

In België komen slechts zelden lange sneeuwperiodes voor, en al zeker niet ten noorden en ten oosten van de Samber- en Maasvallei. De mogelijke gevolgen van sneeuwval dringen doorgaans pas tot ons door wanneer de skipistes van het land geopend worden en de wegen en voetpaden bedekt zijn met een sneeuwtapijt van enkele centimeters dik, met alle veiligheidsproblemen vandien.

De hoeveelheid sneeuw die in ons land valt en de waargenomen ophoping (dikte) ervan, mogen echter in geen geval verwaarloosd worden. De sneeuwlaag die zich ophoopt op een dak vormt namelijk een tijdelijke extra belasting die in rekening moet gebracht worden bij de dimensionering van de dakelementen, de onderliggende constructie en alle structurelementen die deze belasting overdragen op de grond. Een sneeuwlaag van 10 cm dik over een oppervlakte van 10 m<sup>2</sup> heeft bijvoorbeeld een massa van zo'n 200 kg.

## 1 INLEIDING

De methoden ter beoordeling van de sneeuwbelastingen die kunnen voorkomen op constructies worden sinds 1981 behandeld in de internationale norm ISO 4355, die in 1993 als Belgische norm geregistreerd werd [4].

Binnen het programma van de 'Structurele Eurocodes', ontwikkeld in uitvoering van de Bouwproductenrichtlijn (BPR), gaat een deel van Eurocode 1, gewijd aan de bepaling van de belastingen waaraan een gebouw tijdens zijn levensduur moet kunnen voldoen, dieper in op de berekening van de sneeuwbelastingen op gebouwen.

Voor meer informatie over de BPR en het programma van de Eurocodes verwijzen we naar de website van de Normen-Antenne 'Eurocodes': [www.normen.be/eurocodes](http://www.normen.be/eurocodes).

Deze norm, de 'Eurocode Sneeuw', werd in 1996 als ontwerpnorm (ENV) gepubliceerd en werd in België in 2002 samen met zijn Nationaal Toepassingsdocument (NAD) gehomologeerd onder de aanduiding NBN ENV 1991-2-3 [3].

Deze ontwerpnorm werd onlangs opgevolgd door de norm NBN EN 1991-1-3 [1], die in 2003 uitgegeven werd door het BIN. Om in ons land gebruikt te kunnen worden, moet deze laatste aangevuld worden door een Nationale Bijlage (ANB), die beschouwd kan worden als het equivalent van het NAD in het stadium van de definitieve EN-normen. Er werd reeds een voorstel van ANB [2] opgestuurd naar het BIN dat ter kritiek gepubliceerd dient te worden. In dit artikel stellen we de voornaamste keuzen

voor die erin gemaakt werden voor de berekening van de sneeuwbelasting. Alle opmerkingen op de ontwerp tekst kunnen tijdens de onderzoeksperiode, die aangekondigd zal worden in het Belgisch Staatsblad, naar het BIN opgestuurd worden. De NBN EN 1991-1-3 zal samen met zijn ANB op termijn uitgroeien tot dé Belgische referentienorm voor de berekening van de sneeuwbelasting op gebouwen.

## 2 DE NIEUWE NORM NBN EN 1991-1-3

De norm NBN EN 1991-1-3, kortweg aangeduid als de 'Eurocode Sneeuw', is dus bestemd om samen gebruikt te worden met de andere delen van de Eurocode 1 en met de Eurocode 0 en heeft tot doel de belastingen uit te drukken waaraan een gebouw moet kunnen weerstand bieden. De representatieve waarden voor de verschillende belastingen worden berekend met statistische methoden. De karakteristieke sneeuwbelasting die men dient te beschouwen bij de dimensionering van een gebouw stemt overeen met een belasting die naar alle waarschijnlijkheid gemiddeld een keer om de 50 jaar voorkomt.

De sneeuwbelasting op een dak is afhankelijk van verschillende factoren :

- *de sneeuwbelasting op de grond*, die de hoeveelheid sneeuw karakteriseert die op een bepaalde plaats valt. Deze hangt af van de hoogte en van het klimaattype en wordt berekend aan de hand van metingen van de equivalente waterhoeveelheden of van de sneeuwhoogten
- *de blootstelling van de plaats aan wind*, die de hoeveelheid sneeuw die zich kan ophopen op een dak beïnvloedt, onafhankelijk van de vorm ervan
- *de vorm van het dak* : het feit of de sneeuw al dan niet blijft liggen, hangt voornamelijk af van de dakhelling (maar ook van de stroefheid

van het oppervlak van de dakbedekking). De plaatselijke sneeuwophoping onder invloed van de wind en het afschuiven van de sneeuw hangt af van de vorm van het dak in het algemeen en van de aanwezigheid van elementen die het afschuiven van de sneeuw verhinderen of bevorderen

- *de 'warmte' van het dak*, die afhangt van de temperatuur die heerst onder het dak en van zijn warmtedoorgangscoefficiënt. De sneeuwophoping kan minder groot zijn op een 'warm' dak <sup>(1)</sup> als gevolg van het smelten van de sneeuw.

Het belangrijkste voordeel van de 'Eurocode Sneeuw' ten opzichte van de normen die momenteel van kracht zijn, is het feit dat ze een gemeenschappelijk hulpmiddel vormt, waarmee de verschillende Europese Lidstaten op dezelfde manier een oordeel kunnen vellen over de sneeuwbelasting.

De norm maakt een onderscheid tussen diverse rekenmethoden, afhankelijk van een aantal verschillende ontwerpstoelstanden (zoals gedefinieerd in de Eurocode 0) :

- normale toestand (blijvend), met of zonder sneeuwophoping
- buitengewone toestand, waarbij de belasting te wijten is aan een *uitzonderlijke sneeuwval* op de betreffende plaats



(1) De term 'warm' dak wordt hier gebruikt in de betekenis van een dak met een hoge warmtedoorgangscoefficiënt, m.a.w. van een weinig geïsoleerd dak. Dit mag niet verward worden met de term 'warm dak' die dikwijls toegepast wordt om platte daken aan te duiden waarbij de afdichting zich onder de isolatie bevindt.

✍ D. Delincé, ir., onderzoeker, laboratorium 'Structuren, schrijnwerk en gevelementen', WTCB  
B. Parmentier, ir., hoofd van het laboratorium 'Structuren, schrijnwerk en gevelementen', WTCB

- buitengewone toestand, waarbij de belasting te wijten is aan een *uitzonderlijke sneeuwophoping*.

In het kader van de bepaling van de belastingscombinaties volgens Eurocode 0 willen we eraan herinneren dat de sneeuw in ons land moet beschouwd worden als een vaste veranderlijke belasting, overeenkomstig de definitie, gegeven in Eurocode 0.

Bepaalde parameters kunnen verschillen volgens het land en de plaats van het project, naargelang van het heersende klimaat en de rekenmethoden die van kracht zijn. Deze parameters moeten vastgelegd worden in de Nationale Bijlage, die specifiek is voor elk land. In de volgende paragraaf zullen we zien dat er in België normaalgesproken enkel rekening gehouden wordt met de normale (blijvende) ontwerptoestand.

In de norm NBN EN 1991-1-3 wordt de sneeuwbelasting die verticaal op het dak aangrijpt (voor een blijvende ontwerptoestand) dus algemeen uitgedrukt door middel van de volgende vergelijking :

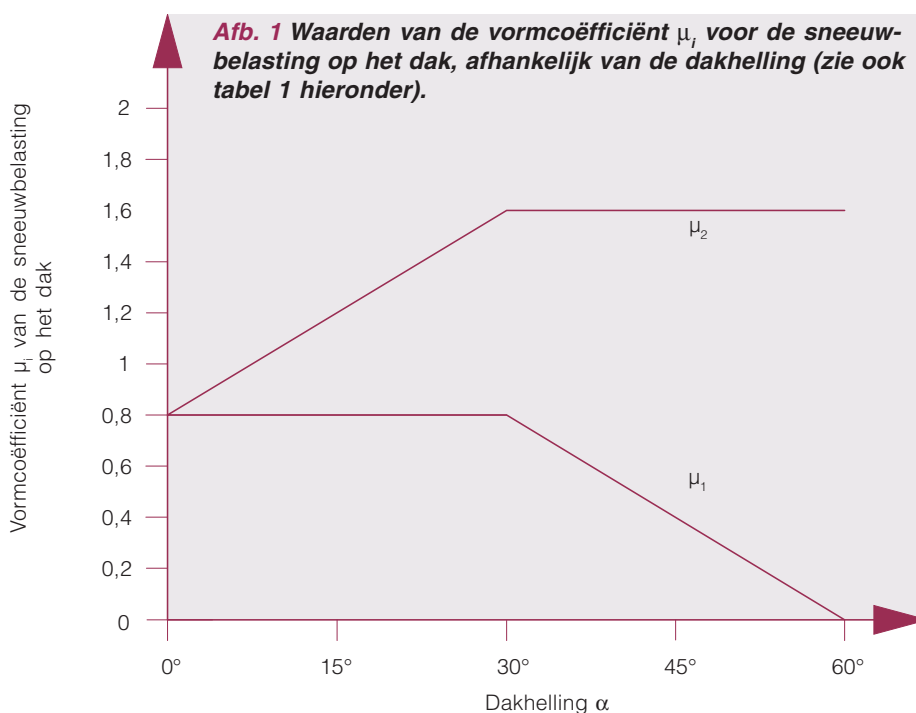
$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k,$$

waarbij :

- $s_k$  : de karakteristieke waarde voor de sneeuwbelasting op de grond (uitgedrukt in kN/m<sup>2</sup>), die doorgaans afhankelijk is van de hoogte en het klimaattype van de plaats
- $C_t$  : de warmtecoëfficiënt van het dak, waarvan de waarde lager is dan of gelijk is aan 1, en die afhangt van de temperatuur die heerst onder het dak en van zijn warmte-doorgangcoëfficiënt; de sneeuwophoping kan dus minder groot zijn op een ‘warm’ dak als gevolg van het smelten van de sneeuw
- $C_e$  : de blootstellingscoëfficiënt van de plaats aan wind, die de hoeveelheid sneeuw die zich kan ophopen op het dak beïnvloedt, onafhankelijk van de vorm ervan. De door de Eurocode voorgestelde waarde is begrepen tussen 0,8 en 1,2 naargelang van de topografie van de omgeving
- $\mu_1$  : de vormcoëfficiënt van de sneeuwbelasting op het dak, die afhangt van de dakhelling. De waarde van deze vormcoëfficiënt kan onder normale ophopingsvoorwaarden plaatselijk oplopen tot 2 of zelfs meer voor dakzones die grenzen aan hogere gebouwen.

De lezer die meer te weten wil komen over de fysische en statistische principes die aan de grondslag liggen van de verschillende parameters ter berekening van de sneeuwbelasting kan gebruik maken van de 2<sup>e</sup> uitgave van de internationale norm ISO 4355 [6]. Deze norm is minder pragmatisch dan de Eurocode en kan eerder beschouwd worden als een hulpmiddel voor de opstelling van de nationale normen. Ze is niet als dusdanig in de praktijk toepasbaar door de ontwerpers.

In de Nationale Bijlagen, die de bijzondere toepassings- en rekenregels voor elke afzonderlijke



**Tabel 1 Waarden van de vormcoëfficiënt  $\mu_1$  voor de sneeuwbelasting op het dak, afhankelijk van de dakhelling.**

$\alpha$ (helling van het dak ten opzichte van de horizontale)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot (60 - \alpha) / 30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8 \cdot \alpha / 30$	1,6	–

CEN-Lidstaat (Europees Comité voor Normalisatie) moeten vastleggen, werd de bepaling van de waarden van het merendeel van de hiervoor vermelde parameters open gelaten. In de volgende paragraaf zullen we de keuzen die in het Belgische voorstel van Nationale Bijlage gemaakt werden voor de belangrijkste NDP (Nationally Determined Parameters of Nationaal Bepaalde Parameters) even overlopen.

De waarden van de vormcoëfficiënten  $\mu_1$  voor de blijvende ontwerptoestand mogen daarentegen niet op nationaal niveau bepaald worden. We willen erop wijzen dat de tekst van de EN op het vlak van de rekenregels voor de vormcoëfficiënten bepaalde verduidelijkingen en vereenvoudigingen bevat ten opzichte van de ENV-versie. Dankzij de norm is het mogelijk de sneeuwbelasting te berekenen zonder ophoping (slechts een belastingsgeval : gelijkmatig verdeelde belasting) en met ophoping (een of meer belastingsgevallen) die optreedt door de verplaatsing van de sneeuw op het dak als gevolg van de wind en het afschuiven. Bij de berekening van de sneeuwbelasting op een dak of een dakelement dient men meestal deze twee belastingsgevallen – met of zonder ophoping – in rekening te brengen.

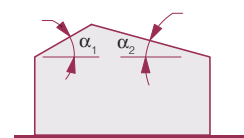
De waarden van de vormcoëfficiënt  $m_1$  zijn weergegeven in afbeelding 1 en in tabel 1. Afbeelding 2 geeft op haar beurt een overzicht van de

belastingsgevallen voor een dak met twee dakschilden.

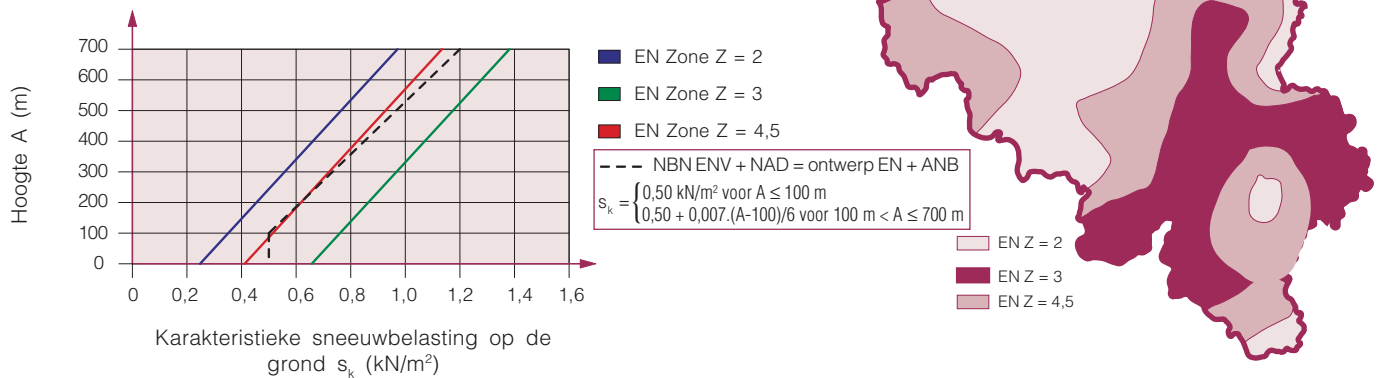
De norm EN 1991-1-3 bevat ook toepassingsregels voor de beoordeling van bepaalde plaatselijke effecten als gevolg van de sneeuw :

- de sneeuwophoping aan overstekende delen en obstakels (voornamelijk op platte oppervlakken)
- de bijkomende sneeuwbelasting aan de buitenste rand van het dak, uitgedrukt als een lineaire verticale belasting die aangrijpt op het lager gelegen deel van het dakschild
- de belastingen op de sneeuwschilden of andere obstakels, tengevolge van het afschuiven van de sneeuw op het dak, en die zich dus evenwijdig met het dakschild ontwikkelen.

**Afb. 2 Belastingsgevallen voor een dak met twee dakschilden ([1], afb. 5.3).**



**Afb. 3 Karakteristieke waarden voor de sneeuwbelasting op de grond (volgens NBN EN 1991-1-3).**



### 3 HET ONTWERP VAN NATIONALE BIJLAGE VOOR BELGIË

Het ontwerp van ANB definieert de rekenparameters die specifiek zijn voor ons land :

- *de ontwerptoestanden*  
In België moet men geen rekening houden met de buitengewone ontwerptoestanden. De belastingen worden dus enkel berekend voor een blijvende toestand. Dit heeft tot gevolg dat een deel van de norm niet van toepassing is in ons land. Voor projecten in specifieke Europese regio's waar de sneeuwval aanzienlijker is, dient de norm daarentegen volledig beschouwd te worden
- *de karakteristieke sneeuwbelasting op de grond ( $s_k$ )*  
De Bijlage C van de norm EN 1991-1-3, opgesteld naar aanleiding van een onderzoek met de financiële steun van de Europese Commissie, stelt bij wijze van informatie een kaart van Europa voor waarop de karakteristieke sneeuwbelasting op de grond aangegeven is. Deze heeft tot doel de opstellingsmethoden voor de kaarten in de verschillende Lidstaten te uniformeren en onderbrekingen aan de grenzen te vermijden. Dit voorstel, dat voor ons land drie verschillende zones onderscheidt, lijkt het discontinuïteitsprobleem tussen België en Duitsland (zie afbeelding C.7 en C.8 uit de norm)

– dat onverklaarbaar is aangezien het reliëf aan weerszijden van de grens vergelijkbaar is – niet op te lossen. In afbeelding 3 worden de krommen die geassocieerd zijn met deze drie zones vergeleken met de referentiekromme die tot nogtoe in ons land gebruikt werd [1] [3]. De geringe verschillen tussen de belastingskrommen in de drie zones en de talrijke moeilijkheden die gepaard gaan met de noodzaak om de grenzen ertussen duidelijker af te bakenen, zorgen ervoor dat deze ingewikkelde rekenmethoden voor ons land niet gerechtvaardigd zijn. In het ontwerp van ANB werd er daarom voor gekozen om de huidige referentiekromme te behouden en ons land dus niet in zones op te delen. In België varieert de karakteristieke waarde van de sneeuwbelasting op de grond tussen 0,5 en 1,2 kN/m<sup>2</sup>, afhankelijk van de hoogte

- *de blootstelling aan wind ( $C_e$ )*  
Bij gebrek aan precieze vergelijkende gegevens voor België werd ervoor geopteerd om de blootstellingscoëfficiënt  $C_e$  uit veiligheidsoverwegingen gelijk te stellen aan 1, onafhankelijk van de topografie
- *de warmtecoëfficiënt ( $C_t$ )*  
De Eurocode verwijst naar Bijlage D van de norm ISO 4355 [4], die een methode voorstelt ter berekening van een verminderde warmtecoëfficiënt ( $C_t < 1$ ), afhankelijk van

de warmtedoorgangcoëfficiënt U van het dak. Deze methode is niet van toepassing voor België, aangezien de periode gedurende welke sneeuwophoping optreedt redelijk kort is (periode zonder beduidende dooi) en de beperking van de waarde van de coëfficiënt, die tweeweggebracht zou worden door een dergelijke methode, slechts gering is (aan de hand van de ISO-krommen). Door de verbeterde thermische isolatie van de gebouwen wordt de invloed van dit verschijnsel, als gevolg van het smelten van de sneeuw, trouwens steeds beperkter.

### 4 BESLUIT

De publicatie van de 'Eurocode Sneeuw' als definitieve EN-norm vormt een belangrijke stap in het proces dat opgestart werd om de Eurocodes 0 en 1 te laten uitgroeien tot de referentienormen voor het ontwerp van alle constructies, niet enkel in België, maar in alle CEN-Lidstaten (m.a.w. bijna alle landen van Europa). Aangezien de berekening van de sneeuwbelasting op gebouwen reeds het voorwerp uitmaakt van een internationale ISO-norm [6] waren de harmoniserende werkzaamheden met betrekking tot de rekenregels voor de sneeuwbelastingen reeds goed gevorderd. ■

### LITERATUURLIJST

1. Belgisch Instituut voor normalisatie  
NBN EN 1991-1-3 Eurocode 1. Belastingen op constructies. Deel 1-3 : Algemene belastingen. Sneeuwbelastingen. Brussel, BIN, 2003.
2. Belgisch Instituut voor normalisatie  
NBN EN 1991-1-3-ANB Voorstel van Belgische Nationale Bijlage. Brussel, BIN, 23 maart 2005.
3. Belgisch Instituut voor normalisatie  
NBN ENV 1991-2-3 Eurocode 1. Grondslag voor ontwerp en belasting op draagsystemen. Deel 2-3 : Belasting op draagsystemen. Sneeuwbelasting samen met Belgische toepassingsrichtlijn (gehomologeerde versie + NAD). Brussel, BIN, 2002.
4. Belgisch Instituut voor normalisatie  
NBN ISO 4355 Grondslagen voor het ontwerp van draagsystemen. Bepaling van de sneeuwbelasting op daken. Brussel, BIN, 1993.
5. Delincé D. en Parmentier B.  
Ontwerp en dimensionering van constructies volgens Eurocode 0 (EN 1990). Brussel, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, WTCB-Tijdschrift, nr. 4, 2003.
6. International Organization for Standardization  
ISO 4355 Bases for design of structures. Determination of snow loads on roofs. Genève, ISO, 2<sup>e</sup> uitgave, 1998.



REKENVOORBEELD VOLGENS DE NORM NBN EN 1991-1-3 [1] EN HET ONTWERP VAN ANB [2]

We beschouwen een gebouw dat bestaat uit een hoofdgebouw (1) en een aangrenzend bijgebouw (2), zoals voorgesteld in afbeelding 4 hiernaast. We gaan uit van de veronderstelling dat het gebouw zich bevindt op een hoogte van 150 m ten opzichte van het zeeniveau. De waarde van de karakteristieke belasting op de grond wordt bepaald aan de hand van afbeelding 3, wat neerkomt op :

$$s_k = 0,56 \text{ kN/m}^2.$$

**1 Belasting op het dak met twee dakschilden van het hoofdgebouw 1 (zie [1], § 5.3.3, afbeelding 5.3)**

**1.1 Sneeuwbelasting zonder ophoping (zie afbeelding 5a)**

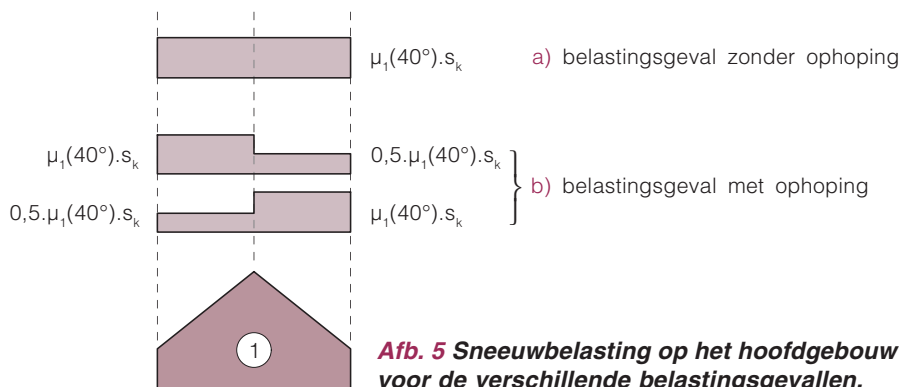
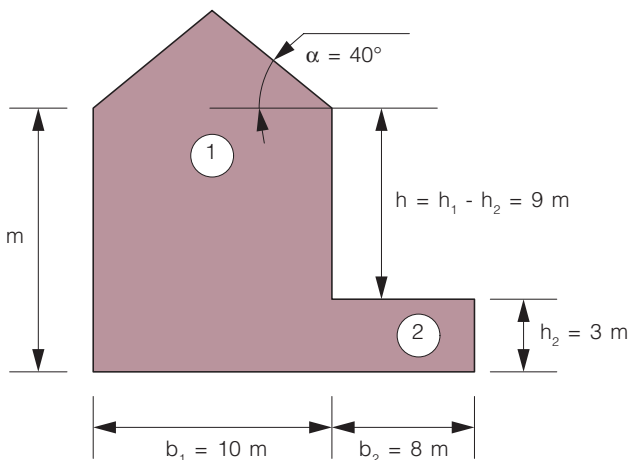
We beschouwen een gelijkmatig verdeelde (verticale) belasting die aangrijpt op het volledige dak, waarvan de waarde gelijk is aan :

$$S_{(1)} = \mu_1(\alpha_1 = \alpha_2 = 40^\circ) \cdot s_k = 0,53 \cdot 0,56 \cong 0,30 \text{ kN/m}^2 (\cong 30 \text{ kg/m}^2).$$

**1.2 Sneeuwbelasting met ophoping (zie afbeelding 5b)**

Hierbij wordt tegelijkertijd uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde belasting van 0,30 kN/m<sup>2</sup> op een van de dakschilden en van een gelijkmatig verdeelde belasting van 0,3/2 = 0,15 kN/m<sup>2</sup> op het andere dakschild.

**Afb. 4 Afmetingen van het gebouw.**



**Afb. 5 Sneeuwbelasting op het hoofdgebouw 1 voor de verschillende belastingsgevallen.**

**2 Belasting op het dak van het bijgebouw 2 (zie [1], § 5.3.6, afbeelding 5.7)**

**2.1 Sneeuwbelasting zonder ophoping (zie afbeelding 6a, p. 5)**

We beschouwen een gelijkmatig verdeelde (verticale) belasting die aangrijpt op het volledige dak, waarvan de waarde gelijk is aan :

$$S_{(2)} = \mu_1(\alpha_1 = 0^\circ) \cdot s_k = 0,8 \cdot 0,56 \cong 0,45 \text{ kN/m}^2.$$

**2.2 Sneeuwbelasting met ophoping (zie afbeelding 6b, p. 5)**

We beschouwen het belastingsgeval dat voorgesteld wordt in afbeelding 6b en waarbij de sneeuwophoping te wijten is aan :

- de sneeuwval vanaf het bovenste dak (dak van het hoofdgebouw 1) : coëfficiënt  $\mu_s$
- de verplaatsing van de sneeuw door de wind : coëfficiënt  $\mu_w$ .

De sneeuwbelasting met ophoping kan dus berekend worden op de volgende manier :

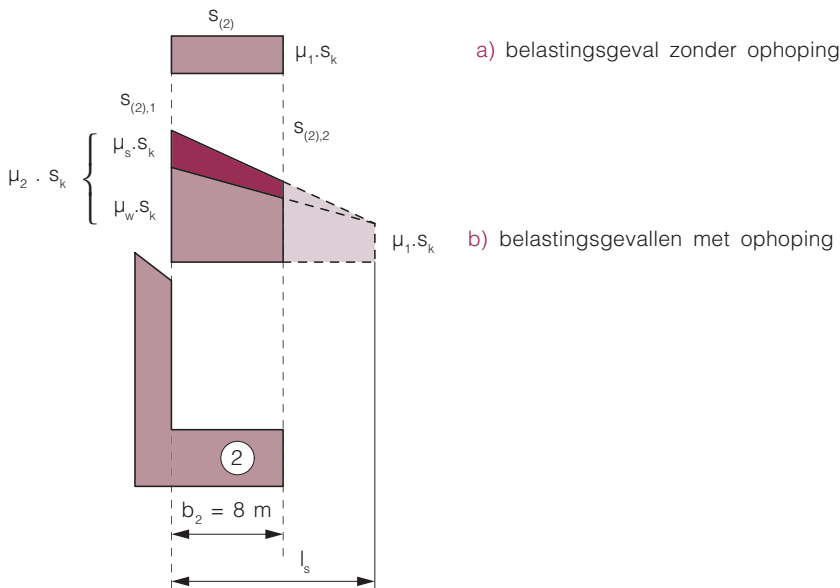
- de ophopingslengte  $l_s = 2 \cdot h = 18 \text{ m}$ ;  $l_s$  moet begrepen zijn tussen 5 en 15 m, dus  $l_s = 15 \text{ m}$
- $\mu_s$  wordt bepaald door de toepassing van een bijkomende belasting die gelijk is aan de helft van de totale maximumbelasting op het aangrenzende dakschild van het bovenste dak =  $S_{(1),\text{max}}/2$  (zie [1], § 5.3.6). Dit komt erop neer dat de  $\mu_s$ -coëfficiënt als volgt berekend wordt :
  - waarde van de totale maximumbelasting op het aangrenzende dakschild van het bovenste dak :  $S_{(1),\text{max}} = b_{sl} \cdot s_{(1)} = b_{sl} \cdot \mu_1(\alpha)/s_k$  (per meter breedte van het dak), waarbij  $b_{sl}$  = de horizontale lengte van het aangrenzende bovenste dakschild =  $b_1/2$

(vervolg van de tekst, zie p. 5)



REKENVOORBEELD VOLGENS DE NORM NBN EN 1991-1-3 [1] EN  
HET ONTWERP VAN ANB [2] *(vervolg en einde)*

**Afb. 6 Sneeuwbelasting op het bijgebouw 2 voor de verschillende belastingsgevallen.**



- de  $\mu_s$ -coëfficiënt kan dus berekend worden aan de hand van de volgende vergelijking :  $\mu_s \cdot s_k \cdot l_s / 2 = S_{(1),max} / 2 = (b_{sl}) \cdot \mu_1(\alpha) \cdot s_k / 2$
- de  $\mu_s$ -coëfficiënt kan met andere woorden in het algemeen berekend worden met de volgende formule :  $\mu_s = \frac{b_{sl} \cdot \mu_1(\alpha)}{l_s}$ ,

waarbij :

- $b_{sl}$  : horizontale lengte van het aangrenzende bovenste dakschild
- $\alpha$  : helling van het aangrenzende bovenste dakschild
- $\mu_1(\alpha)$  : vormcoëfficiënt, bepaald aan de hand van afbeelding 5.1 en van tabel 5.2 uit de norm [1]
- $l_s$  : ophopingslengte, berekend volgens § 5.3.6(2) van de norm NBN EN 1991-1-3 [1].

In ons voorbeeld levert dit een  $\mu_s$ -coëfficiënt van 0,18 ( $b_{sl} = 5$  m,  $\mu_1(\alpha) = 0,53$ ,  $l_s = 15$  m) op

- $\mu_w = (b_1 + b_2) / 2h = (10 + 6) / 18 = 0,90$  (zie [1], verg. 5.8)

- de sneeuwbelasting met ophoping op het onderste dak (2) langs de kant van het aangrenzende gebouw (hoofdgebouw 1) bedraagt :

$$S_{(2),1} = \mu_2 \cdot s_k = (\mu_s + \mu_w) \cdot s_k = 1,08 \cdot 0,56 \cong 0,60 \text{ kN/m}^2$$

- de sneeuwbelasting met ophoping aan de rand van het onderste dak (2) bedraagt :

$$S_{(2),2} = \left\{ \mu_2 - \frac{b_2}{l_s} \cdot (\mu_2 - \mu_1) \right\} \cdot s_k = 0,93 \cdot 0,56 = 0,52 \text{ kN/m}^2.$$

We stellen dus vast dat de sneeuwbelasting met ophoping ongeveer 25 % hoger is dan de sneeuwbelasting zonder ophoping (0,45 kN/m<sup>2</sup>) op het bijgebouw 2 uit ons voorbeeld.

We willen er tevens op wijzen dat deze verticale belastingen uiteindelijk toegepast moeten worden volgens de hoofdasen van de onderliggende constructie (invloed van de helling) voor de sterkteberekening.