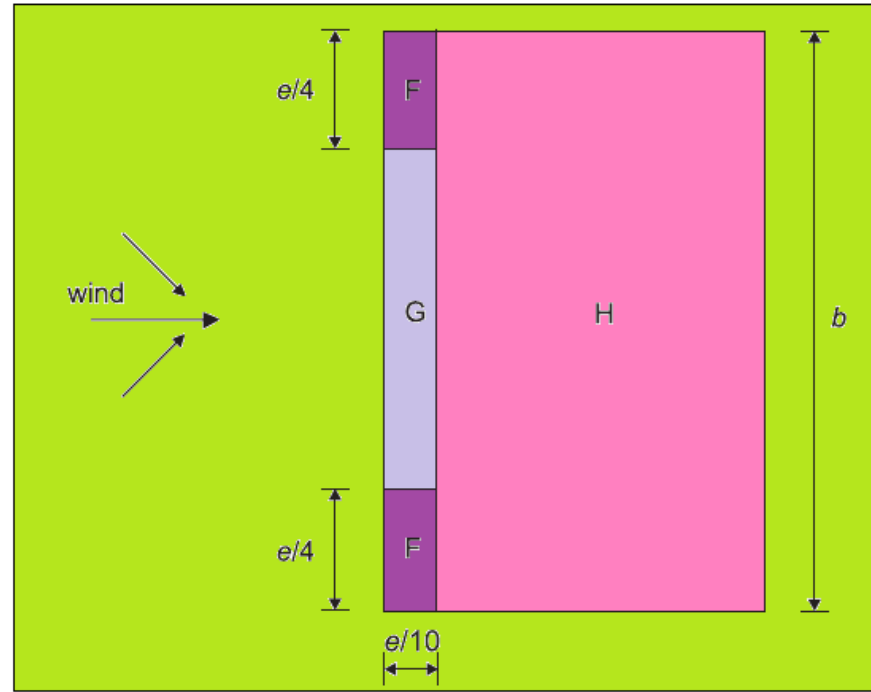
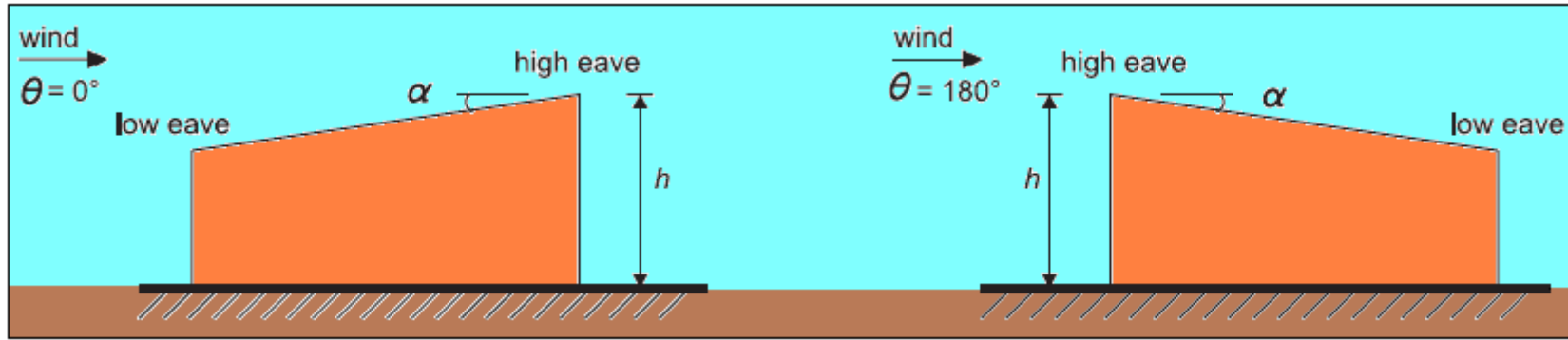


Afb. 1 Voorbeeld van de bevestiging met een haak en een schroef.

Voorbeeld kleipan verticaal (gevel)

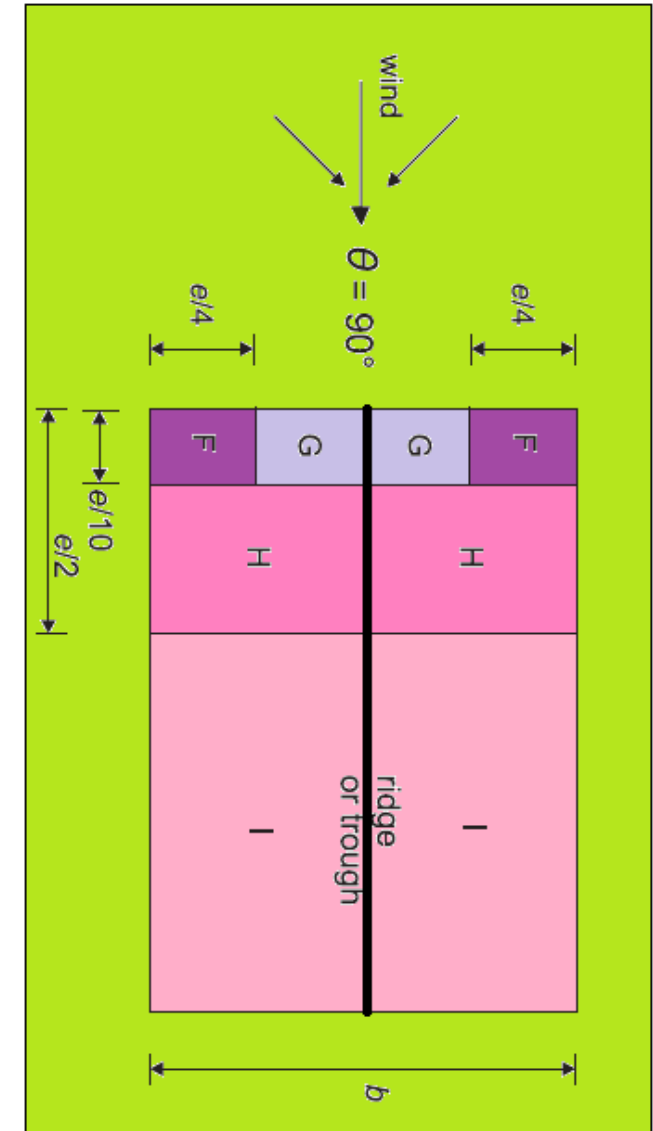
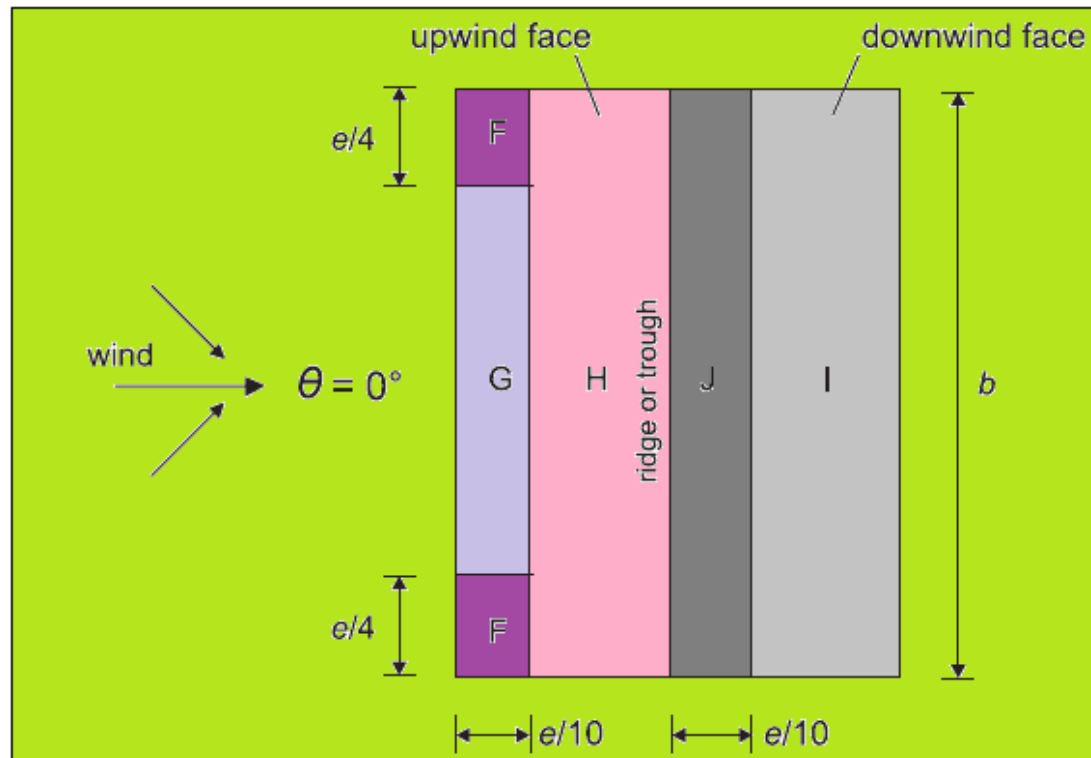
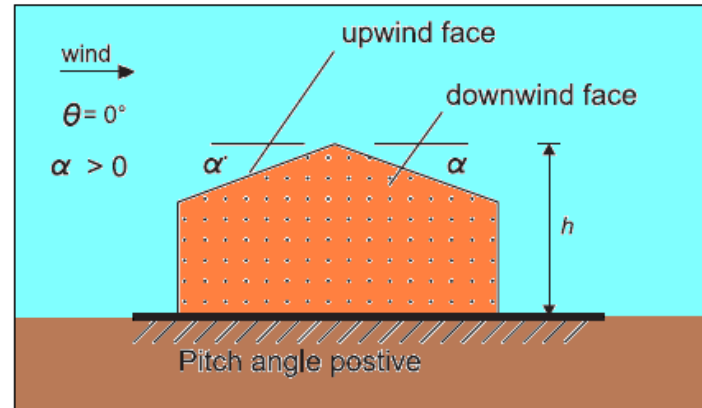
Bron: WTCB TV 240

Lessenaardak: rand- en hoekzones

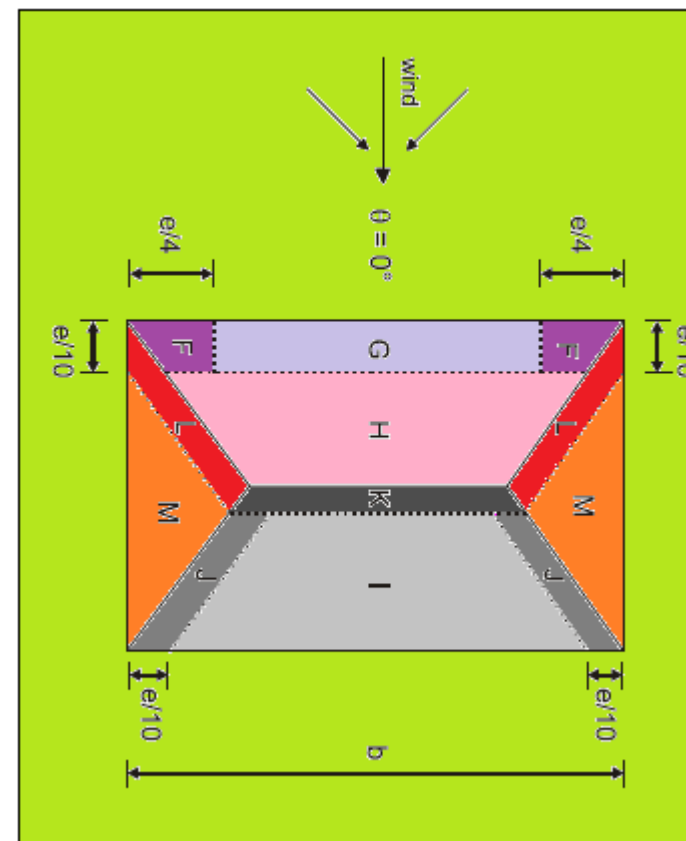
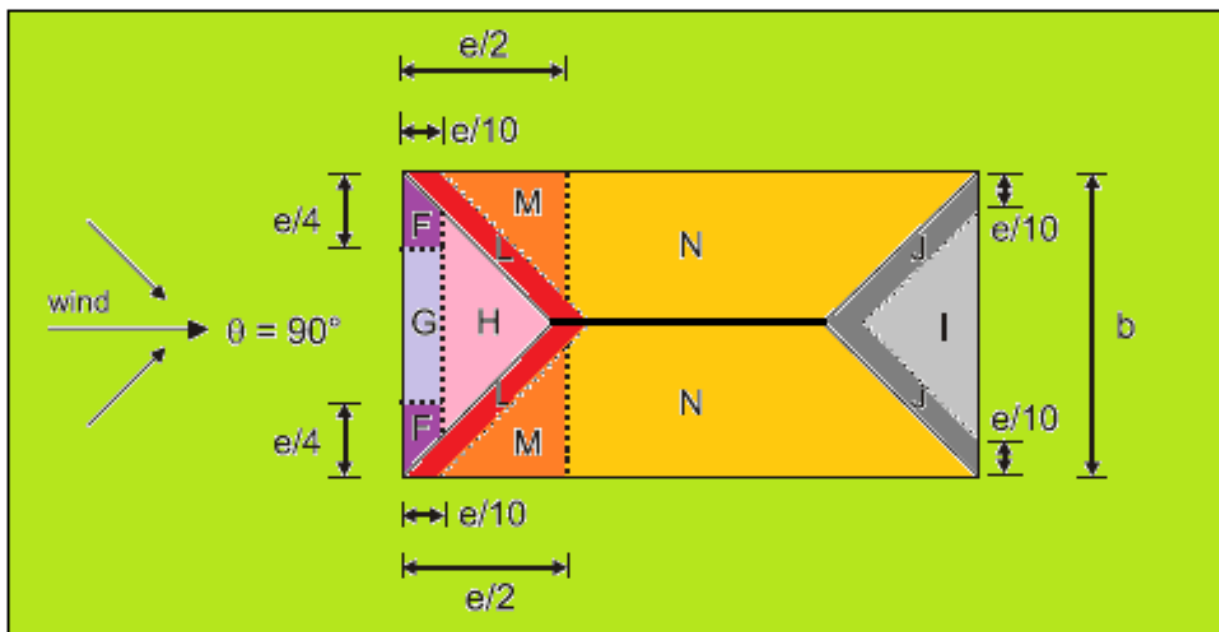
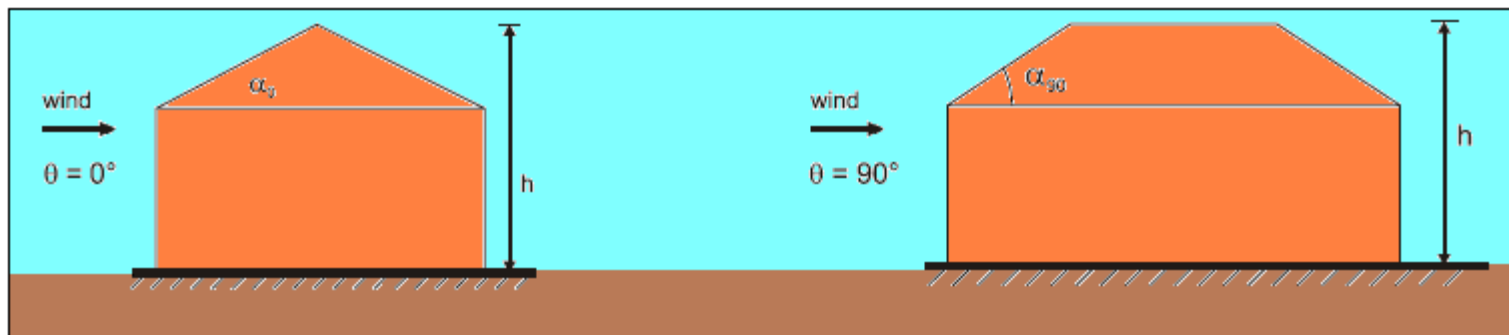


Zadeldak

Zadeldak: Tabellen
in bijlage achteraan WTCB TV240



Schilddak



Pannen goed verankerd ...?



1. De wind
2. Het platte dak
3. Het hellende dak
4. **Zonnepanelen**

Keuze van het PV-systeem

De markt vandaag: silicium (monokristallijn, polykristallijn, amorf) door sterke en aanhoudende prijsdaling panelen



Door het dak bevestigd



Op het dak gekleefd

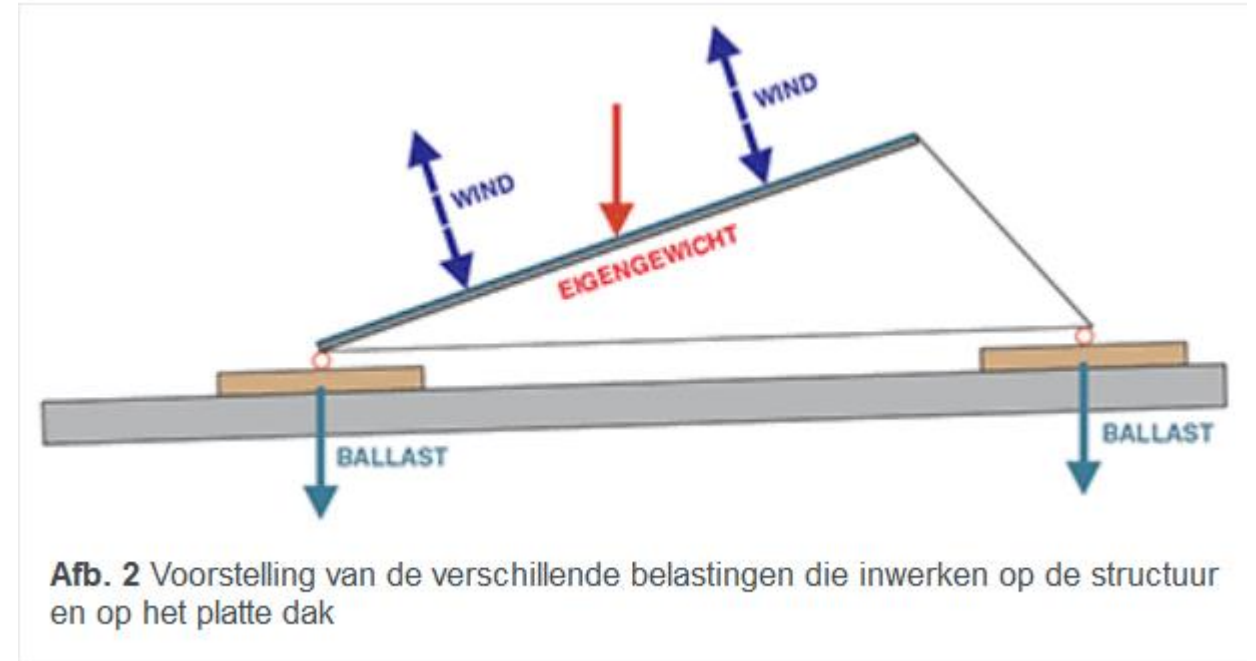


Los op het dak, met ballast

Effect windbelasting op geballast paneel

Windbelasting:

- **Optillen (zuigkrachten)**
- **Kantelen**
- **Verschuiven (wrijving met dakafdichting onder lichte helling)**



Bron: WTCBcontact 4/2012

Algemene aanbeveling (1)

Draagconstructie moet stevig genoeg zijn. Eventueel bijkomende structuur nodig om rechtstreeks op portiek af te steunen = gewicht + windkrachten (stabiliteitsingenieur)



Algemene aanbeveling (2)

Kwaliteit afdichting + isolatie: druksterkte, puntlast, verdeelde last (+ tijd en temperatuur)

Bestaande dak: minstens nieuwe dakafdichting (levensduur panelen = 20 à 25 jaar)

Extra aandacht bij mechanisch bevestigd

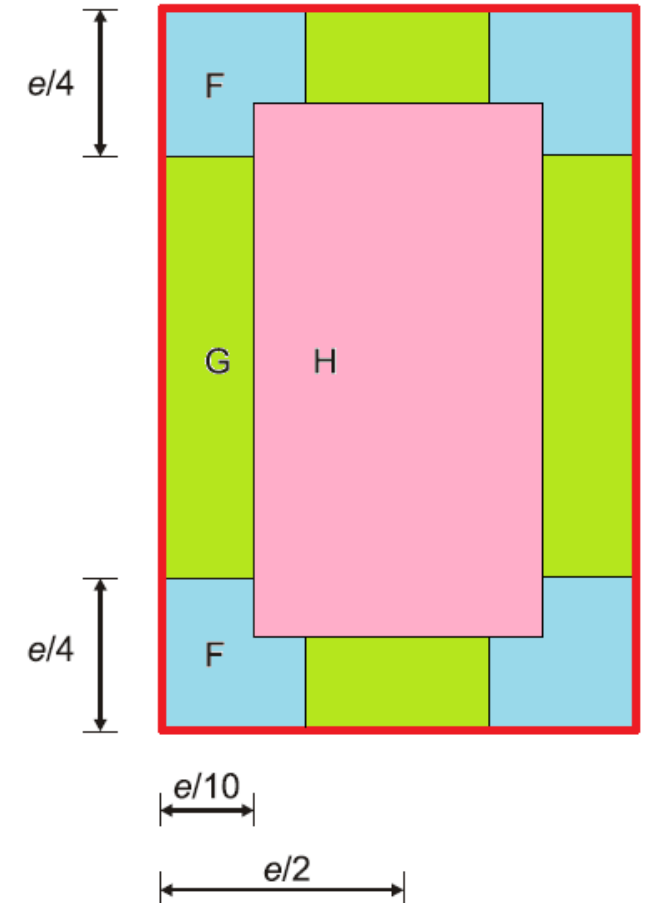


Algemene aanbeveling (3)

Geen panelen in hoek- of randzone windbelasting

Achtersluitplaat (deflector) is gunstig

Beetje ruimte laten tussen de panelen
(drukvereffening)

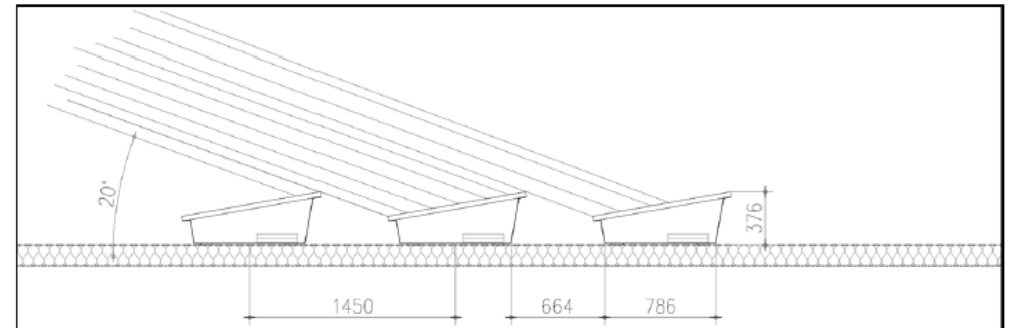


Algemene aanbeveling (4)

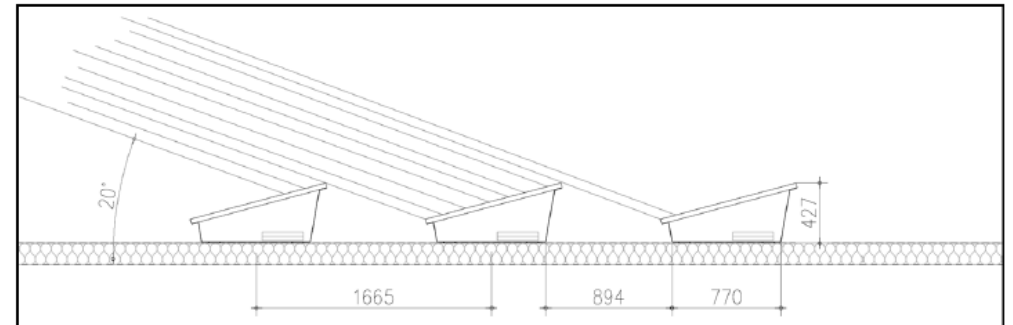
Helling panelen zo klein mogelijk
(windbelasting)

- Afstand tot opstand
- Onderlinge afstand

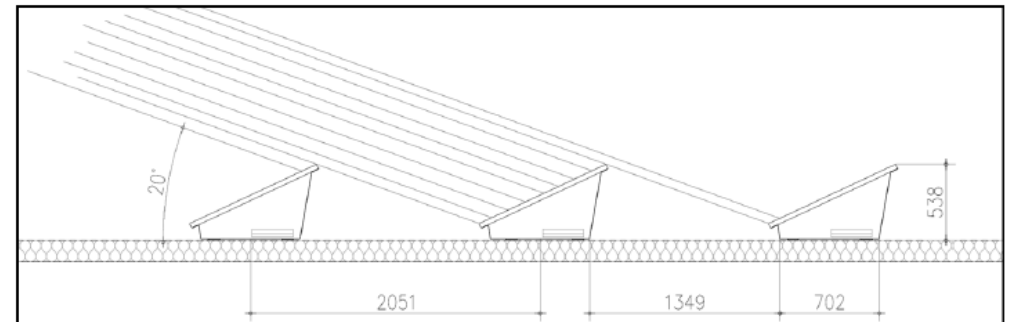
Kan zelfs bijna vlak



Figuur 10: Opstelling van 10 graden



Figuur 11: Opstelling van 15 graden



Figuur 12: Opstelling van 25 graden

Algemene aanbeveling (5)

Kabels op en door het dak (levensduur ca. 25 jaar): aandacht luchtdichtheid!

- Kabelgoten, bevestiging aan kaders, ...
- Kabeldoorgangen, ...



Hellend dak



Rekentool WTCB:

<https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=tools&sub=calculator&pag=pv>

