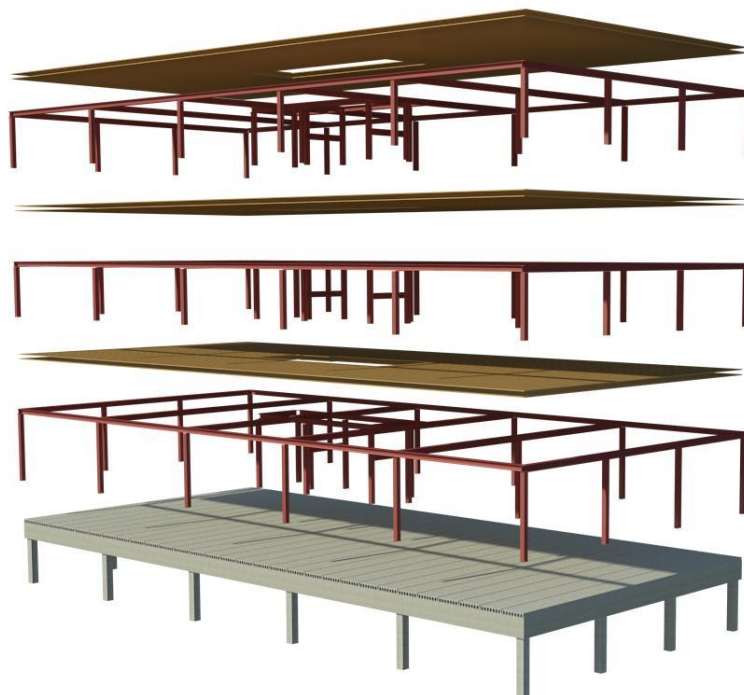


## UITGANGSPUNTEN MODEL BHH 3.4 – TKI KIEM

PROJECT: Bepaling Hoeveelheden Hoofddraagconstructie  
KENMERK: 3356-B-01  
RAPPORTDATUM: 07-06-2016



OPDRACHTGEVER: TKI KIEM-WP4

OPGESTELD DOOR: ir. E.R. van Westenbrugge-Bilardie  
VRIJGEGEVEN DOOR: ir. P. Peters *Register Ontwerper*

## 1 Inhoudsopgave

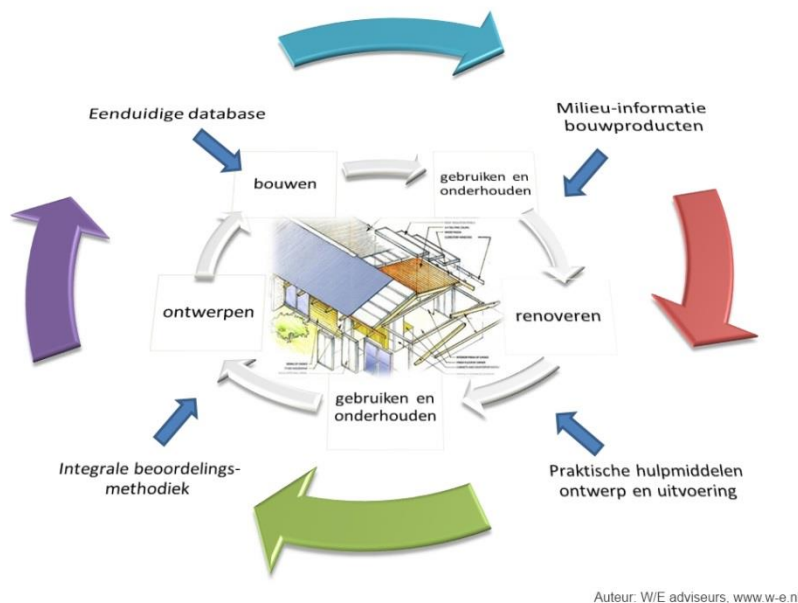
1	Inhoudsopgave.....	1
2	Inleiding.....	2
2.1	TKI KIEM WP4.....	2
2.2	Het BHH model.....	6
2.3	De randvoorwaarden van het BHH-model.....	8
3	Functionele eenheid.....	8
4	Toelichting op het model.....	9
4.1	Algemene invoer.....	9
4.1.1	Gebruiksfunctie.....	9
4.1.2	Bruto vloeroppervlakte (BVO).....	9
4.1.3	Aantal bouwlagen.....	9
4.1.4	Vrije hoogte.....	9
4.1.5	Verdiepingshoogte.....	10
4.2	Stramienmaat.....	11
4.3	Hoogte bovenste vloer.....	11
4.4	Brandwerendheid hoofddraagconstructie.....	12
4.5	Gevolgklasse.....	12
4.6	Belastingen.....	13
4.6.1	Permanente belastingen.....	13
4.6.2	Opgelegde belastingen.....	13
4.6.3	Overzicht belastingen.....	14
5	Vloeren.....	15
5.1	Begane grondvloer.....	15
5.2	Verdiepingsvloeren.....	16
5.2.1	Verlaagd plafond.....	16
5.2.2	De invoer van een verdiepingvloer in het model BHH.....	16
5.2.3	De keuze voor een vloer in het model.....	17
5.2.4	Flexibele vloersystemen.....	18
5.2.5	Overzicht verdiepingvloeren en daken.....	19
6	Draagstructuur.....	20
6.1	Dragende wanden.....	21
6.2	Geschoord skelet.....	22
6.2.1	Kolommen.....	22
6.2.2	Liggers.....	23
6.2.3	Stabiliteit geschoorde raamwerken.....	25
6.3	Ongeschoord skelet.....	28
7	Fundering.....	29
8	Aansluiting uitkomsten BHH op NMD.....	30
9	Aanbevelingen.....	31
	BIJLAGE A Rapportage rekenregels Model BHH.....	i

## 2 Inleiding

### 2.1 TKI KIEM WP4

TKI-KIEM ontwikkelt een methode om energie- en milieuprestaties van gebouwen integraal te evalueren, ook in relatie met Total Costs of Ownership. De methode wordt getoetst en toegepast in renovatie- en onderhoudsprojecten met prestatiegerichte aanbestedingen.

#### Levenscyclus van gebouwen



Het TKI-KIEM consortium bestaat uit een breed aantal organisaties:

**Onderzoekspartners:** TUD-Faculteit Bouwkunde, W/E adviseurs, SBK, IMd Raadgevend Ingenieurs

**Bouwproductenindustrie:** St Gobain/Raab-Karcher, Rockwool, CRH Europe-Sustainable Concrete Centre

**Brancheorganisaties:** Bouwen met Staal (Bms), Bond van Fabrikanten van Betonproducten, Nederlandse Vereniging Toelevering Bouw (NVTB), OnderhoudNL, Bond van Nederlandse Architecten, Aedes

**Corporaties:** Portaal, De Alliantie, Ymere, GroenWest, Rochdale, Woonbron, Provides, WonenBrebreg

**Aannemers en onderhoudsbedrijven:** Heijmans, Rutges Vernieuwt, Talen, Hagemans, Smits, Hurks, Willems, Burgers van der Wal, Vastbouw, Van Wijk, Weijman

W/E adviseurs is penvoerder en coördinator van het project. Een klankbordgroep helpt het draagvlak te borgen. Leden zijn onder andere Ministerie BZK, RVO Bouwend Nederland en de Vereniging Bouw- en Woningtoezicht. TKI-KIEM wordt mede gefinancierd vanuit TKI-EnerGO, de Topsector Energie en Gebouwde Omgeving.

In deze rapportage zijn diverse wijzigingen en aanvullingen opgenomen ten aanzien van het uitgangspuntenrapport behorende bij het Model BHH. De wijzigingen zijn het gevolg van het TKI KIEM-WP4 project.

Gedurende het project is er input geleverd door diverse branchepartijen. Deze is zoveel mogelijk geïntegreerd in de nieuwe versie van het model BHH 3.3.

#### **WP4: Verbeterde schattingsmethode materiaalhoeveelheden in constructies**

Deelnemers TKI WP4: BFBN, Bouwen met Staal, CRH Sustainable Concrete Center, IMd Raadgevende Ingenieurs, W/E Adviseurs  
Adviserend toegevoegd: Centrum Hout, NBVT, TU Delft Civiele Techniek  
Leider: Bouwen met Staal

Beslissingen vroeg in het ontwerpstadium die betrekking hebben op de constructie van een gebouw hebben grote invloed op de uiteindelijke duurzaamheid. De rekeninstrumenten voor duurzaam bouwen zoals GPR Gebouw zijn daar op dit moment nog onvoldoende op ingericht. Deze kunnen de milieu-impact pas berekenen als het definitief ontwerp (DO) of uitvoeringsontwerp (UO) bekend is. Het door IMd Raadgevende Ingenieurs ontwikkelde BHH-model (Model Bepaling Hoeveelheden Hoofddraagconstructies) kan al in het stadium van het voorontwerp (VO) een goede inschatting maken van de materiaalhoeveelheden van de hoofddraagconstructie. De hoofddraagconstructie (skelet, vloeren en stabiliteitssysteem) neemt gemiddeld 60% van de totale massa van het gebouw voor zijn rekening. De hoofddraagconstructie is daarmee van grote invloed op de milieu-impact.

In werkgroep 4 (WP4) van TKI-KIEM zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

1. Uitwerking methode voor modellering draagconstructie
2. Doorontwikkeling prototype

#### **1. Uitwerking methode voor modellering draagconstructie**

Hierbij is gestart met een al beschikbare methode: het door IMd ontwikkelde BHH-model. Deze methode is op verschillende manieren verbeterd en aangescherpt:

- toetsing door materialenbranches op representativiteit en validiteit: volledigheid en dekking van veel voorkomende toepassingen en uitbreiding van voornaamste in te voeren materialen en producten
- toetsing door materialenbranches op betrouwbaarheid en nauwkeurigheid: verificatie van rekenregels en voorstellen van verbeteringen.

Door de materialenbranches zijn de geschatte hoeveelheden bij constructies geverifieerd aan de hand van referentieprojecten uit de woning- en kantorenbouw. Dit zijn namelijk de enige twee gebruiksfuncties die zijn aangewezen vanuit het Bouwbesluit. Beton- (in situ gestort én prefab), staal- en houtconstructies zijn met het model goed in te schatten.

Hybride constructie-elementen, zoals de meeste vloersystemen, zijn complexer. Hiervoor is in samenwerking met de materialenbranches een gepaste procedure vastgesteld. Een grote meerderheid van de in Nederland beschikbare vloersystemen is in het model opgenomen, zoals prefab betonnen kanaalplaatvloeren, breedplaatvloeren, staalplaat-beton vloeren, holle staal-beton vloeren (Slimline), houten kanaalplaat- en ribbenvloeren. Daarnaast zijn verschillende elementen toegevoegd en geverifieerd zoals stalen vakwerkliggers en geïntegreerde liggers. Voor meer dan 85% van alle in Nederland toegepaste constructies is met behulp van het BHH-model een inschatting van de milieu-impact te maken. Niet alle typen gebouwen zijn middels het BHH-model in te schatten. Hier wordt in hoofdstuk 4 van dit rapport nader op ingegaan.

## 2. Doorontwikkeling prototype

Er is veel werk verzet in de aansluiting van de uitkomsten van het BHH-model op de Nationale Milieu Database (NMD). Daarbij is gebruik gemaakt van de mogelijkheden van verschalen die de NMD-productkaarten bieden. Het model sluit aan op bestaande productkaarten of geeft suggesties voor nieuw aan te maken productkaarten. Op deze wijze kan het aantal productkaarten worden beperkt bij behoud van de gewenste nauwkeurigheid.

Het vernieuwde BHH-rekenmodel is getoetst aan de hand van referentieprojecten. Aan de hand hiervan is het model aanzienlijk verbeterd. Er is bewust voor gekozen om uitsluitend kantoor- en woongebouwen als referentieproject te nemen, omdat dit op dit moment nog de enige twee gebruiksfuncties zijn die zijn aangewezen om een MPG-berekening van te maken.

De kennis komt publiek beschikbaar via een openbaar rapport en het Excel-instrument. Op grond hiervan is het schattingsmodel in te bouwen in GPR Gebouw en langs die weg voor vele marktpartijen beschikbaar komen.

Doelgroepen van het BHH-model zijn planvormers en ontwerpers in het stadium van het voorlopig ontwerp. De uiteindelijke scope is op de milieubelasting ten gevolge van het materiaalgebruik van de constructie van gebouwen, zoals uitgedrukt in de milieuprestatie

van gebouwen (MPG). De uitkomst zijn hoeveelheden materiaal al dan niet per vierkante meter bruto vloeroppervlakte. Er wordt dus nog geen milieulast berekening gedaan in het model-BHH. Per materiaal en per productsoort is in samenspraak met de leveranciers een gepaste procedure met bijpassende materiaaleenheid vastgesteld. Op deze wijze is op de Nationale Milieu Database (NMD) aan te sluiten. Het model geeft aan of en in hoeverre aspecten zoals brandwerendheid, geluidwering, e.d. zijn meegenomen in de functionele eenheid. Voor een integrale score van de milieuprestatie is het van belang om naast de MPG ook de energieprestatie (EPG) van het gebouw in ogenschouw te nemen.

## 2.2 Het BHH model

Met het oog op een zo gering mogelijke milieubelasting van bouwwerken is het van belang om zo vroeg mogelijk in het ontwerpproces een goede afweging op hoofdlijnen te kunnen maken over de constructie(onderdelen) van een gebouwoontwerp. Het is dan nuttig om bij de invoer van gegevens, in de rekeninstrumenten die de milieubelasting berekenen, voldoende richting te geven zonder vast te zitten aan impliciete keuzen over constructies. Met die vrije keuze kan een ontwerper al in de voorlopige ontwerpfase de milieubelasting vergelijken van diverse ontwerpen van de hoofddraagconstructie.

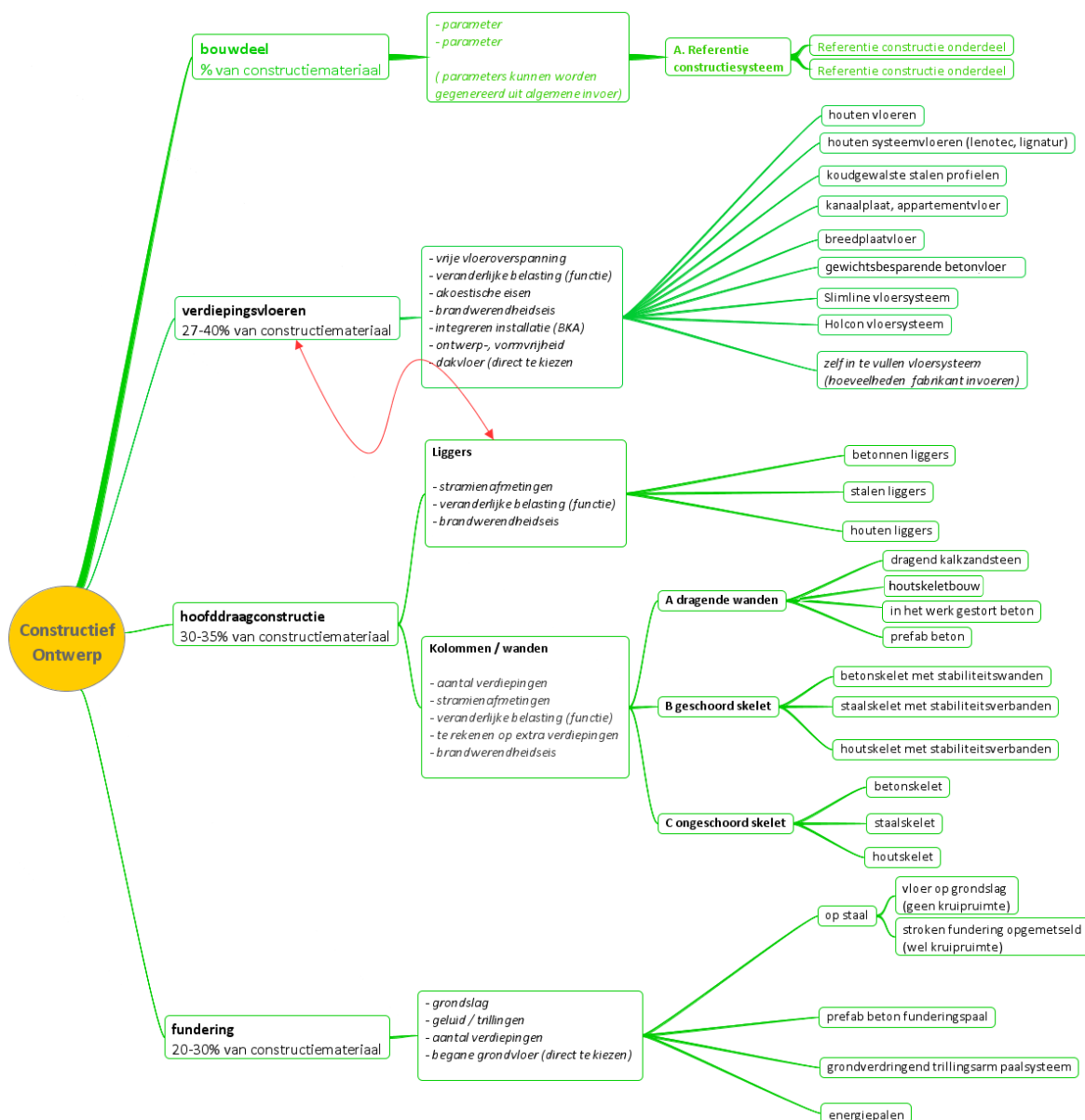
Het afwegen van diverse constructieve varianten is van groot belang, omdat de hoofddraagconstructie van een gebouw verantwoordelijk is voor 30-60% van de milieubelasting veroorzaakt door materiaalgebruik. De basis van een constructief ontwerp wordt doorgaans in de voorlopige ontwerpfase gelegd. Een ontwerper beschikt dan nog over een redelijke ontwerprijheid.

In rekeninstrumenten zoals Greencalc<sup>+</sup> en GPR Gebouw wordt de materiaalhoeveelheid voor de constructieve bouwdelen bepaald op basis van één of enkele referentiegebouwen. Idealiter vindt de optimalisatie van de milieubelasting plaats aan de hand van de invoer van constructieve parameters van een specifiek ontwerp. Onderhavig onderzoek richt zich daar op. Het is de bedoeling dat het resultaat van dit onderzoek zijn doorwerking krijgt in bovengenoemde rekeninstrumenten.

In samenwerking met W/E/ adviseurs, NIBE, DGMR, het Ministerie van I & M, SBK en KMU heeft IMd Raadgevende Ingenieurs het Model Bepaling Hoeveelheden Hoofddraagconstructie uitgewerkt. Het model moet vooral dienen om een betere inschatting te kunnen maken van de materiaalhoeveelheden van een ontwerp als nog niet alle constructieve elementen zijn uitgewerkt. . In combinatie met de hanteren milieudata van de materialen biedt het een goede basis voor de bepaling van de materiaalgebonden milieubelasting van de hoofddraagconstructie.

In dit voorliggende rapport worden de uitgangspunten beschreven die gelden voor het Model Bepaling Hoeveelheden Hoofddraagconstructie (Model BHH). Tevens worden de gekozen constructieprincipes besproken en zijn de grenzen en beperkingen van het model toegelicht. Tevens dient het rapport als toelichting op het model BHH. Dit model is uitgewerkt in een MS Excel Worksheet. Een gebruiker kan in het eerste tabblad 'Algemeen' de gegevens invoeren en de resultaten direct uitlezen. De materiaalhoeveelheden worden per bouwdeel in de overige tabbladen berekend. De afbeelding op de volgende pagina geeft weer hoe het model is opgebouwd. Een hoofddraagconstructie is opgedeeld in bouwdelen en per bouwdeel worden de materiaalhoeveelheden bepaald op basis van een aantal constructieve parameters.

De achterliggende rekenregels zijn opgenomen in de bijlage A. De materiaalhoeveelheden zijn bepaald op basis van vuistregels en ontwerprichtlijnen. Voor de diverse vloersystemen is hoofdzakelijk gebruik gemaakt van de beschikbare gegevens van fabrikanten en leveranciers.

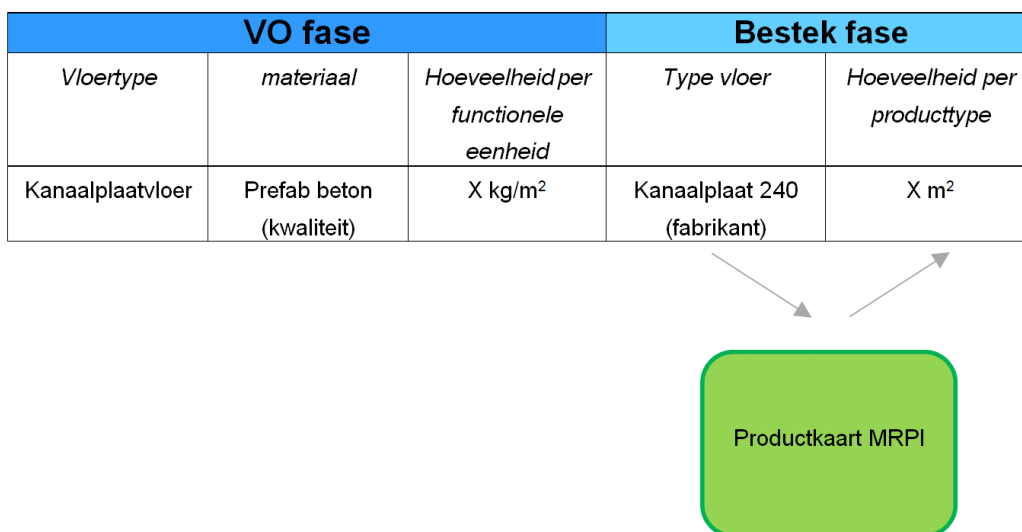


Bovenstaande afbeelding geeft een beeld van de mogelijke keuzes die voor een constructie te maken zijn. De afbeelding is niet alomvattend. Mogelijk dat door de tijd heen bouwsystemen niet meer actueel zijn of dat er nieuwe systemen zijn die niet in de afbeelding zijn opgenomen.



### 2.3 De randvoorwaarden van het BHH-model

Het model is opgezet voor de meest gangbare constructies in Nederland op basis van veel voorkomende bouwsystemen. Hierbij kan gedacht worden aan de seriematige constructies waar enigszins sprake is van repetitie. Bijvoorbeeld een individuele woning valt buiten de scope van het BHH-model. Ook kan het zijn dat er nieuwe producten op de markt komen of dat de prestatie eigenschappen niet exact overeenkomen met de werkelijkheid. Een mogelijkheid is dat het BHH-model dan wordt geüpdate met input vanuit de markt. Diverse partijen hebben dat tot nu toe al gedaan. In het model zal altijd een zekere mate van grofheid aanwezig zijn. Het is dan ook bedoeld om constructiesystemen onderling te kunnen vergelijken en niet om een constructiesystemen op zichzelf helemaal door te rekenen en te optimaliseren.



### 3 Functionele eenheid

Een belangrijk uitgangspunt voor het model BHH is de vastlegging van de juiste functionele eenheid. De materiaalgegevens die volgen uit het model BHH worden uitgedrukt in kg/m<sup>2</sup> BVO of in m<sup>2</sup> product. Voor de koppeling naar de Geharmoniseerde Nationale Database wordt er in dit geval gebruik gemaakt van de zogenaamde merkongebonden productkaarten. Dit is noodzakelijk omdat het model enkel dient om in een voorlopige ontwerpfase het materiaalgebruik van meerdere varianten inzichtelijk te maken. Als er in een later ontwerpstadium meer gedetailleerde gegevens van de hoofdconstructie beschikbaar zijn kan er gebruik worden gemaakt van de merkgebonden productkaarten van de MRPI. Hiertoe worden de gegevens die volgen uit het model ook uitgedrukt in type en m<sup>2</sup> of m<sup>1</sup>. Zie onderstaande afbeelding.

## 4 Toelichting op het model

### 4.1 Algemene invoer

In het invoerveld 'Algemene invoer gebouw' kunnen de algemene gebouwgegevens worden aangegeven. Aan deze gegevens worden alle overige berekeningen gekoppeld. Een wijziging in bijvoorbeeld de stramienafstanden of het aantal verdiepingen zal direct resulteren in een wijziging van de hoeveelheid materiaal per bruto vloeroppervlak.

Door het blad van boven naar beneden in te voeren en telkens een keuze te maken worden hoeveelheden materiaal gegenereerd. Zie hiervoor ook de omschrijving functionele eenheid.

#### 4.1.1 Gebruiksfunctie

De mogelijke gebouwfuncties zijn gebaseerd op de gebruiksfunctie zoals omschreven in het Bouwbesluit 2012. Hieraan worden vervolgens de gegevens gekoppeld zoals veranderlijke belasting, brandwerendheid en de verdiepingshoogte. Vervolgens wordt aan de gebruiksfunctie het kenmerk 'woningbouw' of 'utiliteitsbouw' gekoppeld, dit kenmerk is van invloed op het mogelijk te kiezen vloertype.

#### 4.1.2 Bruto vloeroppervlakte (BVO)

Deze waarde kan door de ontwerper zelf worden opgegeven. Het is op te geven voor de begane grond, voor de verdiepingvloeren en voor de dakvloer. In het BVO zijn ook de dragende en niet dragende binnenwanden meegerekend. Het BVO wordt gemeten vanaf de buitenkant van de gevels en het bevat ook constructieve elementen, leidingschachten, ingesloten buitenruimten, trappen en liftkokers e.d.. Opgemerkt dient te worden dat de dakvloer geen onderdeel uitmaakt van het BVO.

#### 4.1.3 Aantal bouwlagen

Dit is het aantal te bouwen lagen. Eén verdieping is één bouwlaag, dus begane grond is één bouwlaag, eerste verdieping is één bouwlaag etc. Het aantal te bouwen bouwlagen is van invloed op de materiaalkeuze en type hoofdconstructie. Daarbij is het aantal verdiepingen bepalend voor het gewicht van de constructie en voor de fundering.

#### 4.1.4 Vrije hoogte

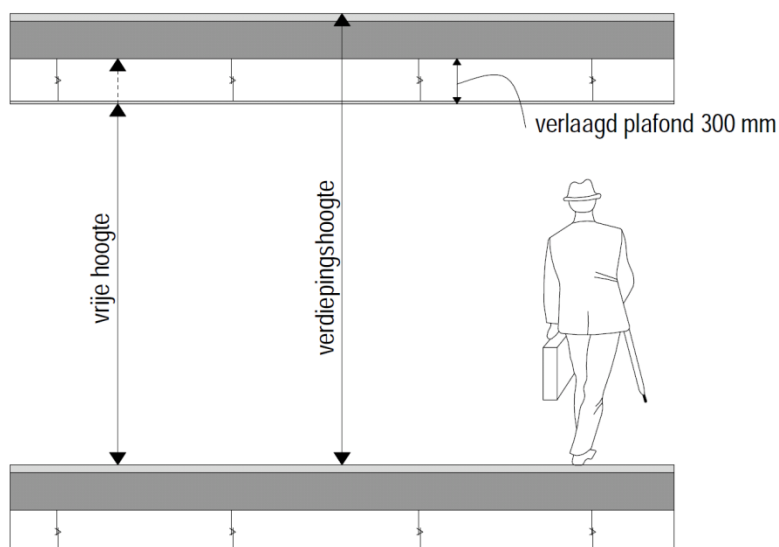
Vanuit het Bouwbesluit is een minimale eis gesteld aan de vrije hoogte boven een afgewerkte vloer. Het Bouwbesluit 2003, *Afd. 4.6, Art. 4.28.3 – tabel 4.25* stelt in verband met de bruikbaarheid aan alle gebruiksfuncties een minimale eis 2,6 meter, behalve voor de gebruiksfunctie 'sport', voor deze geldt een eis van minimaal 5 meter. De vrije hoogte

boven een afgewerkte vloer van een gebouw is door een ontwerper zelf in te voeren in het model omdat een architect of een opdrachtgever een hogere verdiepingshoogte kan eisen dan het Bouwbesluit. [Zie afbeelding] Hiervoor geldt overigens wel dat de hoogte minimaal aan de door het Bouwbesluit gestelde eis moet voldoen.

#### 4.1.5 Verdiepingshoogte

De verdiepingshoogte kan worden gedefinieerd als de afstand van bovenkant afgewerkte vloer tot bovenkant afgewerkte vloer. De verdiepingshoogte wordt door het model zelf gegenereerd door de volgende waarden te kiezen:

- Vrije hoogte boven een vloer geldende volgens het Bouwbesluit 2012 een zelf gekozen hogere waarde.
- De eventueel benodigde leidingruimte is afhankelijk van de gebouwfunctie. Er kan worden gekozen uit 300 mm, 400 mm of 500 mm plafond of 'geen verlaagd plafond'. De gekozen waarde wordt door het model opgeteld bij de waarde 'vrije hoogte' + 'vloerdikte'.
- De vloerdikte kan worden omschreven als constructievloer + afwerkvloer. De dikte van de vloer wordt automatisch gegenereerd. Omdat de dikte van de vloer afhankelijk is van de vloerkeuze, kan deze waarde later wijzigen naarmate het model verder wordt ingevuld.



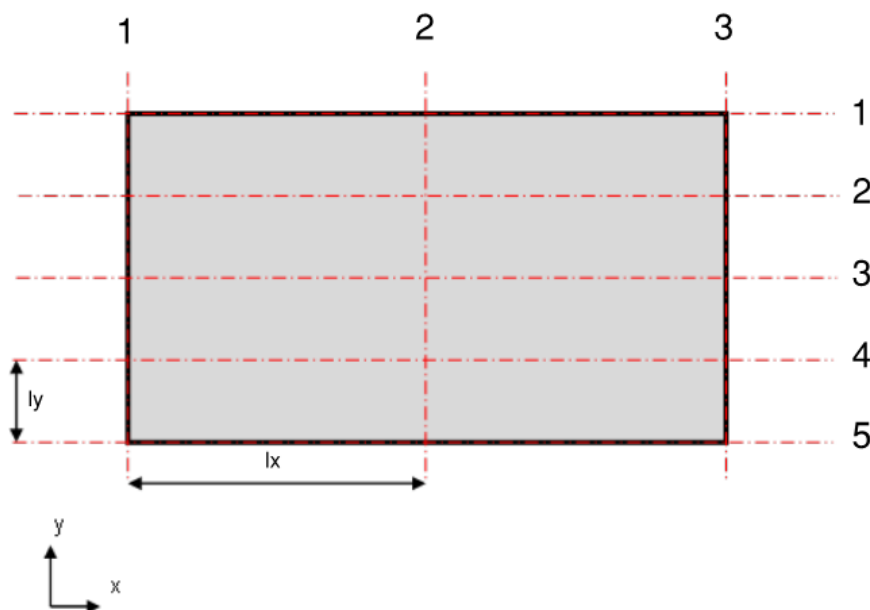
## 4.2 Stramienmaat

De stramienmaat heeft een grote invloed op de afmetingen van de constructieve bouwdelen. Geadviseerd wordt om in ranges te werken met als opties: 3,6; 5,4; 7,2; en 10,8. Het is mogelijk andere maten in te voeren, echter blijkt de uitkomst niet veel te verschillen van de voorgestelde maatvoering.

In het model zijn de stramien onderverdeeld in x- en y-stramien waarbij  $l_x$  en  $l_y$  de stramienafstanden zijn. Onderstaande afbeelding zijn de stramienrichtingen x en y respectievelijk weergegeven.

Het aantal stramien wordt bepaald door het aantal stramienlijnen. Dus als  $x=3$ , dan is de lengte van het gebouw in de x-richting  $(3-1) \cdot l_x = 2 \cdot l_x$

$$x = 3$$
$$y = 5$$



## 4.3 Hoogte bovenste vloer

Deze waarde is van invloed op de vereiste brandwerendheid van de hoofdconstructie volgens het Bouwbesluit 2012. De eis is voor woongebouwen en utiliteitsbouw verschillend en wordt gesteld op basis van de hoogte van de hoogste vloer van een gebouw waarop zich een verblijfsgebied bevindt, dus niet de dakvloer. De waarde wordt in het model als volgt gegenereerd:

$$\text{hoogte bovenste vloer} = (\text{aantal bouwlagen} - 1) \cdot \text{verdiepingshoogte}$$

#### 4.4 Brandwerendheid hoofddraagconstructie

Nieuwbouw	Hoogte (m)	Brandwerendheid (minuten)
woningen	<7	60
	7-13	90
	>13	120
overige functies	<5	30 (60)*
	5-13	90
	>13	90 (120)**

\* indien sprake is van een slaapfunctie (bijvoorbeeld kinderdagverblijf) dient de brandwerendheid bij een verblijfsgebied <5 m te worden verhoogd met 30 minuten

\*\* indien sprake is van een slaapfunctie (bijvoorbeeld celfunctie, gezondheidszorgfunctie met bedgebied, logiesfunctie) dient de brandwerendheid bij een verblijfsgebied >13 m te worden verhoogd met 30 minuten.

#### 4.5 Gevolgklasse

Alle constructie bouwdelen zijn berekend volgens de belastingcombinaties van gevolgklasse CC2. Aangezien het model specifiek is opgezet voor constructies die in deze categorie vallen.

## 4.6 Belastingen

### 4.6.1 *Permanente belastingen*

De belastingaanneمة voor het gebouw is onderverdeeld in 'type afwerkvloer' en 'type plafond & leidingen'. Voor de afwerkvloer kan worden gekozen uit een zand/cement- of anhydriet afwerkvloer met een dikte van 50 mm, 60 mm of 70 mm, een zwevende dekvloer van 90 mm, een computervloer 350 mm of geen afwerkvloer. Plafond & leidingen is te kiezen uit een lichte en een zware variant. De belastingen zijn in onderstaande tabel weergegeven.

### 4.6.2 *Opgelegde belastingen*

De veranderlijke belasting en de momentaanfactor wordt voor een gekozen gebruiksfunctie gebaseerd op Nederlandse norm NEN-EN 1990 Belastingen en Vervormingen. De waarden zijn in 4.6.3 *Overzicht belastingen* weergegeven. Voor de scheidingswanden is er te kiezen uit lichte scheidingswanden, zware scheidingswanden of geen scheidingswanden.

#### 4.6.3 Overzicht belastingen

Permanente belasting	$P_{g;rep}$
Afwerkvloer 50 mm	1,00 kN/m <sup>2</sup>
Afwerkvloer 60 mm	1,20 kN/m <sup>2</sup>
Afwerkvloer 70 mm	1,40 kN/m <sup>2</sup>
Zwevende dekvloer 90 mm	1,50 kN/m <sup>2</sup>
Computervloer 350	1,20 kN/m <sup>2</sup>
Plafond & Leidingen (licht)	0,20 kN/m <sup>2</sup>
Plafond & Leidingen (zwaar)	0,40 kN/m <sup>2</sup>

Veranderlijke belasting	$P_{q;rep}$	$\Psi_0$
Woning	1,75 kN/m <sup>2</sup>	0,4
Kantoor	2,50 kN/m <sup>2</sup>	0,5
Winkel	4,00 kN/m <sup>2</sup>	0,25
Sport	5,00 kN/m <sup>2</sup>	0,25
Onderwijs	3,00 kN/m <sup>2</sup>	0,5
Bijeenkomst	5,00 kN/m <sup>2</sup>	0,25
Gezondheidszorg	3,00 kN/m <sup>2</sup>	0,5
Scheidingswanden (licht)	0,50 kN/m <sup>2</sup>	
Scheidingswanden (middelzwaar)	1,50 kN/m <sup>2</sup>	
Scheidingswanden (zwaar)	2,50 kN/m <sup>2</sup>	

De belastingen zijn onderverdeeld in ranges om de hoeveelheid gegevens te beperken.

Door diverse gebruiksfuncties en belastingen te combineren ontstaan de volgende rekenwaarden belastingen (incl. eigen gewicht vloer):

$$p_d = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$p_d = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$p_d = 15 \text{ kN/m}^2$$

$$p_d = 20 \text{ kN/m}^2$$

## 5 Vloeren

### 5.1 Begane grondvloer

Er is te kiezen uit de meest gebruikelijke typen begane grondvloeren. Per begane-grondvloersysteem is een benodigde constructieve dikte bepaald op basis van 2 vloeroverspanningen (5,4 m en 7,2 m). Er is bij deze bepaling rekening gehouden met de te leveren afmetingen door de leverancier.

Er is te kiezen uit de volgende typen begane grondvloer:

- Combinatievloer (maximale overspanning 6,8 m.)
- Ribbenvloer
- Geïsoleerde kanaalplaatvloer
- Betonvloer i.h.w.g.



Geïsoleerde kanaalplaatvloer



Combinatievloer



Ribbenvloer



## 5.2 Verdiepingsvloeren

### 5.2.1 *Verlaagd plafond*

De integreerbaarheid van de installaties in de constructievloer is van invloed op de duurzaamheid van een gebouw omdat de verdiepingshoogte gereduceerd wordt door het weglaten van een verlaagd plafond. Een verlaagd plafond zorgt voor een toename van 300, 400 of 500 mm per verdieping, dat resulteert in een groter geveloppervlak en meer constructiemateriaal ten aanzien van de verticale constructieve bouwdelen.

In de praktijk is gebleken dat de aanpasbaarheid van de installaties van invloed is op de levensduur van een gebouw. Het opnemen van de installaties in de constructievloer reduceert die verdiepingshoogte en heeft een positieve invloed op het materiaalgebruik van de verticaal dragende bouwdelen en de gevel. Echter kunnen ingestorte leidingen naderhand niet meer worden aangepast. Diverse integrale vloersystemen bieden echter wel de mogelijkheid om de installaties in de gebruiksfase aan te passen.

### 5.2.2 *De invoer van een verdiepingsvloer in het model BHH*

Het is in het model mogelijk om twee verdiepingsvloersystemen in te voeren als er in een gebouwoontwerp sprake is van meerdere vloersystemen. Bijvoorbeeld door het aanwezig zijn van verschillende eisen en randvoorwaarden binnen één gebouw. In het model BHH is onderscheid gemaakt tussen een 'standaard verdiepingsvloer' en een 'afwijkende verdiepingsvloer'. De dikte van het standaard gekozen vloersysteem zal worden gebruikt om de verdiepingshoogte te berekenen zoals omschreven in hoofdstuk 2.

### 5.2.3 De keuze voor een vloer in het model

Omdat de keuze voor een vloersysteem een integrale afweging is dient de gebruiker enige bouwkundige en constructieve kennis te bezitten om op de juiste wijze met het model om te gaan. De hoeveelheid aan gegevens en verwijzingen in het model BHH zou anders te uitgebreid worden. De gebruiker dient hier dus zelf op een slimme wijze mee om te gaan.

De belastingen die op de vloer werken zijn in de 'Algemene invoer' aan te geven. De rekenwaarde van de belasting wordt automatisch door het model gegenereerd. Op basis de rekenwaarden van de belasting, de overspanning en de brandwerendheid e.d. kan een vloertype worden gekozen. Daaruit volgend worden de hoeveelheden materiaal weergegeven. Onderstaande tabel geeft een indicatie van de maximale vloeroverspanning van diverse vloersystemen waarbij de vloerdikte nog enigszins economisch is. De exacte waarde van de maximale overspanning is onder andere afhankelijk van de belastingen die op de vloer werken.

Vloertype	Maximale overspanning (ca. in m.)
breedplaatvloer	10,8 m.
kanaalplaatvloer	16 m.
massieve plaatvloer	9 m.
Gewichtsbesparende betonvloer	13 m.
cassetteplaatvloer	13 m.
prefab schil met I-profielen	14,4 m.
prefab schillen met tralieliggers	20 m.
betonvloer i.h.w.g.	10,8 m.
leidingvloer	9 m.
appartementenvloer	12 m.
klimaatvloer	12,6 m.
TTplaatvloer	22 m.
staalplaatbetonvloer	7,2 m.
houtenbalkvloer	5 m.
houten vlakke plaatvloer	7,2 m.
houten kanaalplaatvloer	7,2 m.

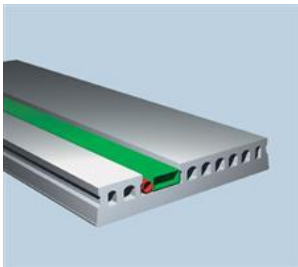
Zie ook het overzicht op p. 19. Dit overzicht is niet volledig maar geeft een redelijk beeld van de mogelijke vloersystemen die te kiezen zijn.

#### 5.2.4 Flexibele vloersystemen

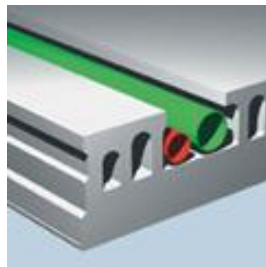
De afweging voor een type vloer is integraal, waarop diverse aspecten zoals constructieve mogelijkheden, uiterlijk, uitvoeringstechniek, integreerbaarheid van installaties, ontwerprijheid, etc. van invloed zijn. Wat betreft de materiaalgebonden milieubelasting van een vloertype zijn de materiaalsoort en de hoeveelheid materiaal van belang. Daarbij spelen aspecten zoals integreerbaarheid van installaties en aanpasbaarheid van installaties indirect ook een rol. De levensduur van een gebouw kan zodoende worden vergroot door in de ontwerpfase al rekening te houden met veranderende eisen en wensen. Zodoende kunnen aanpassingen in de toekomst, door bijvoorbeeld een functiewijziging, eenvoudiger worden gerealiseerd. Dit heeft een positieve invloed op de geschatte levensduur van een gebouw (Estimated Service Life). Wat betreft de vloerkeuze is de aanpasbaarheid van de installaties van grote invloed op de totale flexibiliteit van een gebouw. Dit is het gevolg van het wijzigen van de comforteisen en installatiecapaciteit. Dit is, als er sprake is van een functiewijziging, vrijwel altijd het geval. Het hergebruiken of deels aanpassen van een bestaande bouwkundige installatie levert een groot voordeel op in tegenstelling tot het aanbrengen van een nieuwe bouwkundige installatie doordat de kosten lager zijn en doordat het verlagen van de vrije hoogte door het aanbrengen van een verlaagde plafondconstructie niet noodzakelijk is. De haalbaarheid van een eventuele herbestemming kan hierdoor aanzienlijk worden vergroot.

De flexibiliteit van een vloer is te onderscheiden in de flexibiliteit in de ontwerpfase en de flexibiliteit in de gebruiksfase. Het beoordelen van de flexibiliteit in de duurzaamheidsinstrumenten vindt op dit moment nog op verschillende wijzen plaats. Het model BHH kwantificeert de flexibiliteit echter niet.

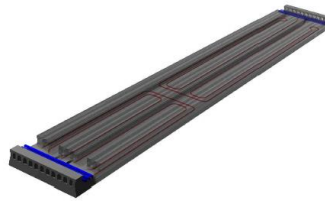
## 5.2.5 Overzicht verdiepingsvloeren en daken



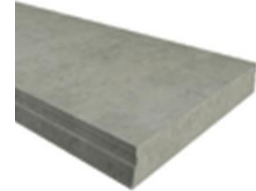
Leidingvloer



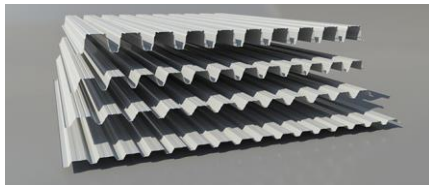
Appartementenvloer



Klimaatvloer



Massieve plaatvloer



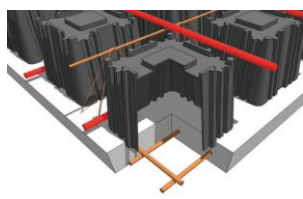
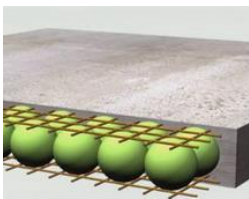
Stalen dakplaten



Breedplaatvloer



TT plaatvloer



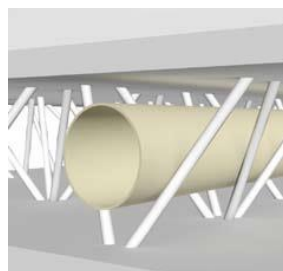
Betonvloer met gewichtsbesparing



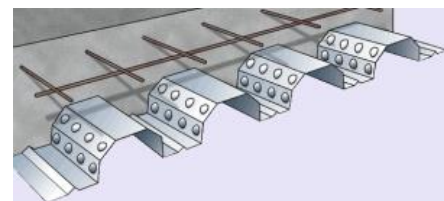
Kanaalplaatvloer



Prefab schil met I-profielen



Prefab schillen met tralieliggers



Staalplaat betonvloer



Houten vlakke plaatvloer



Houten kanaalplaatvloer



Houten balkenvloer

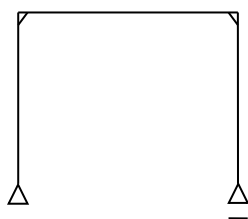
## 6 Draagstructuur

De keuze voor een draagstructuur is gerelateerd aan veel aspecten. Er wordt in het model onderscheid gemaakt in diverse systemen. Afhankelijk van de wensen en de eisen die aan het gebouw worden gesteld en de afmetingen van het gebouw kan een gebruiker een systeem kiezen. Indien het gebouw hoger is dan 4 bouwlagen is een ongeschoord skelet niet meer economisch vanwege de benodigde profielafmetingen. Het model geeft hiervan een melding om de gebruiker hierop te attenderen.

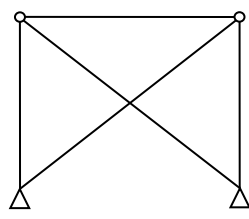
- Dragende wanden
- Geschoord skelet
- Ongeschoord skelet (maximaal 4 bouwlagen)

Hoe de verschillende bouwdelen zich verhouden tot de materiaalhoeveelheden en de diverse soorten materiaal, wordt in de volgende hoofdstukken toegelicht. Omdat het stabiliteitssysteem per richting kan verschillen is deze per richting apart in te voeren. De verschillende materiaalkwaliteiten kunnen invloed hebben op de materiaalhoeveelheden. Daarom is er voor staal, beton en hout onderscheid te maken in verschillende kwaliteiten.

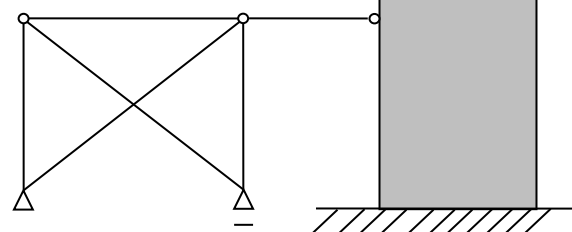
<i>i.h.w.g. beton</i>	<i>C30/37</i>
<i>prefab beton</i>	<i>C53/65 (gelijk aan C50/60)</i>
<i>staal standaard kwaliteit</i>	<i>S235</i>
<i>staal hoge kwaliteit</i>	<i>S355</i>
<i>extra hoge staalkwaliteit</i>	<i>S460</i>
<i>naaldhout</i>	<i>C24</i>
<i>gelamineerd hout</i>	<i>GL24</i>



Ongeschoord skelet



Geschoord skelet  
d.m.v. windverbanden



Geschoord skelet d.m.v. wanden of een kern

## 6.1 Dragende wanden

Een wand kan de volgende eigenschappen bezitten:

- Dragend
- Stabiliteit
- Woningscheidend
- Binnenblad gevel



De volgende parameters zijn van invloed op de materiaalhoeveelheden van een dragende wand:

- Vloerbelasting (5-20 kN/m<sup>2</sup>)
- Aantal stramien op wand (1 of 2 of ...)
- Overspanning vloer (3,6-16 m)
- Aantal bouwlagen
- Eis brandwerendheid (30-90 min.)
- Eis akoestisch (woningscheidend min. 250 dik)
- Kwaliteit

Voor de dragende wanden wordt onderscheid gemaakt in de volgende materialen en spanningen.

C30/37	i.h.w.g. beton	$\sigma_{min} = 15 \text{ N/mm}^2$
C53/65	Prefab beton	$\sigma_{min} = 20 \text{ N/mm}^2$
CS 12	Kalkzandsteen standaard kwaliteit	$\sigma_{min} = 2,2 \text{ N/mm}^2$
CS 20	Kalkzandsteen klinker kwaliteit	$\sigma_{min} = 3,5 \text{ N/mm}^2$
CS 44	Kalkzandsteen hoogbouw kwaliteit	$\sigma_{min} = 8,0 \text{ N/mm}^2$
C24	Naaldhout i.c.m. beplating	<i>ontwerprichtlijnen</i>

Het model BHH gaat uit van dragende wanden in 1 richting. De vloeren overspannen dan van wand tot wand. De overspanningslengte van de vloeren is dus gelijk aan de h.o.h.-afstand van de wanden.

Voor de betonnen wanden is de gemiddelde hoeveelheid wapening vastgesteld voor 3 categorieën:

Licht ( $n \leq 4$ bouwlagen)	60 kg/m <sup>3</sup>
Medium ( $4 < n \leq 8$ bouwlagen)	90 kg/m <sup>3</sup>
Zwaar ( $n > 8$ bouwlagen)	110 kg/m <sup>3</sup>

Indien de constructeur aangeeft dat geen wapening benodigd is dan mag voor in het werk gestort 0 kg/m<sup>3</sup> worden aangenomen en voor prefab 5 kg/m<sup>3</sup> t.b.v. transport

## 6.2 Geschoord skelet

### 6.2.1 Kolommen

De hoeveelheid materiaal ten aanzien van de kolommen is afhankelijk van het belastingsvlak, aantal bouwlagen, en de grootte van de belasting. Bij een groot aantal bouwlagen is het mogelijk om onderin grotere kolommen toe te passen dan bovenin. Daarom wordt vanaf 5 bouwlagen een reductiefactor van 0,7 toegepast om de gemiddelde materiaalhoeveelheid te bepalen. Het belastingsvlak op de kolommen wordt bepaald op basis van de ingevoerde stramienmaten. Het model rekent per stramienkruispunt 1 kolom.

Voor de verschillende materialen wordt voor de kolommen de materiaalhoeveelheid in overeenstemming met de gegeven formules in de bijlage 'Rapportage rekenregels' bepaald. De uiterst opneembare spanning wordt ten opzichte van de vloeispanning gereduceerd omdat er bij kolommen bijvoorbeeld sprake is knikinstabiliteit.

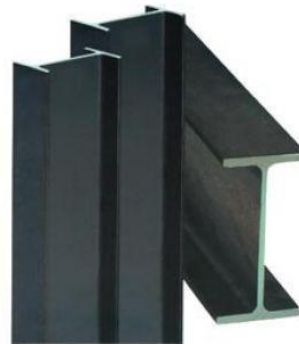
Om de hoeveelheid wapening in kolommen te bepalen wordt uitgegaan van een gemiddeld wapeningspercentage van 2 %.

## 6.2.2 Liggers

Door de rekenwaarden vloerbelastingen te combineren met de ranges stramienmaten ontstaan de volgende belastingen:

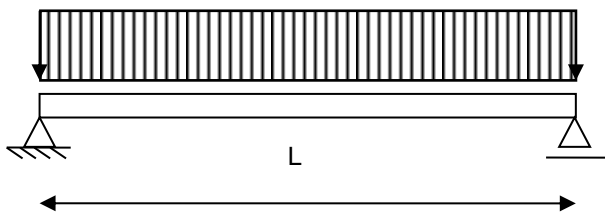
$q_d$ : 15 kN/m t/m  $q_d$ : 300 kN/m

De liggerafmetingen worden door globale ontwerprichtlijnen bepaald. Deze ontwerprichtlijnen zijn gebaseerd op de maximale toelaatbare spanningen in het materiaal en de maximaal toelaatbare vervormingen.



Voor staal zijn er diverse liggertypen te kiezen. Voor gelamineerd hout wordt er uitgegaan van standaard leverbare profielafmetingen. De liggers worden elastisch berekend, omdat het een ontwerpberkening betreft.

Voor een betonnen ligger worden de balkafmetingen bepaald op basis van ontwerpregels. De krachtswerking wordt vervolgens bepaald om de benodigde hoeveelheid wapening te bepalen. De totale hoeveelheid wapening in een balk is afgeleid van de benodigde hoeveelheid wapening ter plaatse van het veldmoment van een statisch bepaalde ligger.





## 6.2.2.1 Primaire en secundaire liggers

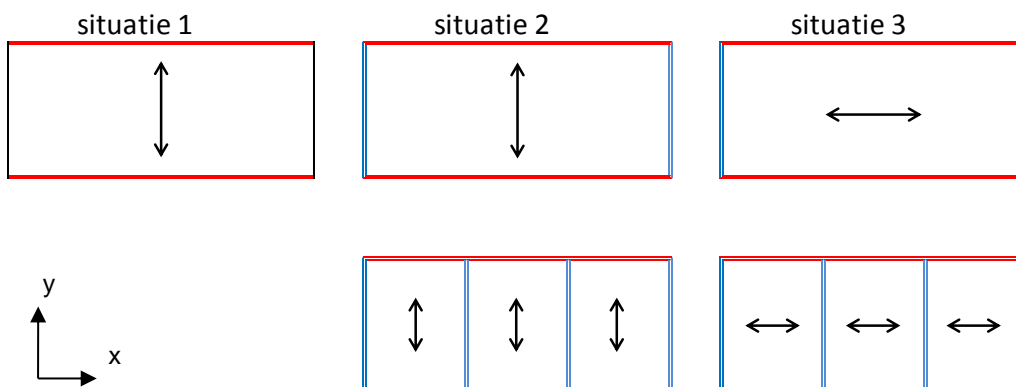
Er kan in het model worden aangegeven of er sprake is van secundaire liggers. Voor de hoofdliggers dient te worden uitgegaan van de grootste stramienmaat (let op: het model doet dit niet automatisch).

Er zijn 3 situaties mogelijk:

- Situatie 1: de vloer overspant naar de primaire liggers. Secundaire liggers zijn niet noodzakelijk en er is voor gekozen om deze niet toe te passen.
- Situatie 2: de vloer overspant naar de primaire liggers. Secundaire liggers zijn niet noodzakelijk, maar er is voor gekozen om deze wel toe te passen..
- Situatie 3: de vloer overspant naar de secundaire liggers. Secundaire liggers zijn noodzakelijk en worden automatisch toegepast.

primaire ligger (PL)

secundaire ligger (SL)



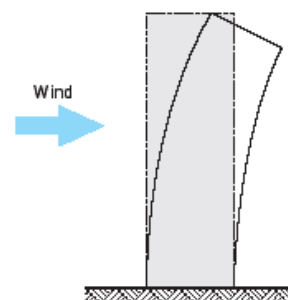
In de afbeelding staat de richting van de x- en y-as aangegeven, maar dit kan ook andersom zijn. Welke situatie van toepassing is wordt bepaald door de keuze in welke richting de vloeren en primaire liggers overspannen. Secundaire liggers (indien aanwezig) overspannen automatisch in de tegenovergestelde richting als de primaire liggers.

Mits secundaire liggers worden toegepast, kan het aantal velden (tot max. 4) waarin zij de primaire ligger opdelen worden gekozen.

## 6.2.3 Stabiliteit geschoorde raamwerken

De windbelasting op het gebouw bepaald op basis van de hoogte van het gebouw. Naarmate het gebouw hoger is, wordt een hogere windbelasting voorgeschreven.

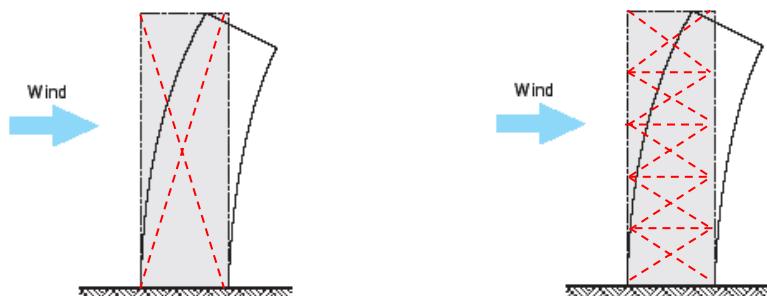
0 – 15 m	$p_w = 1,0 \text{ kN/m}^2$
15 – 50 m	$p_w = 1,5 \text{ kN/m}^2$
50 – 150 m	$p_w = 1,8 \text{ kN/m}^2$
150 – 200 m	$p_w = 2,3 \text{ kN/m}^2$
200 – 250 m	$p_w = 2,7 \text{ kN/m}^2$



Het model berekent enkel stabiliteitsvoorzieningen in staal en/of beton. Stabiliteitsvoorzieningen in kalkzandsteen zijn in principe ook mogelijk maar alleen indien de kalkzandsteenwand ook een dragende wand is. Dit wordt veroorzaakt doordat kalkzandsteen minder goed in staat is om trekkrachten op te nemen.

### 6.2.3.1 Stabiliteitsvoorzieningen in staal

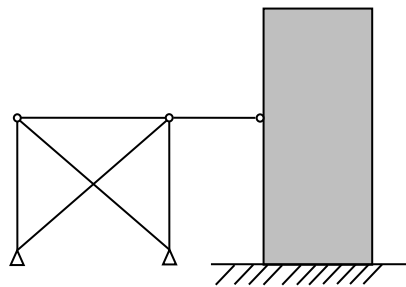
Voor de geschoorde raamwerken wordt de werkende windbelasting per richting op het gebouw bepaald. Op basis van maximaal toelaatbare staalspanningen wordt het benodigde staaloppervlak bepaald. Voor de totale toegepaste procedure, zie H9 in de bijlage.



### 6.2.3.2 Stabiliteitsvoorzieningen in beton

#### Stabiliteitswanden

De hoeveelheid wanden wordt bepaald op basis van de eis ten aanzien van de horizontale verplaatsing van het gebouw ten gevolge van de buigstijfheid van de wanden. De horizontale verplaatsing van een gebouw wordt beïnvloed door de stijfheid van de fundering en de buigstijfheid van de kern of wand. De stijfheid van de fundering is een factor die niet op eenduidige wijze op basis van enkele parameters te bepalen is. Daarom wordt alleen de buigstijfheid van de kern of wand in ogenschouw genomen en wordt de eis ten aanzien van de horizontale verplaatsing gehalveerd.



De dikte van de wanden wordt bepaald op basis van de gebouwhoogte zoals in volgend overzicht is weergegeven.

0 – 15 m	$d = 200 \text{ mm}$
15 – 50 m	$d = 300 \text{ mm}$
50 – 150 m	$d = 400 \text{ mm}$
150 – 200 m	$d = 450 \text{ mm}$
200 – 250 m	$d = 500 \text{ mm}$

Voor de wapeningshoeveelheid in de wanden en kernen wordt uitgegaan van  $120 \text{ kg/m}^3$

## Stabiliteitskernen

Voor de kernen wordt uitgegaan van vierkante kernen waarvan de afmetingen variëren van  $4\text{ m} * 4\text{ m}$  tot  $15\text{ m} * 15\text{ m}$ .

De afmetingen van de kern worden bepaald door:

- Hoogte gebouw, hieruit volgen de dikte van de wanden en de werkende windbelasting in  $[\text{kN}/\text{m}^2]$ .
- De breedte en lengte van het gebouw, hieruit volgen de werkende windbelastingen op de kern.

De benodigde kernafmetingen worden bepaald door de benodigde stijfheid ( $I_{\text{benodigd}}$ ) van de kern. De waarde  $I_{\text{benodigd}}$  is voor elke gegeven gebouwhoogte te bepalen. Door deze te vergelijken met de waarde  $I_{\text{verkregen}}$  kan worden gezocht naar de optimale afmetingen van een kern. Tevens kan er sprake zijn van meerdere kernen in een gebouw. Dit kan tevens in het model worden aangegeven. Omdat het model uitgaat van vierkante kernen wordt de windbelasting die door de kern naar de fundering moet worden afgedragen bepaald op basis van de grootste lengte van het gebouw.

## Aandachtspunten

- Er wordt uitgegaan van een vierkante gesloten kern (reductiefactor sparingen = 0,8).
- De combinatie van wanden en kernen is ook gebruikelijk. Dit is op dit moment nog niet in het model BHH verwerkt.

### 6.3 Ongeschoord skelet

Een ongeschoord skelet bestaat uit liggers en kolommen die momentvast aan elkaar zijn verbonden. De moment-vaste knopen verzorgen in feite de stabiliteit van het gebouw. De benodigde momentcapaciteit van de knopen beïnvloedt de momentcapaciteit van de profielen, hetgeen tot grotere profielafmetingen kan leiden in vergelijking tot een geschoord skelet. Het maximaal aantal bouwlagen voor een ongeschoord skelet is in het model vastgesteld op 4. Dit maximaal aantal bouwlagen is gebaseerd op een verdiepingshoogte van ongeveer 3 meter.

Voor kolommen en liggers worden de volgende percentages aangehouden voor de ophoging van het materiaalgebruik ten opzichte van een geschoord skelet.

1 bouwlaag	110 %
2 bouwlagen	115 %
3 bouwlagen	125 %
4 bouwlagen	150 %

## 7 Fundering

De fundering kan zijn een fundering op staal of een fundering op palen. Het aantal palen wordt bepaald op basis van het totale gewicht van het gebouw. Indien de hoofddraagconstructie bestaat uit dragende wanden wordt het eigen gewicht opgehoogd met een extra factor. Zie Rapportage rekenregels.

Voor het paaltype kan worden gekozen uit prefab beton palen of trillingsarm aangebracht ihwg beton palen.

Voor het paal draagvermogen kan worden gekozen uit de volgende waarden:

$$F_d = 500 \text{ kN}$$

$$F_d = 1000 \text{ kN}$$

$$F_d = 1500 \text{ kN}$$

$$F_d = 2000 \text{ kN}$$

Voor de paallengtes kan worden gekozen uit:

$$L = 5 \text{ m}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

Mits het paal draagvermogen en de –lengte onbekend zijn, kan dit worden overlegd met een constructeur of kan een aanname worden gedaan. Met het paal draagvermogen kan worden gespeeld, maar het is aan te raden de paallengte gelijk te houden tussen verschillende varianten.

Als de hoofddraagconstructie bestaat uit een geschoord of ongeschoord skelet dan wordt er per stramienkruispunt een poer in rekening gebracht. De afmetingen van de poer zijn in het model BHH gerelateerd aan het aantal bouwlagen.

Per as brengt het model een funderingsbalk in rekening waarbij de afmetingen voor de randbalken en de middenbalken verschillend zijn. Zie rapportage rekenregels.

## 8 Aansluiting uitkomsten BHH op NMD

Voor de resultaten van de constructiehoeveelheden uit BHH is getracht deze eenduidig te presenteren zodat deze aansluit op de gegevens in de NMD. Op deze wijze kan uiteindelijk van de constructie een milieulastberekening worden uitgevoerd op basis van de juiste uitgangspunten en gegevens. Afhankelijk van het type constructieonderdeel is de uitkomst op één van de twee mogelijkheden weergegeven. 'HVV' is de afkorting van 'hoeveelheid' en komt overeen met de rekenregels van SBK die zijn opgenomen in Bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen en GWW-werken.

- HVH uitgedrukt in [kg's] materiaal per BVO
- HVH uitgedrukt in BVO [m2] product + type

Om aan te sluiten op de data van producten en materialen zoals die in de NMD zijn omschreven, kan middels één van onderstaande principes de juiste milieugegevens worden verkregen.

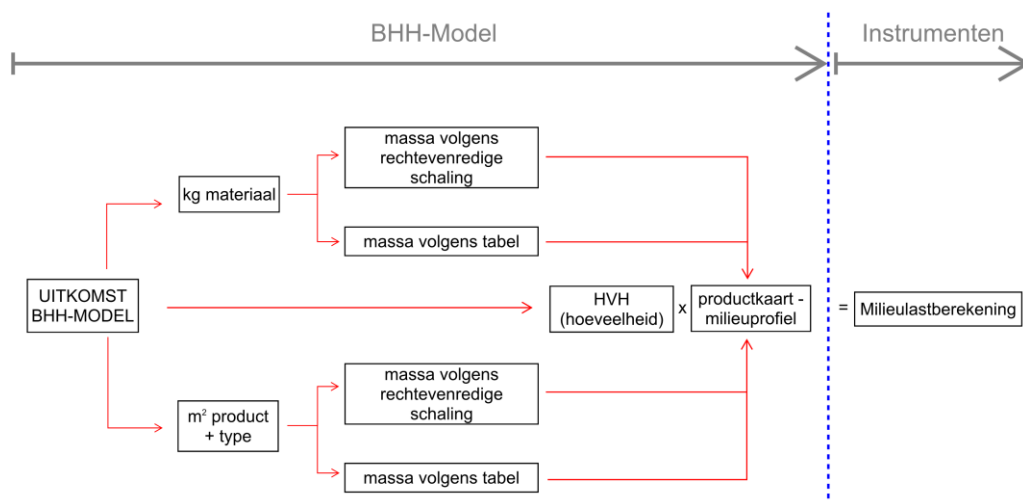
- Optie 1: Rechtevenredige schaling
- Optie 2: Schaling volgens 'Massa volgens tabel'

[naam productkaart] + [type/dikte] + [hoeveelheid BVO - m2]

Bijvoorbeeld:

[Kanaalplaat] + [200] + [2000]

Dit ziet er als volgt uit:



## 9 Aanbevelingen

In deze rapportage zijn de gehanteerde uitgangspunten voor het model BHH omschreven. Het model dient slechts ter indicatie en is echter geen exacte wetenschap. Door het vastleggen van de functionele eenheid voor de hoofddraagconstructie is een goede stap gezet voor de bepaling van de materiaalgebonden milieubelasting.

De toepassing van het model richt zich op de meest gangbare constructies. Uitzonderlijke constructies met overspanningen van ca. 20 meter of specifieke ontwerpuitgangspunten kunnen niet worden bepaald met het model BHH.

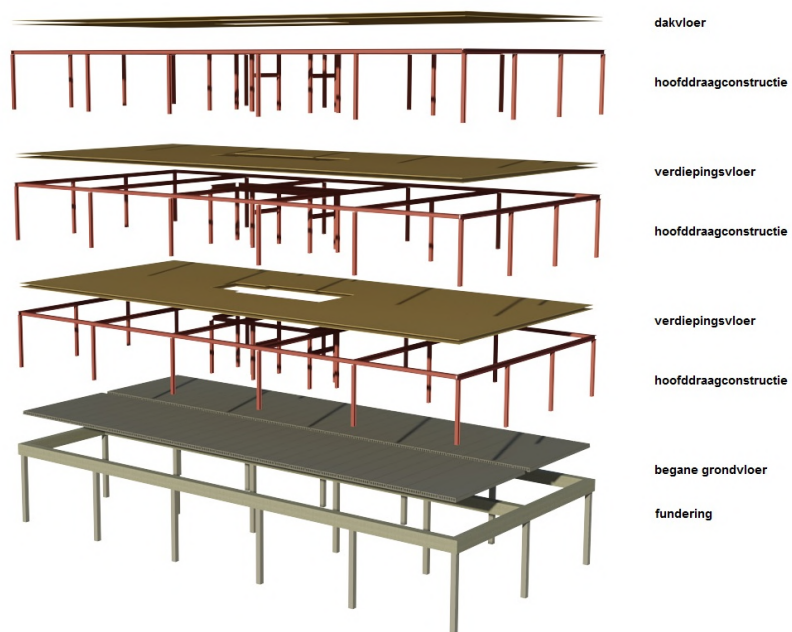
Het verzamelen van gegevens van leveranciers bleek een lastige opgave. Het is niet geheel ondenkbaar dat de gehanteerde gegevens afwijken van de werkelijkheid of dat de gehanteerde ontwerpregels niet voor alle situaties toereikend zijn. In dat geval kunnen de gegevens in het model worden gewijzigd en zal een nieuwe versie van het model BHH worden uitgegeven.



## **BIJLAGE A Rapportage rekenregels Model BHH**

## Rapportage Rekenregels CONCEPT

PROJECT: Model BHH versie 3.4  
KENMERK: N:\3356\C\R\RR-versie 3.4  
RAPPORTDATUM: 25-02-2016



OPGESTELD DOOR: ir. E.R. van Westenbrugge-Bilardie  
VRIJGEGEVEN DOOR: ir. P. Peters RO

## Inhoudsopgave

1 Inleiding	2
2 Vloeren	3
2.1 Begane grondvloer	3
2.2 Verdiepingsvloer	5
2.3 Dakvloeren	12

## 1 Inleiding

In deze rapportage rekenregels zijn de rekenregels uitgeschreven die zijn verwerkt in het model BHH. Dit rapport dient als bijlage bij het rapport Uitgangspunten Model Bepaling Hoeveelheden Hoofddraagconstructie en is bedoeld als hulpmiddel voor de instrumentbouwers die het model BHH zullen verwerken in hun instrumenten. Tevens biedt het inzicht in de achterliggende berekeningen en uitgangspunten.

Per bouwdeel zijn de rekenregels beschouwd. De beschouwing is als volgt opgebouwd:

- variabelen
- randvoorwaarden
- rekenregels

Als de waarde van een variabele afhankelijk is van een andere variabele dan is dat aangegeven door de toevoeging 'variabel [min. waarde:maximale waarde;interval] ' of 'variabel [waarde 1;waarde 2;waarde 3; .. ;waarde n]'

Indien een variabele afhankelijk is van een materiaalkwaliteit, dan staat dit als volgt aangegeven achter de gegeven waarde van de variabele: [kwaliteit].

De gebruikte variabelen in de rekenregels komen overeen met de variabelen in het model BHH versie 3.3.

## 2 Vloeren

### 2.1 Begane grondvloer

#### Variabelen

Vloertype = [kanaalplaatvloer;combinatievloer; ribbenvloer; betonvloer ihwg]

$L_{vloer}$  = overspanning vloer ; variabel [5,4;7,2]

$P_{d,s}$  = afgeronde rekenwaarde vloerbelasting op hoeveelheden van 5 kN/m<sup>2</sup> (incl. eigen gewicht) in ULS - zie tabblad 02\_BG VLOER - cel S8

$G_{vloer}$  = gewicht van de vloer [kN/m<sup>2</sup>] uitlezen uit tabel. Aanname van het eigen gewicht begane grondvloer incl. aanname veiligheidsfactor.

Vloerdikte = uitlezen uit tabel

#### Tabel uitlezen ' $G_{vloer}$ '

Type begane grondvloer	Gvloer
kanaalplaatvloer	4 kN/m <sup>2</sup>
combinatievloer	3 kN/m <sup>2</sup>
ribbenvloer	3 kN/m <sup>2</sup>
betonvloer ihwg	6.5 kN/m <sup>2</sup>

Tabellen uitlezen 'vloerdikte'. Met horizontaal de vloeroverspanning en verticaal de vloerbelasting  $P_{d,s}$ .

Kanaalplaatvloer		
Vloerdikte ongeïsoleerd [mm]	5.4	7.2
5	200	200
10	200	200
15	200	260
20	200	260

Combinatievloer		
Vloerdikte [mm]	5.4	7.2
5	170	170
10	170	170
15	170	170

<b>20</b>	170	170
-----------	-----	-----

<b>Ribbenvloer</b>		
--------------------	--	--

Vloerdikte constructief [mm]	5.4	7.2
5	250	250
10	250	250
15	250	
20	250	

<b>betonvloer ihwg</b>		
------------------------	--	--

Vloerdikte [mm]	5.4	7.2
5	150	200
10	200	275
15	250	300
20	275	325

## 2.2 Verdiepingsvloer

### Variabelen

$L_{vloer}$  = overspanning vloer [m]

$P_{d,s}$  = rekenwaarde vloerbelasting in de ULS [kN/m<sup>2</sup>] - excl. het eigen gewicht van de vloer - zie tabblad 03\_VERD VLOEREN - cel C13

$G_{vloer}$  = gewicht van de vloer [kN/m<sup>2</sup>] uitlezen uit tabel. Aanname van het eigen gewicht verdiepingsvloer incl. aanname veiligheidsfactor.

type vloer	Vloerdikte [mm]	Gvloer [kg/m <sup>2</sup> ]
<b>kanaalplaatvloer</b>	150	264
	200	303
	260	376
	320	443
	400	548
<b>kanaalplaatvloer met druklaag</b>	150	408
	200	447
	260	520
	320	587
	400	692
<b>betonvloer ihwg</b>	150	360
	200	480
	350	840
	450	1080
<b>prefab schil met I-profielen</b>	300	308
	320	311
	340	314
	360	318
	390	322
	450	333
	480	340
	520	348
	570	359
	670	382
<b>houten balklaag</b>	720	396
	218	17.43
	243	23.81
	243	30.07
	268	32.55
	293	35.04
	297	36.98
<b>staalplaatbetonvloer</b>	150	233
	175	353
	200	293
	330	426

<b>gewichtsbesparende betonvloer</b>	230	432
	280	492
	340	576
	390	648
	450	744
<b>massieve plaatvloer + druklaag</b>	190	456
	250	600
	330	792
<b>staalplaat met isolatie en opstorting</b>	254	197.6
	284	210.6
	314	223.5
<b>houten kanaalplaatvloer</b>	160	50
	200	50
	280	50
	320	50
	440	50
<b>leidingvloer</b>	200	382
	260	505
	320	705
<b>appartementenvloer</b>	200	382
	260	505
	320	705
<b>klimaatvloer</b>	200	377
	260	501
	320	573
	400	496
<b>prefab schillen met tralieliggers breedplaatvloer</b>	700	624
	150	360
	170	408
	190	456
	200	480
	210	504
	220	528
	230	552
	260	624
	330	297
<b>TT-plaatvloer</b>	430	337
	530	379
	630	423
	730	468
	830	516
	153	77.0
	201	101.0
<b>massieve houten plaatvloer</b>	264	132.0
	165	83.0
	219	110.0
	297	149.0
<b>stalen dakplaten</b>	70	12.3
	110	17.7
	153	21.3



<b>koudgewalste stalen profielen + X-dek</b>	373	3.48
	453	4.85
	553	7.8

$G_{bvo}$  = hoeveelheid materiaal [kg/m<sup>2</sup> BVO]

Vloerdikte = uitlezen uit tabel - zie tabblad 03\_VERD VLOEREN - cel D20. Met horizontaal de vloeroverspanning en verticaal de vloerbelasting  $P_{d,s}$ .

kanaalplaatvloer									
kanaalplaatvloer	brandwerendheid	60 min.							
excl. e.g.	Overspanning vloer								
Rekenwaarde belasting [kN/m <sup>2</sup> ]	16	12.6	10.8	9	7.2	6.3	5.4	3.6	
5	400	320	320	200	200	150	150	150	
10	kan niet	400	320	320	200	200	200	150	
15	kan niet	kan niet	400	320	320	320	200	150	
20	kan niet	kan niet	400	400	320	320	320	200	

kanaalplaatvloer									
kanaalplaatvloer	brandwerendheid	90 min.							
excl. e.g.	Overspanning vloer								
Rekenwaarde belasting [kN/m <sup>2</sup> ]	16	12.6	10.8	9	7.2	6.3	5.4	3.6	
5	400	320	320	200	200	200	150	150	
10	kan niet	400	320	320	200	200	200	150	
15	kan niet	kan niet	400	320	320	320	200	150	
20	kan niet	kan niet	400	400	320	320	320	200	

kanaalplaatvloer									
kanaalplaatvloer	brandwerendheid	120 min.							
excl. e.g.	Overspanning vloer								
Rekenwaarde belasting [kN/m <sup>2</sup> ]	16	12.6	10.8	9	7.2	6.3	5.4	3.6	
5	400	320	320	200	200	200	200	200	
10	kan niet	400	320	320	200	200	200	200	
15	kan niet	kan niet	400	320	320	320	200	200	
20	kan niet	kan niet	400	400	320	320	320	200	

Prefab schil met I-profielen									
staal S235 kg/m <sup>2</sup>	12.6	10.8	7.2	5.4	3.6				
5	IPE500 - 1200	IPE450 - 1200	IPE300 - 1200	IPE270 - 1200	IPE200 - 1200				
10	IPE500 - 1200	IPE450 - 1200	IPE300 - 1200	IPE270 - 1200	IPE200 - 1200				

	15	IPE600 - 1200	IPE500 - 1200	IPE360 - 1200	IPE300 - 1200	IPE240 - 1200
	20	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet

betonvloer ihwg						
Beton ihwg C30/37						
vloerdikte		12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
	5	kan niet	450	350	200	150
	10	kan niet	450	350	200	150
	15	kan niet	450	350	200	150
	20	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet

Houten balklaag C24						
Houten balklaag C24 type						
		12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
	5	kan niet	kan niet	kan niet	246*71 - 250	196*34 - 250
	10	kan niet	kan niet	kan niet	271*71 - 250	221*71 - 350
	15	kan niet	kan niet	kan niet	275 * 75 - 200	221*71 - 250

staalplaatbetonvloer							
dikte vloer [mm]		16.0	12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
	5	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	175	150
	10	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	330	200
	15	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet
	20	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet

gewichtsbeparende betonvloer							
dikte vloer [mm]		16.0	12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
	5	kan niet	450	390	280	230	230
	10	kan niet	450	390	280	230	230
	15	kan niet	450	450	340	230	230
	20	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet

massieve plaatvloer + druklaag							
dikte vloer [mm]		16.0	12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
	5	kan niet	260	260	150	150	150
	10	kan niet	kan niet	260	200	150	150
	15	kan niet	kan niet	kan niet	260	150	150
	20	kan niet	kan niet	kan niet	260	200	150

Staalplaat met isolatie en opstorting							
dikte vloer [mm]		16.0	12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
	5	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	284	254

10	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	314	254
15	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet
20	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet

Massieve houten plaatvloer						
dikte vloer [mm]	16.0	12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
5	kan niet	kan niet	kan niet	264	201	153
10	kan niet	kan niet	kan niet	297	219	165
15	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet
20	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet

Houten kanaalplaatvloer						
dikte vloer [mm]	16.0	12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
5	kan niet	kan niet	440	320	280	160
10	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	320	200
15	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet
20	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet

leidingvloer							
dikte vloer [mm]	16.0	12.6	10.8	9.0	7.2	5.4	3.6
5	kan niet	kan niet	320	260	200	200	200
10	kan niet	kan niet	320	260	200	200	200
15	kan niet	kan niet	320	260	200	200	200
20	kan niet	kan niet	kan niet	320	260	200	200

appartementvloer							
dikte vloer [mm]	16.0	12.6	10.8	9.0	7.2	5.4	3.6
5	kan niet	kan niet	320	260	200	200	200
10	kan niet	kan niet	320	260	200	200	200
15	kan niet	kan niet	320	260	200	200	200
20	kan niet	kan niet	kan niet	320	260	200	200

klimaatvloer							
dikte vloer [mm]	16.0	12.6	10.8	9.0	7.2	5.4	3.6
5	kan niet	400	320	260	200	200	200
10	kan niet	kan niet	kan niet	320	260	260	200
15	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	320	260	260
20	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	320	260

Prefab schillen met tralieliggers						
dikte vloer [mm]	16.0	12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
5	700	700	700	700	700	700
10	700	700	700	700	700	700
15	700	700	700	700	700	700
20	700	700	700	700	700	700

## Breedplaatvloeren

	12,6m	10,8m	7,2m	5,4m	3,6m
<b>dikte vloer [mm]</b>					
licht	350	300	250	200	150
5	400	350	300	250	200
10	450	400	350	300	250
15	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet
20	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet

	12,6m	10,8m	7,2m	5,4m	3,6m
<b>Prefab C35/45 (kg/m<sup>2</sup>)</b>					
licht	200	175	144	125	125
5	200	175	144	125	125
10	200	175	144	125	125
15	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet
20	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet
<b>Schildikte (mm)</b>	80	70	60	50	50

	12,6m	10,8m	7,2m	5,4m	3,6m
<b>In het werk gestort (kg/m<sup>2</sup>)</b>					
licht	675	575	481	375	250
5	800	700	606	500	375
10	925	825	731	625	500
15	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet
20	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet	kan niet

Type		licht	5,0 kN/m	10 kN/m
<b>Vloerdikte</b>		<b>BP250</b>	<b>BP300</b>	<b>BP350</b>
Dimensie 1	prefab beton	144,0	144,0	144,0 kg/m
Dimensie 2	wapening schil	4,5	8,1	14,2 kg/m
Dimensie 3	beton in het werk	481,0	606,0	731,0 kg/m
Dimensie 4	wapening in het werk	5,5	9,9	17,3 kg/m

## Breedplaatvloer wapening

wapening vloer (kg/m <sup>3</sup> )					

	12,6m	10,8m	7,2m	5,4m	3,6m
<b>licht</b>	60,0	60,0	40,0	40,0	40,0
<b>5</b>	90,0	90,0	60,0	60,0	60,0
<b>10</b>	120,0	120,0	90,0	90,0	90,0

<b>wapening schil (kg/m<sup>2</sup>)</b>					
	12,6m	10,8m	7,2m	5,4m	3,6m
<b>licht</b>	9,5	8,1	4,5	3,6	2,7
<b>5</b>	16,2	14,2	8,1	6,8	5,4
<b>10</b>	24,3	21,6	14,2	12,2	10,1

<b>TT-plaatvloer</b>						
dikte vloer [mm]	16.0	12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
<b>5</b>	530	430	430	330	330	330
<b>10</b>	630	530	430	330	330	330
<b>15</b>	830	630	530	430	330	330
<b>20</b>	kan niet	730	630	430	430	330

<b>Stalen dakplaten</b>						
dikte vloer [mm]	16.0	12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
<b>5</b>			153	153	110	70
<b>10</b>						
<b>15</b>						
<b>20</b>						

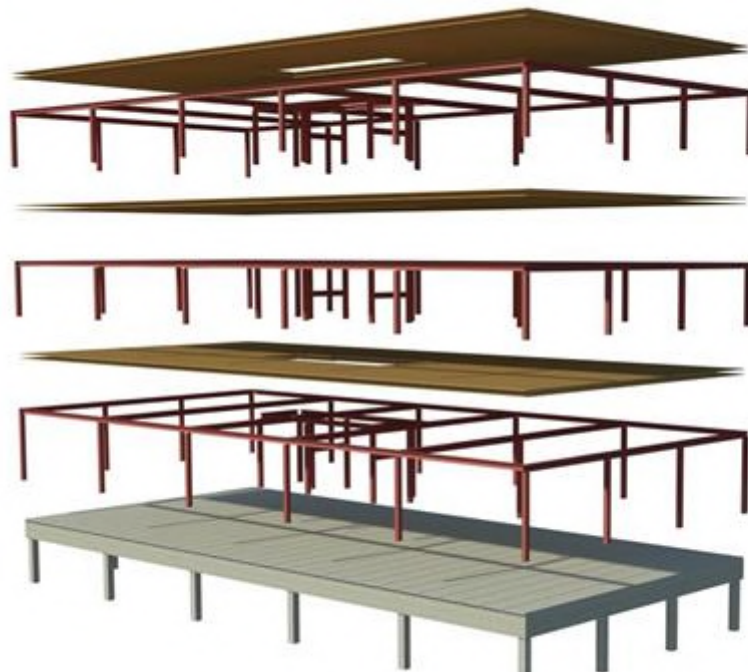
<b>koudgewalste stalen profielen + X-dek</b>						
dikte vloer [mm]	16.0	12.6	10.8	7.2	5.4	3.6
<b>5</b>			553	553	453	373
<b>10</b>					314	254
<b>15</b>						
<b>20</b>						

## 2.3 Dakvloeren

De berekening is gelijk aan de berekening voor de 'verdiepingsvloeren'. Er worden afwijkende belastingsuitgangspunten gehanteerd en er kunnen ook dakvloersystemen worden gekozen. Echter de basis van de berekening is gelijk aan die van de verdiepingsvloeren.

## Rapportage Rekenregels

PROJECT: Model BHH versie 3.4  
KENMERK: N:\3356C\R\RR-versie 3.4  
RAPPORTDATUM: 25-02-2016



OPGESTELD DOOR: ir. E.R. van Westenbrugge-Bilardie  
VRIJGEGEVEN DOOR: Naam PL/RI

## Inhoudsopgave

3 Kolommen	2
3.1 Stalen kolommen	2
3.2 Betonnen kolommen	4
3.3 Houten kolommen	7
4 Dragende wanden	11
4.1 Wanden in kalkzandsteen	11
4.2 Wanden in beton	13
4.3 Wanden in hout (HSB)	16
5 Fundering	18
5.1 Funderingsbalken	18
5.2 Fundering op staal (funderingssloven)	19
5.3 Poeren	21
5.4 Funderingspalen	22
6 Liggers	24
6.1 Primaire en secundaire liggers	24
6.2 Stalen liggers	24
6.3 Betonnen liggers	26
6.4 Houten liggers	27
7 Stabiliteitswanden	29
7.1 Stabiliteitswanden in beton	29
7.2 Stabiliteitswanden in kalkzandsteen	30
7.3 Stabiliteitswanden in houtskeletbouw	30
8 Stabiliteitskern	31
9 Windverbanden	33



## 3 Kolommen

### 3.1 Stalen kolommen

#### Variabelen

$A_{\text{vloer\_kolom}}$	= vloeroppervlak dat afdraagt op kolom [m <sup>2</sup> ]
$L_x$	= stramienafstand in x-richting [m]
$L_y$	= stramienafstand in y-richting [m]
$n_{\text{bouwlagen}}$	= aantal bouwlagen
$P_{d\_s}$	= rekenwaarde vloerbelasting ULS [kN/m <sup>2</sup> ]
$\sigma_s$	= rekenwaarde toelaatbare staalspanning (druk) [N/mm <sup>2</sup> ] voor [S235;S355;S460]
$X_{\text{reductie}}$	= reductiefactor materiaal t.g.v. het aantal bouwlagen
$A_{\text{ben}}$	= benodigde hoeveelheid staal [mm <sup>2</sup> ] per kolom. Uit tabel wordt kolomtype afgelezen.
$A_{\text{kolom}}$ [mm <sup>2</sup> ]	= Uit tabel afgelezen profieloppervlakte op basis van naar boven afronden $A_{\text{ben}}$
$\rho_{\text{staal}}$	= eigen gewicht staal [kg/m <sup>3</sup> ]
$h_{\text{verdieping}}$	= verdiepingshoogte [m]
$n_{\text{kolom}}$	= aantal kolommen
$G_{\text{kolom}}$	= Het gewicht van de kolom behorende bij $A_{\text{ben}}$ per verdieping [kg]
$G_{\text{kolom\_BVO}}$	= Het gewicht van de kolom per m <sup>2</sup> vloeroppervlak op basis van $G_{\text{kolom}}$ [kg/m <sup>2</sup> ]

#### Randvoorwaarden

$\sigma_s$	= 170 N/mm <sup>2</sup> [S235]
$\sigma_s$	= 250 N/mm <sup>2</sup> [S355]
$\sigma_s$	= 300 N/mm <sup>2</sup> [S460]

REDUCTIE BELASTING	
Aantal bouwlagen	Xreductie
1	1.0
2	1.0
3	1.0
4	0.9
5	0.9
6	0.7
7	0.7

$n_{\text{bouwlagen}} > 4 \Rightarrow$  geen ongeschoord skelet mogelijk

$$n_{\text{kolom}} = n_x * n_y$$

Indien er sprake is van een ongeschoord skelet worden de materiaalsoorten opgehoogd volgens onderstaand overzicht.

OPHOOGING BELASTING INDIEN ONGESCHOORD	
Aantal bouwlagen	factor
1	1.10
2	1.15
3	1.25
4	1.50

$$\rho_{\text{staal}} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

### Rekenregels

$$A_{\text{vloer\_kolom}} = L_x * L_y$$

$$A_{\text{ben}} = \frac{x_{\text{reductie}} * P_{d_s} * (n_{\text{bouwlagen}} - 1) * A_{\text{vloer\_kolom}}}{\sigma_s}$$

$$G_{\text{kolommen}} = A_{\text{kolom}} * \rho * h_{\text{gebouw}} * n_{\text{kolom}}$$

$$G_{\text{kolom\_BVO}} = \frac{G_{\text{kolommen}}}{A_{\text{BVO}}}$$

## 3.2 Betonnen kolommen

### Variabelen

$A_{vloer\_kolom}$	= vloeroppervlak dat afdraagt op kolom [m <sup>2</sup> ]
$L_x$	= stramienafstand in x-richting [m]
$L_y$	= stramienafstand in y-richting [m]
$n_{bouwlagen}$	= aantal bouwlagen
$P_{d\_s}$	= rekenwaarde vloerbelasting ULS [kN/m <sup>2</sup> ]
$f'_b$	= rekenwaarde toelaatbare betondrukspanning [N/mm <sup>2</sup> ]
$X_{reductie}$	= reductiefactor materiaal t.g.v. het aantal bouwlagen
$\rho_{beton}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_{staal}$	= eigen gewicht wapeningsstaal [kg/m <sup>3</sup> ]
$A_{ben}$	= benodigd betonoppervlak per kolom [mm <sup>2</sup> ]
$b_{kolom}$	= kolomafmeting op basis van berekende $A_{ben}$ [mm]
$b_{kolom\_afgerond}$	= naar boven afgeronde kolomafmeting op basis van berekende $b_{kolom}$ op $n=50$ [mm]
$A_{beton\_werkelijk}$	= het werkelijke kolomoppervlak op basis van $b_{kolom\_afgerond}$ [mm <sup>2</sup> ]
$A_{wapening}$	= wapeningspercentage in betonnen kolom [%]
$G_{beton}$	= hoeveelheid beton per kolom [kg/m]
$G_{staal}$	= hoeveelheid wapeningsstaal per kolom [kg/m]
$G_{beton\_BVO}$	= hoeveelheid beton [kg/m <sup>2</sup> BVO]
$G_{wapening\_BVO}$	= hoeveelheid wapeningsstaal [kg/m <sup>2</sup> BVO]

### Randvoorwaarden

#### f'b per sterkteklasse beton

ihwg beton	C53/65	ihwg beton C53/65	20 N/mm <sup>2</sup>
ihwg beton	C30/37	ihwg beton C30/37	15 N/mm <sup>2</sup>
prefab beton	C53/65	prefab beton C53/65	32 N/mm <sup>2</sup>
prefab beton	C30/37	prefab beton C30/37	18 N/mm <sup>2</sup>

#### REDUCTIE BELASTING

Aantal bouwlagen	Xreductie
1	1.0
2	1.0
3	1.0

4	0.9
5	0.9
6	0.7
7	0.7

$n_{\text{bouwlagen}} > 4 \Rightarrow$  geen ongeschoord skelet mogelijk

Indien er sprake is van een ongeschoord skelet worden de materiaalhoeveelheden opgehoogd volgens onderstaand overzicht.

OPHOGING BELASTING INDIEN ONGESCHOORD	
Aantal bouwlagen	factor
1	1.10
2	1.15
3	1.25
4	1.50

$\rho_{\text{staal}} = 7850 \text{ kg/m}^3$   
 $\rho_{\text{beton}} = 2400 \text{ kg/m}^3$   
 $\omega_{\text{wapening}} = 2 \%$   
 $n_{\text{bouwlagen}} > 4 \Rightarrow$  geen ongeschoord skelet mogelijk

### Rekenregels

$$A_{\text{vloer\_kolom}} = L_x * L_y$$

$$A_{\text{ben\_beton}} = \frac{x_{\text{reductie}} * P_{d\_s} * n_{\text{bouwlagen}} * A_{\text{vloer\_kolom}}}{f_b}$$

$$b_{\text{kolom\_afgerond}} = (\sqrt{A_{\text{ben\_beton}}}) \text{ [wordt naar boven afgerond op } n = 50 \text{]}$$

$$A_{\text{beton\_werkelijk}} = (b_{\text{kolom\_afgrond}})^2$$

$$G_{\text{beton\_BVO}} = \frac{A_{\text{beton\_werkelijk}} * n_{\text{verdieping}} * \rho_{\text{beton}}}{A_{\text{vloer\_kolom}}}$$

$$A_{\text{wapening}} = A_{\text{beton_werkelijk}} \cdot \omega_{\text{wapening}}$$

$$G_{\text{wapening\_BVO}} = \frac{A_{\text{wapening}} \cdot h_{\text{verdieping}} \cdot \rho_{\text{staal}}}{A_{\text{vloer\_kolom}}}$$

### 3.3 Houten kolommen

#### Variabelen

$A_{\text{vloer\_kolom}}$	= vloeroppervlak dat afdraagt op kolom [m <sup>2</sup> ]
$L_x$	= stramienafstand in x-richting [m]
$L_y$	= stramienafstand in y-richting [m]
$n_{\text{bouwlagen}}$	= aantal bouwlagen
$P_{d\_s}$	= rekenwaarde vloerbelasting ULS [kN/m <sup>2</sup> ]
$f_{c\_0\_d}$	= rekenwaarde toelaatbare drukspanning [N/mm <sup>2</sup> ]
$\chi_{\text{reductie}}$	= reductiefactor materiaal t.g.v. het aantal bouwlagen
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht hout [kg/m <sup>3</sup> ]
$A_{\text{ben}}$	= benodigd houtoppervlak per kolom [mm <sup>2</sup> ]
$A_{\text{gekozen\_profiel}}$	= houtoppervlak per kolom b <sub>xh</sub> [mm <sup>2</sup> ] op basis van diverse standaard houtafmetingen, naar boven afgerond
$G_{\text{hout}}$	= hoeveelheid hout per kolom [kg/m] per verdieping op basis van $A_{\text{gekozen\_profiel}}$
$G_{\text{hout\_BVO}}$	= hoeveelheid hout [kg/m <sup>2</sup> BVO]

#### Randvoorwaarden

GELAMINEERD HOUT	
	A_gekozen_profiel [mm <sup>2</sup> ]
160*160	25600
180*180	32400
200*200	40000
200*320	64000
200*400	80000
NAALDHOUT	
	A_gekozen_profiel [mm <sup>2</sup> ]
59*156	9204
71*171	12141
71*221	15691
71*271	19241



REDUCTIE BELASTING	
Aantal bouwlagen	Xreductie
1	1.0
2	1.0
3	1.0
4	0.9
5	0.9
6	0.7
7	0.7

$\sigma_{c\_0\_d}$	= 12 N/mm <sup>2</sup> [C 24]
$\sigma_{c\_0\_d}$	= 16 N/mm <sup>2</sup> [GL 24]
$\rho_{hout}$	= 320 kg/m <sup>3</sup> [C 24]
$\rho_{hout}$	= 380 kg/m <sup>3</sup> [GL 24]
$n_{bouwlagen}$	> 4 $\Rightarrow$ geen ongeschoord skelet mogelijk

Indien er sprake is van een ongeschoord skelet worden de materiaalhoeveelheden opgehoogd volgens onderstaand overzicht.

OPHOGING BELASTING INDIEN ONGESCHOORD	
Aantal bouwlagen	factor
1	1.10
2	1.15
3	1.25
4	1.50

*Rekenregels*



$$A_{\text{vloer\_kolom}} = L_x * L_y$$

$$A_{\text{ben}} = \frac{x_{\text{reductie}} * P_{d\_s} * n_{\text{bouwlagen}} * A_{\text{vloer\_kolom}}}{\sigma_{c\_0\_d}}$$

$$G_{\text{hout\_BVO}} = \frac{A_{\text{gekozen\_profiel}} * h_{\text{gebouw}} * \rho_{\text{hout}} * n_{\text{kolom}}}{A_{\text{BVO}}}$$

## 4 Dragende wanden

### 4.1 Wanden in kalkzandsteen

#### Variabelen

$L_{\text{vloer\_wand}}$	= aantal m. vloer dat afdraagt op de wand, = $L_x$ [m] of = $L_y$ [m]
$L_x$	= stramienafstand in x-richting [m]
$L_y$	= stramienafstand in y-richting [m]
$n_{\text{bouwlagen}}$	= aantal bouwlagen
$h_{\text{verdieping}}$	= verdiepingshoogte [m]
$d_{\text{wand}}$	= wanddikte; variabel [0,15; 0,214; 0,3] in [m] ; naar boven afronden
$P_{d\_s}$	= afgeronde rekenwaarde vloerbelasting op $n = 5$ - ULS [kN/m <sup>2</sup> ]
$Q_{\text{wand\_vloer}}$	= vloerbelasting in wand per verdieping [kN/m]
$Q_{\text{wand\_eigen}}$	= aanname van het eigen gewicht wand per verdieping [kN/m <sup>2</sup> ] uitlezen uit tabel
$Q_{\text{wand\_totaal}}$	= rekenwaarde belasting uit alle vloeren in wand incl. eigen gewicht wand [kN/m]
$f'_b$	= rekenwaarde toelaatbare drukspanning [N/mm <sup>2</sup> ]
$\chi_{\text{reductie}}$	= reductiefactor materiaal t.g.v. het aantal bouwlagen
$\rho_{\text{kzst}}$	= eigen gewicht kalkzandsteen [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_{\text{bvo}}$	= hoeveelheid materiaal [kg/m <sup>2</sup> BVO]

#### Randvoorwaarden

$f'_b$	= 2,2 N/mm <sup>2</sup> [CS 12]
$f'_b$	= 3,5 N/mm <sup>2</sup> [CS 20]
$f'_b$	= 8,0 N/mm <sup>2</sup> [CS 44]
$\rho_{\text{kzst}}$	= 1850 kg/m <sup>3</sup> [CS 12] en [CS 20]
$\rho_{\text{kzst}}$	= 2200 kg/m <sup>3</sup> [CS 44]

#### Aanname $q_{\text{wand\_eigen}}$ per m<sup>2</sup>

kzs std kwaliteit CS12	5.0 kN/m <sup>2</sup>
kzs klinker kwaliteit CS20	5.0 kN/m <sup>2</sup>
kzs hoogbouw kwaliteit CS44	5.0 kN/m <sup>2</sup>

REDUCTIE BELASTING	
Aantal bouwlagen	Xreductie
1	1.0
2	1.0
3	1.0
4	0.9
5	0.9
6	0.7
7	0.7

### Rekenregels

$$\begin{aligned}
 q_{\text{wand\_vloer}} &= P_{d_s} \cdot L_{\text{vloer\_wand}} \\
 q_{\text{wand\_eigen}} &= q_{\text{wand\_eigen}} \cdot h_{\text{verdieping}} \\
 q_{\text{wand\_totaal}} &= (q_{\text{wand\_vloer}} + q_{\text{wand\_eigen}}) \cdot n_{\text{bouwlagen}} \cdot X_{\text{reductie}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_{\text{wand}} &= \frac{q_{\text{wand}}}{f_b} \\
 L_{\text{wand}} &= (n_x - 1) \cdot L_x \cdot n_y \quad \text{of} \quad (n_y - 1) \cdot L_y \cdot n_x
 \end{aligned}$$

$$G_{\text{wand\_BVO}} = \frac{d_{\text{wand}} \cdot h_{\text{gebouw}} \cdot L_{\text{wand}} \cdot P_{\text{kzst}}}{A_{\text{BVO}}}$$

## 4.2 Wanden in beton

### Variabelen

$L_{\text{vloer\_wand}}$	= aantal m. vloer dat afdraagt op de wand, = $L_x$ [m] of = $L_y$ [m]
$L_x$	= stramienafstand in x-richting [m]
$L_y$	= stramienafstand in y-richting [m]
$n_{\text{bouwlagen}}$	= aantal bouwlagen
$h_{\text{verdieping}}$	= verdiepingshoogte [m]
$d_{\text{wand}}$	= wanddikte; variabel [min. 150; $n$ = veelvoud 50] in [mm] ; naar boven afronden
$P_{d_s}$	= afgeronde rekenwaarde vloerbelasting op $n = 5$ - ULS [kN/m <sup>2</sup> ]
$q_{\text{wand\_vloer}}$	= vloerbelasting in wand per verdieping [kN/m]
$q_{\text{wand\_eigen}}$	= aanname van het eigen gewicht wand per verdieping [kN/m <sup>2</sup> ] uitlezen uit tabel
$q_{\text{wand\_totaal}}$	= rekenwaarde belasting uit alle vloeren in wand incl. eigen gewicht wand [kN/m]
$f_b$	= rekenwaarde toelaatbare drukspanning [N/mm <sup>2</sup> ]
$X_{\text{reductie}}$	= reductiefactor materiaal t.g.v. het aantal bouwlagen
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_{\text{wapening}}$	= De hoeveelheid wapening per m <sup>3</sup> betonnen wand [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_{\text{wand\_BVO}}$	= hoeveelheid beton [kg/m <sup>2</sup> BVO]
$G_{\text{wapening\_BVO}}$	= hoeveelheid wapeningsstaal [kg/m <sup>2</sup> BVO]

### Randvoorwaarden

#### **$f_b$ per sterkteklasse beton**

ihwg beton	C53/65	ihwg beton C53/65	20 N/mm <sup>2</sup>
ihwg beton	C30/37	ihwg beton C30/37	15 N/mm <sup>2</sup>
prefab beton	C53/65	prefab beton C53/65	32 N/mm <sup>2</sup>
prefab beton	C30/37	prefab beton C30/37	18 N/mm <sup>2</sup>

$\rho_{\text{beton}} = 2400 \text{ kg/m}^3$

#### **$G_{\text{wapening}}$**

Licht ( $n < 4$ bouwlagen)	60 kg/m <sup>3</sup>
Medium ( $4 < n < 8$ bouwlagen)	90 kg/m <sup>3</sup>
Zwaar ( $n > 8$ bouwlagen)	110 kg/m <sup>3</sup>

Indien de constructeur aangeeft dat geen wapening benodigd is dan mag voor in het werk gestort  $0 \text{ kg/m}^3$  worden aangenomen en voor prefab  $5 \text{ kg/m}^3$  t.b.v. transport

## Aanname $q_{\text{wand\_eigen}}$ per m2

ihwg beton	C53/65	ihwg beton C53/65	6.5 kN/m2
ihwg beton	C30/37	ihwg beton C30/37	6.5 kN/m2
prefab beton	C53/65	prefab beton C53/65	6.5 kN/m2
prefab beton	C30/37	prefab beton C30/37	6.5 kN/m2

REDUCTIE BELASTING	
Aantal bouwlagen	Xreductie
1	1.0
2	1.0
3	1.0
4	0.9
5	0.9
6	0.7
7	0.7

### Rekenregels

$$\begin{aligned}
 q_{\text{wand\_vloer}} &= P_{d_s} * L_{\text{vloer\_wand}} \\
 q_{\text{wand\_eigen}} &= q_{\text{wand\_eigen}} * h_{\text{verdieping}} \\
 q_{\text{wand\_totaal}} &= (q_{\text{wand\_vloer}} + q_{\text{wand\_eigen}}) * n_{\text{bouwlagen}} * X_{\text{reductie}}
 \end{aligned}$$

$$d_{\text{wand}} = \frac{q_{\text{wand}}}{f_b}$$

$$L_{\text{wand}} = (n_x - 1) * L_x * n_y \quad \text{of} \quad (n_y - 1) * L_y * n_x$$

$$G_{\text{wand\_BVO}} = \frac{d_{\text{wand}} * h_{\text{gebouw}} * L_{\text{wand}} * \rho_{\text{beton}}}{A_{\text{BVO}}}$$

$$G_{\text{wapening\_BVO}} = \frac{d_{\text{wand}} * h_{\text{gebouw}} * L_{\text{wand}} * G_{\text{wapening}}}{A_{\text{BVO}}}$$

## 4.3 Wanden in hout (HSB)

Gegevens afkomstig uit Handboek houtskeletbouw, SBR Rotterdam februari 2012

### Variabelen

$L_{vloer\_wand}$	= aantal m. vloer dat afdraagt op de wand, = $L_x$ [m] of = $L_y$ [m]
$L_x$	= stramienafstand in x-richting [m]
$L_y$	= stramienafstand in y-richting [m]
$n_{bouwlagen}$	= aantal bouwlagen
$h_{verdieping}$	= verdiepingshoogte [m]
$d_{wand}$	= wandopbouw $b_{stijl} * h_{stijl} - h.o.h_{stijlen}$ [mm] op basis van $q_{d\_max}$
$P_{d\_s}$	= afgeronde rekenwaarde vloerbelasting op $n = 5$ - ULS [kN/m <sup>2</sup> ]
$q_{wand\_vloer}$	= vloerbelasting in wand per verdieping [kN/m]
$q_{wand\_eigen}$	= aanname van het eigen gewicht wand per verdieping [kN/m <sup>2</sup> ] uitlezen uit tabel
$q_{wand\_totaal}$	= rekenwaarde belasting uit alle vloeren in wand incl. eigen gewicht wand [kN/m]
$q_{d\_max}$	= rekenwaarde opneembare bovenbelasting hsb-wand [kN/m] (zie onderstaande tabel)
$X_{reductie}$	= reductiefactor materiaal t.g.v. het aantal bouwlagen
$\rho_{hout}$	= eigen gewicht naaldhout C24 [kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_{gipsplaat}$	= eigen gewicht gipsplaat [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_{hout\_BVO}$	= hoeveelheid naaldhout [kg/m <sup>2</sup> BVO]
$G_{gipsplaat\_BVO}$	= hoeveelheid gipsplaat [kg/m <sup>2</sup> BVO]

### Randvoorwaarden

$\rho_{hout}$	= 320 kg/m <sup>3</sup> [C24]
$\rho_{gips}$	= 900 kg/m <sup>3</sup>
$d_{gipsplaat}$	= 2 * 0,0125 = 0,025 m
$h_{verdieping}$	≤ 3 m
$q_{d\_max}$	≥ $q_{wand}$
$w_{wand\_eigen}$	= 0,5 kN/m <sup>2</sup>

$q_{d\_max}$  voor dragende hsb-wanden [C24]

WANDEN HOUT	

$q_{d\_max}$

36 Naaldhout C24	46*96-300
40 Naaldhout C24	38*140-400
52 Naaldhout C24	46*121-300
62 Naaldhout C24	46*146-300

100 Naaldhout C24

2\*46\*146-300

$$q_{\text{wand\_totaal}} < q_{\text{d\_max}}$$

### Rekenregels

$$\begin{aligned} q_{\text{wand\_vloer}} &= P_{\text{d\_s}} * L_{\text{vloer\_wand}} \\ q_{\text{wand\_eigen}} &= q_{\text{wand\_eigen}} * h_{\text{verdieping}} \\ q_{\text{wand\_totaal}} &= (q_{\text{wand\_vloer}} + q_{\text{wand\_eigen}}) * n_{\text{bouwlagen}} * x_{\text{reductie}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{wand}} &= (n_x - 1) * L_x * n_y \quad \text{of} \quad (n_y - 1) * L_y * n_x \\ G_{\text{wand\_hout}} &= \frac{b_{\text{stijl}} * h_{\text{stijl}} * \rho_{\text{hout}}}{\text{h.o.h. stijlen}} \end{aligned}$$

$$G_{\text{wand\_gips}} = d_{\text{gipsplaat}} * \rho_{\text{gips}}$$

$$G_{\text{hout\_BVO}} = \frac{G_{\text{wand\_hout}} * h_{\text{gebouw}} * L_{\text{wand}}}{A_{\text{BVO}}}$$

$$G_{\text{gipsplaat\_BVO}} = \frac{G_{\text{wand\_gipsplaat}} * h_{\text{gebouw}} * L_{\text{wand}}}{A_{\text{BVO}}}$$



## 5 Fundering

### 5.1 Funderingsbalken

#### Variabelen

$BVO_{\text{totaal}}$	= hoeveelheid BVO [m <sup>2</sup> ]
$L_x$	= stramienafstand in x-richting [m]
$L_y$	= stramienafstand in y-richting [m]
$n_x$	= aantal x-stramienen
$n_y$	= aantal y-stramienen
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$b_{\text{randbalk}}$	= breedte randbalken [m]
$h_{\text{randbalk}}$	= hoogte randbalken [m]
$b_{\text{middenbalk}}$	= breedte middenbalken [m]
$h_{\text{middenbalk}}$	= hoogte middenbalken [m]
$A_{\text{randbalk}}$	= oppervlakte doorsnede randbalken $b_{\text{randbalk}} * h_{\text{randbalk}}$ [m <sup>2</sup> ]
$A_{\text{middenbalk}}$	= oppervlakte doorsnede middenbalken $b_{\text{middenbalk}} * h_{\text{middenbalk}}$ [m <sup>2</sup> ]
$L_{\text{balk}}$	= totale lengte funderingsbalken [m]
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_{\text{wapening}}$	= De hoeveelheid wapening per m <sup>3</sup> funderingsbalk [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_{\text{beton\_BVO}}$	= hoeveelheid beton [kg/m <sup>2</sup> BVO]
$G_{\text{wapening\_BVO}}$	= hoeveelheid wapeningsstaal [kg/m <sup>2</sup> BVO]

#### Randvoorwaarden

$A_{\text{randbalk}}$	= 0,5 m * 0,6 m
$A_{\text{middenbalk}}$	= 0,4 m * 0,6 m
$G_{\text{wapening}}$	= 90 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{\text{beton}}$	= 2400 kg/m <sup>3</sup>

#### Rekenregels

$L_{\text{randbalk}}$	= $2 * L_x * (n_x - 1) + 2 * L_y * (n_y - 1)$
$L_{\text{middenbalk}}$	= $(n_y - 2) * L_x * (n_x - 1) + (n_x - 2) * L_y * (n_y - 1)$
$G_{\text{beton\_BVO}}$	= $\frac{L_{\text{randbalk}} * A_{\text{randbalk}} * \rho_{\text{beton}} + L_{\text{middenbalk}} * A_{\text{middenbalk}} * \rho_{\text{beton}}}{BVO_{\text{totaal}}}$
$G_{\text{wapening\_BVO}}$	= $\frac{(L_{\text{randbalk}} * A_{\text{randbalk}} + L_{\text{middenbalk}} * A_{\text{middenbalk}}) * G_{\text{wapening}}}{BVO_{\text{totaal}}}$

## 5.2 Fundering op staal (funderingsvloen)

### Variabelen

$BVO_{\text{totaal}}$	= hoeveelheid BVO [m <sup>2</sup> ]
$L_x$	= stramienafstand in x-richting [m]
$L_y$	= stramienafstand in y-richting [m]
$n_x$	= aantal x-stramienen
$n_y$	= aantal y-stramienen
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$b_{\text{randbalk}}$	= breedte randbalken [m]
$h_{\text{randbalk}}$	= hoogte randbalken [m]
$b_{\text{sloof}}$	= breedte sloofen [m]
$h_{\text{sloof}}$	= hoogte middenbalken [m]
$A_{\text{randbalk}}$	= oppervlakte doorsnede randbalken [m <sup>2</sup> ]
$A_{\text{sloof}}$	= oppervlakte doorsnede sloofen [m <sup>2</sup> ]
$L_{\text{balk}}$	= totale lengte funderingsbalken [m]
$q_{\text{vloer}}$	= vloerbelasting begane grond en 1e verdieping (indien aanwezig) [kN/m]
$q_{\text{wand}}$	= eigen gewicht wand(en) indien aanwezig [kN/m <sup>2</sup> ]
$q_{\text{totaal}}$	= Totale rekenbelasting op de sloof [kN/m <sup>2</sup> ]
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$\sigma_{\text{grond}}$	= maximaal toelaatbare grondspanning
$G_{\text{wapening}}$	= De hoeveelheid wapening per m <sup>3</sup> funderingsbalk [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_{\text{beton\_BVO}}$	= hoeveelheid beton [kg/m <sup>2</sup> BVO]
$G_{\text{wapening\_BVO}}$	= hoeveelheid wapeningsstaal [kg/m <sup>2</sup> BVO]

### Randvoorwaarden

$A_{\text{randbalk}}$	= 0,5 m * 0,6 m
$A_{\text{sloof}}$	= $b_{\text{sloof}} * 0,25 + 0,6 * 0,25$
$G_{\text{wapening}}$	= 90 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{\text{beton}}$	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
$\sigma_{\text{grond}}$	= 0,25 N/mm <sup>2</sup>

### Rekenregels

$L_{\text{randbalk}}$	= $2 * L_x * (n_x - 1) + 2 * L_y * (n_y - 1)$
$L_{\text{sloof}}$	= $(n_y - 2) * L_x * (n_x - 1) + (n_x - 2) * L_y * (n_y - 1)$
$q_{\text{totaal}}$	= $q_{\text{vloer}} + q_{\text{wand}}$

$$b_{\text{sloof}} = \frac{q_{\text{totaal}}}{\sigma_{\text{grond}}}$$

$$G_{\text{beton\_BVO}} = \frac{L_{\text{randbalk}} * A_{\text{randbalk}} * \rho_{\text{beton}} + L_{\text{sloof}} * A_{\text{sloof}} * \rho_{\text{beton}}}{BVO_{\text{totaal}}}$$

$$G_{\text{wapening\_BVO}} = \frac{(L_{\text{randbalk}} * A_{\text{randbalk}} + L_{\text{sloof}} * A_{\text{sloof}}) * G_{\text{wapening}}}{BVO_{\text{totaal}}}$$

## 5.3 Poeren

### Variabelen

$BVO_{\text{totaal}}$	= hoeveelheid BVO [m <sup>2</sup> ]
$L_x$	= stramienafstand in x-richting [m]
$L_y$	= stramienafstand in y-richting [m]
$n_x$	= aantal x-stramienen
$n_y$	= aantal y-stramienen
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_{\text{wapening}}$	= de hoeveelheid wapening per m <sup>3</sup> poer [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_{\text{beton\_BVO}}$	= hoeveelheid beton [kg/m <sup>2</sup> BVO]
$G_{\text{wapening\_BVO}}$	= hoeveelheid wapeningsstaal [kg/m <sup>2</sup> BVO]
$n_{\text{bouwlagen}}$	= aantal bouwlagen
$n_{\text{poeren}}$	= aantal poeren totaal aanwezig - per stramienkruising 1 poer
$n_{\text{-paalspoer}}$	= aantal palen per poer ; variabel [2;4]
$V_{\text{poer}}$	= inhoud per poer [m <sup>3</sup> ]

### Randvoorwaarden

$n_{\text{bouwlagen}} \leq 2$	$\Rightarrow$	2-paalspoeren
$n_{\text{bouwlagen}} > 3$	$\Rightarrow$	4-paalspoeren

$G_{\text{poer\_2pp}}$	= 2 m <sup>3</sup>
$G_{\text{poer\_4pp}}$	= 4 m <sup>3</sup>
$\rho_{\text{beton}}$	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
$G_{\text{wapening}}$	= 150 kg/m <sup>3</sup>

### Rekenregels

$$n_{\text{poeren}} = n_x * n_y$$

$$G_{\text{beton\_BVO}} = \frac{n_{\text{poeren}} * V_{\text{poer}} * \rho_{\text{beton}}}{BVO_{\text{totaal}}}$$

$$G_{\text{wapening\_BVO}} = \frac{n_{\text{poeren}} * V_{\text{poer}} * G_{\text{wapening}}}{BVO_{\text{totaal}}}$$

## 5.4 Funderingspalen

### Variabelen

$n_{\text{bouwlagen}}$	= aantal bouwlagen
$P_{d\_e\_bgg}$	= rekenwaarde vloerbelasting began grondvloer- extreem
$P_{d\_m}$	= rekenwaarde vloerbelasting - momentaan
$P_{d\_dak}$	= rekenwaarde vloerbelasting dak - momentaan
$F_{d\_gebouw}$	= totale belasting gebouw
$A_{BVO\_bgg}$	= bruto vloeroppervlak van de begane grondvloer
$A_{BVO\_vd\_std}$	= bruto vloeroppervlak van de standaard verdiepingsvloeren
$A_{BVO\_vd\_afw}$	= bruto vloeroppervlak van de afwijkende verdiepingsvloeren
$A_{BVO\_dak}$	= vloeroppervlak van de dakvloer
$x_1$	= factor ophoging $F_{d\_gebouw}$ als gevolg van keuze skelet
$x_2$	= factor ophoging $F_{d\_gebouw}$
$x_3$	= factor ophoging $F_{d\_gebouw}$
$F_{d\_paal}$	= paal draagvermogen per funderingspaal ; variabel [500:2000;500] in [kN]
$n_{\text{palen\_gebouw}}$	= aantal palen onder gebouw
$n_{\text{palen}}$	= Totaal aantal palen aanwezig
$A_{\text{paal}}$	= paaloppervlakte [m <sup>2</sup> ]
$L_{\text{paal}}$	= paallengte ; variabel [10:25;5] in [m]
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_{\text{staal}}$	= eigen gewicht staal [kg/m <sup>3</sup> ]
$\omega_{\text{wapening}}$	= wapeningspercentage van de palen [%]
$G$	= hoeveelheid materiaal
$G_{\text{bvo}}$	= hoeveelheid materiaal [kg/m <sup>2</sup> BVO]

### Indien stabiliteit door kern

$b_{\text{kern\_X}}$	= breedte kern in de x-richting
$b_{\text{kern\_Y}}$	= breedte kern in de y-richting
$n_{\text{kernen}}$	= aantal kernen aanwezig in gebouw
$n_{\text{palen\_kern}}$	= aantal palen onder kernen

### Randvoorwaarden

$\rho_{\text{beton}}$	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{\text{staal}}$	= 7850 kg/m <sup>3</sup>
$\omega_{\text{wapening}}$	= 1,5 % van $A_{\text{paal}}$ [mm <sup>2</sup> ]
$x_1$	= variabel [1;1,2]
$x_2$	= 1,25
$x_3$	= 1,25

## Rekenregels

$$F_{d\_gebouw} =$$

$$(P_{d\_e\_bgg} * A_{BVO\_bgg} + (n_{bouwlagen} - 1) * P_{d\_m} * BVO_{vd} + P_{d\_dak} * BVO_{dak}) * x_1 * x_2 * x_3$$

$$n_{palen\_gebouw} = \frac{F_{d\_gebouw}}{F_{d\_palen}}$$

$$n_{palen\_kern} = \frac{(b_{kern\_X} + b_{kern\_Y}) * n_{kernen} * 2}{1,5}$$

$$n_{palen} = n_{palen\_gebouw} + n_{palen\_kern}$$

$$G_{beton} = A_{paal} * L_{paal} * \rho_{beton}$$

$$G_{staal} = A_{paal} * L_{paal} * \omega_{wapening} * \rho_{staal}$$

$$G_{bvo\_beton} = \frac{G_{beton} * n_{palen}}{A_{BVO}}$$

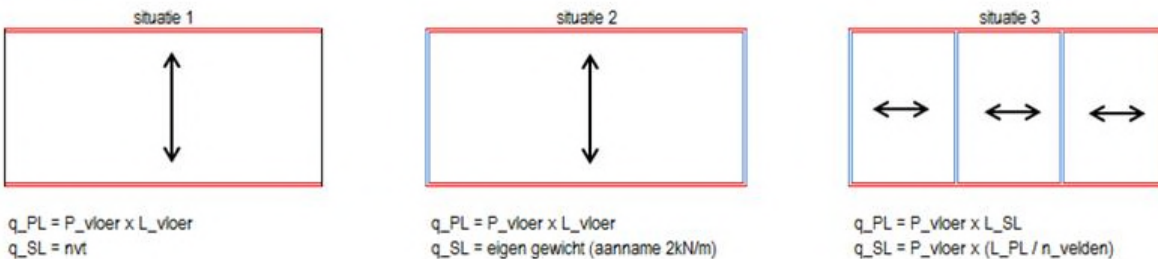
$$G_{bvo\_staal} = \frac{G_{staal} * n_{palen}}{A_{BVO}}$$

## 6 Liggers

### 6.1 Primaire en secundaire liggers

Er kan voor worden gekozen om secundaire liggers toe te passen. Als wordt ingevoerd dat de vloeren in dezelfde richting overspannen als de primaire liggers worden automatisch secundaire liggers toegepast, welke automatisch in de andere richting overspannen. In onderstaand schema staan de rekenregels toegelicht.

primaire ligger (PL)  
secundaire ligger (SL)



De volgende berekeningen zijn gelijk voor de secundaire liggers en de primaire liggers. Met dien verstande dat de lengtes veranderen.

### 6.2 Stalen liggers

#### Variabelen

- $L_{ligger}$  = overspanning ligger [m]
- $L_{vloer}$  = overspanning vloer [m]
- $P_{d_{uls}}$  = rekenwaarde vloerbelasting - ULS [kN/m<sup>2</sup>]
- $P_{d_{sls}}$  = rekenwaarde vloerbelasting - SLS [kN/m<sup>2</sup>]
- $\sigma_s$  = rekenwaarde toelaatbare staalspanning [N/mm<sup>2</sup>]
- $W_{y_{el}}$  = elastisch weerstandsmoment profiel om de y-as - HEA profiel [mm<sup>3</sup>]
- $I_y$  = traagheidsmoment profiel om de y-as - [mm<sup>4</sup>]
- $G_{staal}$  = eigen gewicht stalen ligger [kg/m]
- $G_{staal_{bvo}}$  = hoeveelheid materiaal [kg/m<sup>2</sup> BVO]
- $L_{totaal}$  = totale lengte aan liggers [m]

#### Randvoorwaarden

- $\sigma_s$  = 200 N/mm<sup>2</sup> [S235]
- $\sigma_s$  = 300 N/mm<sup>2</sup> [S355]
- $\sigma_s$  = 400 N/mm<sup>2</sup> [S460]
- $W_y \approx W_{y_{ben}}$  (afroonden naar dichtsbijzijnde)
- $I_y \approx I_{y_{ben}}$  (afroonden naar dichtsbijzijnde)
- $E = 2,1 \cdot 10^5$  N/mm<sup>2</sup>

## Rekenregels

$$q_{d\_uls} = P_{d\_uls} * L_{vloer}$$

$$q_{d\_sls} = P_{d\_sls} * L_{vloer}$$

$$W_{y\_ben} = \frac{\frac{1}{8} * q_{d\_uls} * L_{ligger}^2}{\sigma_s}$$

$$I_{y\_ben} = \frac{5 * q_{d\_v} * L_{ligger}^4}{384 * E * 0,004 * L_{ligger}}$$

Hieruit volgt het benodigde profiel en het corresponderende eigen gewicht ligger - G [ kg/m]

$$G_{staal\_bvo} = \frac{G_{staal} * L_{totaal}}{A_{BVO}}$$



## 6.3 Betonnen liggers

### Variabelen

$L_{\text{ligger}}$	= overspanning ligger
$L_{\text{vloer}}$	= overspanning vloer
$P_{d_s}$	= rekenwaarde vloerbelasting - UGT
$h_{\text{balk}}$	= balkhoogte [mm]
$b_{\text{balk}}$	= balkbreedte [mm]
$d_{\text{balk}}$	= nuttige balkhoogte[mm]
$\rho_{\text{staal}}$	= eigen gewicht staal [kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_s$	= benodigde wapening [kg/m]
$A_b$	= benodigde beton [m <sup>2</sup> ]
$f_s$	= rekenwaarde staalspanning wapeningsstaal
$G_{\text{bvo}}$	= hoeveelheid materiaal [kg/m <sup>2</sup> BVO]
$x$	= wapeningsfactor (van veldwapening naar volledige balkwapening)

### Randvoorwaarden

$f_s$	= 435 N/mm <sup>2</sup>
$x$	= 4
$\rho_{\text{staal}}$	= 7850 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{\text{beton}}$	= 2400 kg/m <sup>3</sup>

### Rekenregels

$h_{\text{balk}}$	= $1/10 * L_{\text{ligger}}$
$d_{\text{balk}}$	= $0,9 * h$
$b_{\text{balk}}$	= $2/3 * h$

$$A_b = h_{\text{balk}} * b_{\text{balk}} = 1/10 * L_{\text{ligger}} * 2/3 * 1/10 * L_{\text{ligger}} = \frac{L_{\text{ligger}}^2}{150}$$

$$G_s = \frac{\frac{1}{8} * q_d * L_{\text{ligger}}^2 * \rho_{\text{staal}} * x}{0,9 * d * f_s} = 0,11 * q_d * L_{\text{ligger}}$$

$$G_{\text{bvo\_staal}} = \frac{G_s * L_{\text{alle liggers}}}{A_{\text{BVO}}}$$

$$G_{\text{bvo\_beton}} = \frac{A_b * \rho_{\text{beton}} * L_{\text{alle liggers}}}{A_{\text{BVO}}}$$

## 6.4 Houten liggers

### Variabelen

$L_{\text{ligger}}$	= overspanning ligger [m]
$L_{\text{vloer}}$	= overspanning vloer [m]
$P_{d\_uls}$	= rekenwaarde vloerbelasting - ULS [kN/m <sup>2</sup> ]
$P_{d\_sls}$	= rekenwaarde vloerbelasting - SLS [kN/m <sup>2</sup> ]
$h_{\text{balk}}$	= balkhoogte [mm]
$b_{\text{balk}}$	= balkbreedte [mm]
$\rho_{\text{hout}}$	= eigen gewicht gelamineerd hout GL24 [kg/m <sup>3</sup> ]
$\sigma_{m\_0\_d}$	= rekenwaarde toelaatbare buigspanning [N/mm <sup>2</sup> ]
$W_y$	= weerstandsmoment om de y-as [mm <sup>3</sup> ] behorende bij diverse standaard afmetingen
$I_y$	= traagheidsmoment om de y-as [mm <sup>4</sup> ] behorende bij diverse standaard afmetingen
$W_{y\_ben}$	= benodigd weerstandsmoment om de y-as [mm <sup>3</sup> ]
$I_{y\_ben}$	= benodigd traagheidsmoment om de y-as [mm <sup>4</sup> ]
$M_d$	= buigend moment om de y-as
$G_{\text{hout\_BVO}}$	= hoeveelheid materiaal [kg/m <sup>2</sup> BVO]
$E_{\text{hout}}$	= de E-modulus voor gelamineerd hout GL24 [N/mm <sup>2</sup> ]

## Randvoorwaarden

$$\sigma_{m\_0\_d} = 14 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{\text{hout}} = 11500 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{hout}} = 380 \text{ kg/m}^3$$

$$W_y \approx W_{y\_ben} \text{ (afroonden naar dichtsbijzijnde)}$$

$$I_y \approx I_{y\_ben} \text{ (afroonden naar dichtsbijzijnde)}$$

## Rekenregels

$$M_d = \frac{1}{8} * P_{d\_uls} * L_{\text{vloer}} * L_{\text{ligger}}^2$$

$$W_{y\_ben} = \frac{M_d}{\sigma_{m\_0\_d}}$$

$$W_y = 1/6 * b_{\text{balk}} * h_{\text{balk}}^2$$

$$I_{y\_ben} = \frac{5 * P_{d\_SLS} * L_{\text{vloer}} * L_{\text{ligger}}^4}{384 * E_{\text{hout}} * (0,004 * L_{\text{ligger}})}$$

$$I_y = 1/12 * b_{\text{balk}} * h_{\text{balk}}^3$$

Uit een tabel wordt op basis van de benodigde  $W_y$  en  $I_y$  de benodigde balkafmeting gekozen.

Hieruit volgen  $b_{\text{balk}}$  en  $h_{\text{balk}}$

$$G_{\text{hout\_BVO}} = \frac{b * h * \rho_{\text{hout}} * L_{\text{totaal}}}{A_{\text{BVO}}}$$

## 7 Stabiliteitswanden

### 7.1 Stabiliteitswanden in beton

#### Variabelen

$h_{\text{gebouw}}$	= hoogte gebouw [m]
$X_{\text{gebouw}}$	= lengte gebouw in x-richting [m]
$Y_{\text{gebouw}}$	= lengte gebouw in y-richting [m]
$L_{\text{wand}}$	= lengte wand [m]
$b_{\text{wand}}$	= dikte wand [m] gerelateerd aan gebouwhoogte ; variabel [0,2;0,3;0,4;0,45;0,5]
$n_{\text{wanden}}$	= aantal wanden
$P_{d\_wind}$	= rekenwaarde windbelasting op gebouw [kN/m <sup>2</sup> ]
$q_x$	= rekenwaarde windbelasting in x-richting [kN/m]
$q_y$	= rekenwaarde windbelasting in y-richting [kN/m]
$E_{\text{beton}}$	= rekenwaarde elasticiteitsmodulus beton [N/mm <sup>2</sup> ] ; variabel [ihwg: 28500;prefab: 38500]
$E_{\text{red}}$	= gereduceerde rekenwaarde elasticiteitsmodulus beton [N/mm <sup>2</sup> ]
$x_{\text{sparingen}}$	= reductiefactor sparingen
$x_{\text{gescheurd}}$	= reductiefactor gereduceerde doorsnede
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_{\text{staal}}$	= eigen gewicht wapeningsstaal [kg/m <sup>3</sup> ]
$L_x$	= stramienafstand in x-richting [m]
$L_y$	= stramienafstand in y-richting [m]
$n_x$	= aantal x-stramiene
$n_y$	= aantal y-stramiene
$u_{\text{max}}$	= maximaal toelaatbare vervorming gebouw t.g.v. $EI_{\text{wanden}}$ [m]
$I$	= traagheidsmoment van de wand(en) in de beschouwde richting [mm <sup>4</sup> ]
$BVO$	= totaal bruto vloeroppervlak gebouw [m <sup>2</sup> ]
$G_{\text{beton}}$	= totale hoeveelheid beton in de beschouwde richting [kg]
$G_{\text{wapening}}$	= De hoeveelheid wapening per m <sup>3</sup> stabiliteitswand [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_{\text{staal}}$	= totale hoeveelheid staal in de beschouwde richting [kg]

#### Randvoorwaarden

$u_{\text{max}}$	$< \frac{q \cdot h_{\text{gebouw}}^4}{8EI} < 0,001 \cdot h_{\text{gebouw}}$
$x_{\text{sparingen}}$	= 0,8
$x_{\text{gescheurd}}$	= 0,33
$\rho_{\text{staal}}$	= 7850 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{\text{beton}}$	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
$G_{\text{wapening}}$	= 120 kg/m <sup>3</sup>
$I$	$\geq I_{\text{ben}}$

#### Rekenregels

$X_{\text{gebouw}}$	= $L_x \cdot (n_x - 1)$
$Y_{\text{gebouw}}$	= $L_y \cdot (n_y - 1)$

$$q_x = P_{d\_wind} * Y_{gebouw}$$

$$q_y = P_{d\_wind} * X_{gebouw}$$

$$E_{red} = x_{sparingen} * x_{gescheurd} * E_{beton}$$

$$I_{ben} > \frac{q * h_{gebouw}^3 * 125}{E_{red}}$$

$$I_{ben} = \frac{1}{12} * b_{wand} * L_{wand}^3$$

$$L_{wand} = \sqrt[3]{\frac{125 * q * h_{gebouw}^3}{\frac{1}{12} * b_{wand} * E_{red} * n_{wanden}}} = \sqrt[3]{\frac{1500 * q * h_{gebouw}^3}{b_{wand} * E_{red} * n_{wanden}}}$$

$$G_{beton} = \rho_{beton} * L_{wand} * b_{wand} * h_{gebouw} * n_{wanden}$$

$$G_{staal} = b_{wand} * h_{gebouw} * L_{wand} * G_{wapening}$$

$$G_{bvo} = \frac{G}{BVO}$$

## 7.2 Stabiliteitswanden in kalkzandsteen

Als voor de draagstructuur gekozen is voor "dragende wanden", dan geldt automatisch dat de hiervoor berekende wanden ook de stabiliteit kunnen opnemen. De hoeveelheid/BVO voor de stabiliteit in deze richting wordt weergegeven maar niet mee geteld in het uiteindelijk resultaat, omdat deze al bij draagstructuur is meegenomen.

Wordt in de de niet dragende richting ook gekozen voor kalkzandsteen wanden als stabiliteitssysteem, dan wordt er aangenomen dat er in deze richting even veel materiaal nodig is als in de dragende richting.

## 7.3 Stabiliteitswanden in houtskeletbouw

Als voor de draagstructuur gekozen is voor "dragende wanden", dan geldt automatisch dat de hiervoor berekende wanden ook de stabiliteit kunnen opnemen. De hoeveelheid/BVO voor de stabiliteit in deze richting wordt weergegeven maar niet mee geteld in het uiteindelijk resultaat, omdat deze al bij draagstructuur is meegenomen.

Wordt in de de niet dragende richting ook gekozen voor houtskeletbouw wanden als stabiliteitssysteem, dan wordt er aangenomen dat er in deze richting even veel materiaal nodig is als in de dragende richting.

## 8 Stabiliteitskern

### Variabelen

$h_{\text{gebouw}}$	= hoogte gebouw
$X_{\text{gebouw}}$	= lengte gebouw in x-richting
$Y_{\text{gebouw}}$	= lengte gebouw in y-richting
$b_{\text{kern}}$	= breedte kern ; variabel [3;10;1 en 12;15]
$b_{\text{wand}}$	= dikte wand, gerelateerd aan gebouwhoogte ; variabel [0,2;0,3;0,4;0,45;0,5]
$A_{\text{kern}}$	= doorsnede oppervlakte van de kernen
$n_{\text{kernen}}$	= aantal kernen
$P_{d\_wind}$	= rekenwaarde windbelasting op gebouw
$q_x$	= rekenwaarde windbelasting in x-richting [kN/m]
$q_y$	= rekenwaarde windbelasting in y-richting [kN/m]
$E_{\text{beton}}$	= rekenwaarde elasticiteitsmodulus beton [N/mm <sup>2</sup> ] ; variabel [ihwg: 28500;prefab: 38500]
$E_{\text{red}}$	= gereduceerde rekenwaarde elasticiteitsmodulus beton [N/mm <sup>2</sup> ]
$X_{\text{sparingen}}$	= reductiefactor sparingsen
$X_{\text{gescheurd}}$	= reductiefactor gereduceerde doorsnede
$\rho_{\text{beton}}$	= eigen gewicht beton [kg/m <sup>3</sup> ]
$X_{\text{sparingen}}$	= reductiefactor sparingsen
$L_x$	= stramienafstand in x-richting
$L_y$	= stramienafstand in y-richting
$n_x$	= aantal x-stramienen
$n_y$	= aantal y-stramienen
$u_{\text{max}}$	= maximaal toelaatbare vervorming gebouw t.g.v. $EI_{\text{kern}}$
$I$	= traagheidsmoment van de kern(en) in de maatgevende richting
$I_{\text{ben}}$	= benodigd traagheidsmoment op basis van de maatgevende richting
BVO	= totaal bruto vloeroppervlakte gebouw
$G_{\text{beton}}$	= totale hoeveelheid beton in de beschouwde richting [kg]
$G_{\text{wapening}}$	= De hoeveelheid wapening per m <sup>3</sup> stabiliteitswand [kg/m <sup>3</sup> ]
$G_{\text{staal}}$	= totale hoeveelheid staal in de beschouwde richting [kg]

### Randvoorwaarden

$\rho_{\text{beton}}$	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
$G_{\text{wapening}}$	= 120 kg/m <sup>3</sup>
$u_{\text{max}}$	$< \frac{q * h_{\text{gebouw}}^4}{8EI} < 0,001 * h_{\text{gebouw}}$
$E_{\text{beton}}$	= $2,1 * 10^5$ N/mm <sup>2</sup>
$X_{\text{sparingen}}$	= 0,8
$X_{\text{gescheurd}}$	= 0,33
$I$	$\approx I_{\text{ben}}$ (afroonden naar dichtsbijzijnde)

### Rekenregels

$X_{\text{gebouw}}$	= $L_x * (n_x - 1)$
---------------------	---------------------

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{gebouw}} &= L_y * (n_y - 1) \\
 q_x &= P_{d\_wind} * Y_{\text{gebouw}} \\
 q_y &= P_{d\_wind} * X_{\text{gebouw}} \\
 E_{\text{red}} &= X_{\text{sparingen}} * X_{\text{gescheurd}} * E_{\text{beton}}
 \end{aligned}$$

## Kokervormig profiel

$$I_{\text{ben}} \geq \frac{125 * q * h_{\text{gebouw}}^3}{E_{\text{red}}}$$

$$I = n_{\text{kernen}} * \frac{1}{12} * b_{\text{kern}}^4 - \frac{1}{12} * (b_{\text{kern}} - 2 * b_{\text{wand}}) * (b_{\text{kern}} - 2 * b_{\text{wand}})^3$$

$$I = n_{\text{kernen}} * \frac{1}{12} * \left( 8 * b_{\text{wand}} * b_{\text{kern}}^3 - 24 * b_{\text{wand}}^2 * b_{\text{kern}}^2 + 32 * d_{\text{wand}}^3 * b_{\text{kern}} - 16 * b_{\text{wand}}^4 \right)$$

Hieruit volgt  $b_{\text{kern}}$  benodigd in de beschouwde richting

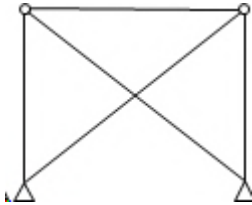
$$A_{\text{kern}} = 2 * b_{\text{kern}} * b_{\text{wand}} * n_{\text{kernen}}$$

$$V_{\text{kern}} = A_{\text{kern}} * h_{\text{gebouw}}$$

$$G_{\text{beton\_bvo}} = \frac{V_{\text{kern}} * \rho_{\text{beton}}}{BVO}$$

$$G_{\text{staal\_bvo}} = \frac{V_{\text{kern}} * G_{\text{wapening}}}{BVO}$$

## 9 Windverbanden



### Variabelen

$h_{\text{gebouw}}$	= hoogte gebouw
$X_{\text{gebouw}}$	= lengte gebouw in x-richting
$Y_{\text{gebouw}}$	= lengte gebouw in y-richting
$P_{d\_wind}$	= rekenwaarde windbelasting op gebouw
$F_{x\_d\_wind}$	= rekenwaarde windbelasting in x-richting [kN]
$F_{y\_d\_wind}$	= rekenwaarde windbelasting in y-richting [kN]
$X_{\text{reductie}}$	= reductiefactor
$\rho_{\text{staal}}$	= eigen gewicht staal [kg/m <sup>3</sup> ]
$f_{y\_d}$	= rekenwaarde maximaal toelaatbare staalspanning
$G_{\text{bvo}}$	= hoeveelheid materiaal [kg/m <sup>2</sup> BVO]
BVO	= totaal bruto vloeroppervlakte gebouw

### Randvoorwaarden

$f_{y\_d}$	= 150 N/mm <sup>2</sup> [S235]
$f_{y\_d}$	= 250 N/mm <sup>2</sup> [S355]
$f_{y\_d}$	= 335 N/mm <sup>2</sup> [S460]
$\rho_{\text{staal}}$	= 7850 kg/m <sup>3</sup>
$X_{\text{reductie}}$	= 0,6

### Rekenregels

$$\begin{aligned}
 X_{\text{gebouw}} &= L_x * (n_x - 1) \\
 Y_{\text{gebouw}} &= L_y * (n_y - 1) \\
 F_x &= P_{d\_wind} * Y_{\text{gebouw}} * h_{\text{gebouw}} \\
 F_y &= P_{d\_wind} * X_{\text{gebouw}} * h_{\text{gebouw}} \\
 A_{\text{staal}} &= \frac{F_d * \sqrt{2}}{f_{y\_d}} \\
 G_{\text{bvo}} &= \frac{A_{\text{staal}} * h_{\text{gebouw}} * \sqrt{2} * \rho_{\text{staal}} * 2 * X_{\text{reductie}}}{\text{BVO}}
 \end{aligned}$$