

# Integrale bouwtechniek

een doorkijk naar duurzaam bouwen

Germaine Zielstra, Joop Bendsdorp

Eerste druk



Noordhoff Uitgevers

Hoofdstuk 4	Hoofdstuk 5	Hoofdstuk 6	Hoofdstuk 7
<b>renovatie woningblok</b>	<b>nieuwbouw kantoor- gebouw</b>	<b>herbestemming kantoor</b>	<b>duurzame wijkontwikkeling</b>
Nieuw Middelburg	TNT-gebouw Hoofddorp	De Monarch Den Haag	Zeeburgia Amsterdam
4.1 Processen en regelgeving: vergunning en aanbesteding	5.1 Processen en regelgeving: bouwbesluit	6.1 Processen en regelgeving: innovatieve processen	7.1 Processen en regelgeving: milieumaatregelen
4.2 Ontwerpopgave: levensduurverlenging woningen	5.2 Ontwerpopgave: programma van eisen	6.2 Ontwerpopgave: herontwikkeling kantoor	7.2 Ontwerpopgave: stedenbouwkundig ontwerp
4.3 Bouwfysica: geluidsisolatie	5.3 Bouwfysica: warmtelast en koeling	6.3 Bouwfysica: kwaliteit binnenmilieu	7.3 Bouwfysica: stedelijk klimaat
4.4 Installaties woningbouw	5.4 Combineren van materialen en installaties	6.4 Specifieke installaties in kantoren	7.4 Installaties op wijkniveau
4.5 Bouwmethodiek: tunnelbouw en tunnelbekisting	5.5 Bouwmethodiek: van traditionele naar duurzame bouw-systemen	6.5 Bouwmethodiek: gietbouw	7.5 Bouwmethodiek: stedenbouw
4.6 Renovatie-materialen	5.6 Duurzame materiaalkeuzes	6.6 Materialen: binnenaferwerking	7.6 Materialen: stedelijke inrichting
4.7 Sterkteleer en constructie: belasting en krachtenafdracht	5.7 Sterkteleer en constructie: buiging en sterkte	6.7 Sterkteleer en constructie: stabiliteit	7.7 Sterkteleer en constructie: grondmechanica

# Integrale bouwtechniek

Een doorkijk naar duurzaam bouwen

**Germaine Zielstra**

**Joop Bendsdorp**

---

Eerste druk

Noordhoff Uitgevers, Groningen/Houten

Ontwerp omslag: Rocket Industries, Groningen

Omslagillustratie: KCAP: De Red Apple. Foto © Rob 't Hart

Eventuele op- en aanmerkingen over deze of andere uitgaven kunt u richten aan:  
Noordhoff Uitgevers bv, Afdeling Hoger Onderwijs, Antwoordnummer 13, 9700 VB  
Groningen, e-mail: info@noordhoff.nl

*Aan de totstandkoming van deze uitgave is de uiterste zorg besteed. Voor informatie die desondanks onvolledig of onjuist is opgenomen, aanvaarden auteur(s), redactie en uitgever geen aansprakelijkheid. Voor eventuele verbeteringen van de opgenomen gegevens houden zij zich aanbevolen.*

Met betrekking tot sommige teksten en/of illustratiemateriaal is het de uitgever, ondanks zorgvuldige inspanningen daartoe, niet gelukt eventuele rechthebbende(n) te achterhalen. Mocht u van mening zijn (auteurs)rechten te kunnen doen gelden op teksten en/of illustratiemateriaal in deze uitgave dan verzoeken wij u contact op te nemen met de uitgever.



0 / 14

© 2014 Noordhoff Uitgevers bv Groningen/Houten, The Netherlands.

Behoudens de in of krachtens de Auteurswet van 1912 gestelde uitzonderingen mag niets uit deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van reprografische verveelvoudigingen uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16h Auteurswet 1912 dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan Stichting Reprorecht (postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.reprorecht.nl](http://www.reprorecht.nl)). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) kan men zich wenden tot Stichting PRO (Stichting Publicatie- en Reproductierechten Organisatie, postbus 3060, 2130 KB Hoofddorp, [www.stichting-pro.nl](http://www.stichting-pro.nl)).

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.*

ISBN (ebook) 978-90-01-85741-7

ISBN 978-90-01-81863-0

NUR 955

# Woord vooraf

Bouwen is zo oud als de mensheid en komt voort uit onze elementaire behoefte aan beschutting. In de oudheid werd er gebouwd op gevoel en met eenvoudige technieken werden de duurzaamste en prachtigste gebouwen gerealiseerd. In de toekomst zal het bouwen fundamenteel veranderen door de mogelijkheden om geautomatiseerd gegevens uit te wisselen in een virtueel bouwproces dat voorafgaat aan de realiteit. Hiermee verbonden is de term BIM, dat staat voor Bouw Informatie Model.

BIM moet een oplossing gaan bieden voor ingewikkelde opgaven en de steeds groeiende ambitie om integraal en duurzaam te bouwen. BIM vraagt een andere manier van denken en samenwerken. Om te kunnen functioneren in een BIM-gestuurd ontwikkelproces zijn mensen nodig die een bouwproces begrijpen, voldoende van de techniek weten en getraind zijn om te denken vanuit een groter geheel in plaats van uit het detail. Dit boek probeert dat te bereiken door aan de hand van gerealiseerde gebouwen studenten stapsgewijs kennis te laten maken met het ontstaan van gebouwen. Door de ogen van de architect en aan de hand van door hen gekozen casussen die steeds complexer worden, ontdek je waarom het gebouw zo geworden is en in welke mate het duurzaam is.

Elke bouwopgave heeft een verhaal; je zou kunnen zeggen dat gebouwen verstilde emoties zijn. Een bouwwerk kan alleen succesvol gerealiseerd worden als alle erbij betrokken partijen hun kennis en kunde optimaal inzetten. Dit boek beoogt twee doelen te bereiken:

- het laat studenten kennismaken met alle facetten van het bouwen;
- de voorbeeldprojecten leren studenten te denken vanuit het geheel en laten zien dat duurzaamheid op allerlei manieren te realiseren is.

Het verband tussen theorie en praktijk wordt gelegd door aan de hand van een casus de beroepspraktijk te beschrijven en door jou te laten meekijken door de ogen van een professional. Naast het opdoen van praktische kennis word je je bewust van de redenen waarom een bepaalde keuze is gemaakt. De complexiteit van de besproken projecten neemt gaandeweg toe, van een eenvoudig woonhuis naar een duurzame binnenstedelijke invulling in Amsterdam.

Aan het einde van dit boek sta je als student aan het begin van een lange en spannende reis. Jouw keuze zal uiteindelijk bepalen waar je je toekomst binnen dit mooie vakgebied zal vinden. Vergeet echter nooit dat je onderdeel bent van een creatief proces waarin technisch denken en emoties hand in hand optrekken.

Voor het tot stand komen van dit boek bedanken wij de volgende architecten en architectenbureaus die een casus voor dit boek hebben aangereikt. De citaten zeggen iets over de manier waarop zij als architect of bureau te werk gaan.

- WillemsenU: 'Wij maken projecten op maat voor mensen die daar wonen en werken.'
- Joop Bendsdorp: 'Voor alles en iedereen is er een unieke ruimte om te leven en tot bloei te komen.'
- Han van den Born: 'KCAP staat voor een werkwijze die gebaseerd is op multidisciplinair en simultaan werken aan thema, programma, typologie en context.'
- Ineke Hulshof: 'Bij onze complexe binnenstedelijke projecten spelen kwaliteit en belangen van alle partijen een belangrijke rol.'
- Paul de Ruiter: 'De kernwoorden innovatie, duurzaamheid, identiteit en interactie liggen ten grondslag aan de visie van Architectenbureau Paul de Ruiter. Ze vormen de basis van onze architectuur.'
- Rudy Uytengaak: 'Rudy Uytengaak Architectenbureau werkt met een hecht team van bevlogen mensen aan duurzame gebouwen, door het innovatief en creatief inzetten van materiaal en techniek.'

Amsterdam, najaar 2013

Germaine Zielstra

Joop Bendsdorp

# Inhoud

## Inleiding 7

### 1 Traditionele woning 11

- 1.1 Regelgeving woningbouw 13
- 1.2 Ontwerpopgave: situatietekening vrije kavels 18
- 1.3 Bouwfysica: vocht en warmtetransmissie 20
- 1.4 Installaties woonhuis 24
- 1.5 Bouwmethodiek: de traditionele bouwmethode 30
- 1.6 Traditionele materialen 35
- 1.7 Sterkteleer en constructie: basisbegrippen 41

### 2 Duurzame houten woning 49

- 2.1 Processen en regelgeving: de omgevingsvergunning 51
- 2.2 Ontwerpopgave: ambitie 56
- 2.3 Bouwfysica: waterdamp 58
- 2.4 Duurzame installaties 61
- 2.5 Bouwmethodiek: houtbouw 69
- 2.6 Duurzame materialen 74
- 2.7 Sterkteleer en constructie: belastingen en draagstructuur 81

### 3 Waardeverhogend binnenstedelijk bouwen 85

- 3.1 Processen en regelgeving: veiligheid woningbouw 88
- 3.2 Ontwerpopgave: situatie binnenstedelijk 93
- 3.3 Bouwfysica: ventilatie hoogbouw 97
- 3.4 Installaties gestapelde woningen 98
- 3.5 Bouwmethodiek: prefab beton 103
- 3.6 Materialiseren van de buitenschil 110
- 3.7 Sterkteleer en constructie: dragende elementen 114

### 4 Renovatie woningblok 117

- 4.1 Processen en regelgeving: vergunning en aanbesteding 119
- 4.2 Ontwerpopgave: levensduurverlenging woningen 123
- 4.3 Bouwfysica: geluidsisolatie 126
- 4.4 Installaties woningbouw 127
- 4.5 Bouwmethodiek: tunnelbouw en tunnelbekisting 134
- 4.6 Renovatiematerialen 135
- 4.7 Sterkteleer en constructie: belasting en krachtenafdracht 141

### 5 Nieuwbouw kantoorgebouw 149

- 5.1 Processen en regelgeving: Bouwbesluit 151
- 5.2 Ontwerpopgave: programma van eisen 157
- 5.3 Bouwfysica: warmtelast en koeling 160
- 5.4 Combineren van materialen en installaties 167

- 5.5 Bouwmethodiek: van traditionele naar duurzame bouwsystemen [175](#)
- 5.6 Duurzame materiaalkeuzes [178](#)
- 5.7 Sterkteleer en constructie: buiging en sterkte [182](#)
  
- 6 Kantoorpand duurzaam vernieuwen [185](#)**
  - 6.1 Processen en regelgeving: innovatieve processen [187](#)
  - 6.2 Ontwerpopgave: herontwikkeling kantoor [192](#)
  - 6.3 Bouwfysica: kwaliteit binnenmilieu [198](#)
  - 6.4 Specifieke installaties in kantoren [200](#)
  - 6.5 Bouwmethodiek: gietbouw [205](#)
  - 6.6 Materialen: binnenafwerking [208](#)
  - 6.7 Sterkteleer en constructie: stabiliteit [212](#)
  
- 7 Duurzame wijk [217](#)**
  - 7.1 Processen en regelgeving: milieumaatregelen [219](#)
  - 7.2 Ontwerpopgave: stedenbouwkundig ontwerp [226](#)
  - 7.3 Bouwfysica: stedelijk klimaat [231](#)
  - 7.4 Installaties op wijkniveau [235](#)
  - 7.5 Bouwmethodiek: stedenbouw [240](#)
  - 7.6 Materialen: stedelijke inrichting [243](#)
  - 7.7 Sterkteleer en constructie: grondmechanica [248](#)
  
- Illustratieverantwoording [251](#)**
  
- Register [252](#)**
  
- Over de auteurs [254](#)**



# Inleiding

Omdat een gebouw tegenwoordig niet alleen een product is van een creatief of technisch proces, behandelt dit boek aan de hand van vijf gebouwen en twee woonwijken in totaal zeven aandachtsgebieden waarmee elke bouwende professional in elk project te maken krijgt. Ieder hoofdstuk is geschreven aan de hand van een casus uit de praktijk. In elk casus worden de onderwerpen behandeld die de architect benoemde als bepalend voor de eindsituatie. Dat gebeurt aan de hand van de zeven aandachtsgebieden, die in elk hoofdstuk terugkomen, telkens in dezelfde volgorde. De keuze voor deze volgorde komt voort uit onze visie op duurzaam en betaalbaar bouwen. De aandachtsgebieden worden hier kort toegelicht.

## **Aandachtsgebied 1: processen en regelgeving**

Het bouwproces en de regelgeving bepalen het kader waarbinnen een project tot stand komt. De regelgeving legt de spelregels vast. Een duurzaam proces is een ontwikkelproces waarin kosten en baten worden berekend en afgewogen ten opzichte van de ontwerp-, productie-, bouw- en gebruikperiode. Dit vormt de basis van ieder ontwikkeltraject.

## **Aandachtsgebied 2: ontwerpogave**

De ontwerpogave omvat de uitgangspunten die door een opdrachtgever worden geformuleerd voor een specifiek project en de fysieke context waarin dit tot stand komt. De geformuleerde opgave gaat over fysieke wensen, het financiële budget voor de gehele levensduur van een gebouw en de ambities op het gebied van comfort en duurzaamheid.

## **Aandachtsgebied 3: bouwfysica**

Bouwfysica omvat de kennis die te maken heeft met alle klimatologische aspecten, zoals licht, lucht, temperatuur en vocht. Om tot goede oplossingen te komen moeten deze aspecten in een vroegtijdig stadium in het ontwikkelproces worden meegenomen. De bouwfysische kwaliteit van een gebouw mag niet afhankelijk zijn van de toe te passen installaties, maar wordt juist bepaald voor het installatieconcept. Ook de keuze van bouwmethoden en -materialen hangt nauw samen met de bouwfysische kwaliteit.

## **Aandachtsgebied 4: installaties**

Het aandachtsgebied installaties omvat alle maatregelen die nodig zijn om te voorzien in behoeften waarin het bouwkundige deel van het gebouw niet kan voorzien. Als een gebouw door bijvoorbeeld eisen op het gebied van daglichttoetreding te veel glas op het zuiden heeft en daardoor te warm wordt in de zomer, moet er een installatie worden toegevoegd die voor koeling kan zorgen. Maar uit het oogpunt van duurzaamheid is het uiteraard beter als zo'n installatie niet nodig is.

### Aandachtsgebied 5: bouwmethodiek

Met bouwmethodiek of bouwmethode worden de keuze van het constructieve materiaal en de wijze waarop de hoofdstructuur van een gebouw wordt geconstrueerd bedoeld. Als al het voorgaande in beeld is, kan een gefundeerde keuze gemaakt worden voor een bouwmethodiek die ervoor zorgt dat aan alle randvoorwaarden wordt voldaan.

### Aandachtsgebied 6: materialen

De materiaalkeuze lijkt in deze opsomming het sluitstuk van het totale ontwerpproces. In de praktijk is dat gedeeltelijk het geval. Er is een zeer groot assortiment aan bouwmaterialen die kunnen worden toegepast. Door op een logische manier het ontwikkelproces te doorlopen wordt de keuze van de toe te passen materialen ingeperkt, maar blijft er altijd nog een ruime keuze over. Omgekeerd zou je kunnen zeggen dat het voorgaande proces juist helpt om goede keuzes te maken op dit gebied. Als de ambitie van de opdrachtgever is dat er zo veel mogelijk duurzame materialen moeten worden toegepast, perkt dit de keuzemogelijkheden al in een vroeg stadium in.

### Aandachtsgebied 7: sterkteleer en constructie

Een constructie moet voldoende sterk zijn, zodat het gebouw veilig en vormvast blijft onder de krachten die veroorzaakt worden door de natuur en het menselijk gebruik. Daarom is het van belang dat elke deelnemer aan een bouwproces zich bewust is van de effecten die allerlei krachten hebben op een wand of een vloer. In de mooiste gebouwen zijn de afmetingen en verhoudingen van de constructieve delen in harmonie met de ruimte die zij omspannen. Kennis hierover kan in dit boek niet ontbreken. We behandelen

onderwerp	1 traditionele woning	2 duurzame houten woning	3 nieuwbouw woningblok
Casus	woonhuis Eindhoven	woning Dirksland	Red Apple Rotterdam
Proces en regelgeving	1.1 Regelgeving woningbouw	2.1 De omgevingsvergunning	3.1 Veiligheid woningbouw
Ontwerpogave	1.2 Situatietekening vrije kavels	2.2 Ambitie	3.2 Situatie binnenstedelijk
Bouwfysica	1.3 Vocht- en warmtetransmissie	2.3 Waterdamp	3.3 Ventilatie hoogbouw
Installaties	1.4 Installaties woonhuis	2.4 Duurzame installaties	3.4 Gestapelde woningen
Bouwmethodiek en vorm	1.5 De traditionele bouwmethode	2.5 Houtbouw	3.5 Prefab beton
Materialen	1.6 Traditionele materialen	2.6 Duurzame materialen	3.6 Materialiseren van de buitenschil
Sterkteleer en constructie	1.7 Basisbegrippen	2.7 Belastingen en draagstructuur	3.7 Dragende elementen

dit aandachtsgebied als laatste, omdat het niet goed in bovenstaande volgorde is te plaatsen.

### Studiewijzer

Alle zeven aandachtsgebieden komen in ieder hoofdstuk in deze volgorde aan de orde. Per paragraaf wordt telkens een aandachtsgebied besproken aan de hand van de casus die we in dat hoofdstuk behandelen. Omdat de casussen steeds complexer worden, wordt de bespreking van de aandachtsgebieden ook steeds complexer. Je zult daardoor gaan zien waarom een integraal proces nodig is om duurzame projecten te ontwikkelen.

In de matrix hieronder kun je zien dat per hoofdstuk alle zeven aandachtsgebieden aan de orde komen, met elke keer een andere nadruk, dat wil zeggen: andere onderwerpen die uitgelicht worden. Deze onderwerpen zijn terug te vinden in de navigatiewoorden aan het begin van ieder hoofdstuk. De matrix kun je bijvoorbeeld gebruiken als je de stof gaat bestuderen voor het tentamen. Een uitgebreidere versie van de matrix staat achter in het boek en is te vinden als download op de website bij dit boek: [www.integralebouwtechniek.noordhoff.nl](http://www.integralebouwtechniek.noordhoff.nl).

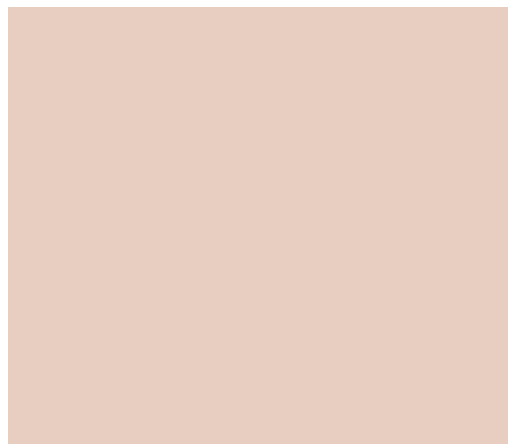


Op deze website vind je tevens aanvullend materiaal dat je kunt gebruiken bij de bestudering van het boek:

- een begrippenlijst met bijbehorende begrippentrainer
- aanvullend voorbeeld- en oefenmateriaal.

Ook voor docenten bevat de website aanvullend materiaal, zoals powerpoints en de opzet van een lessenserie n.a.v. de matrix en het boek.

<b>4 renovatie woningblok</b>	<b>5 nieuwbouw kantoorgebouw</b>	<b>6 herbestemming kantoor</b>	<b>7 duurzame wijkontwikkeling</b>
Nieuw Middelburg	TNT-gebouw Hoofddorp	De Monarch Den Haag	Zeeburgia Amsterdam
4.1 Vergunning en aanbesteding	5.1 Bouwbesluit	6.1 Innovatieve processen	7.1 Milieumaatregelen
4.2 Levensduurverlenging woningen	5.2 Programma van eisen	6.2 Herontwikkeling kantoor	7.2 Stedenbouwkundig ontwerp
4.3 Geluidsisolatie	5.3 Warmtelast en koeling	6.3 Kwaliteit binnenmilieu	7.3 Stedelijk klimaat
4.4 Installaties woningbouw	5.4 Combineren materialen en installaties	6.4 Specifieke installaties in kantoren	7.4 Installaties op wijkniveau
4.5 Tunnelbouw en tunnelbekisting	5.5 Van traditionele naar duurzame bouwsystemen	6.5 Gietbouw	7.5 Stedenbouw
4.6 Renovatiematerialen	5.6 Duurzame materiaalkeuzes	6.6 Binnenafwerking	7.6 Stedelijke inrichting
4.7 Belasting en krachtenafdracht	5.7 Buiging en sterkte	6.7 Stabiliteit	7.7 Grondmechanica



# 1

## Traditionele woning

In dit hoofdstuk beantwoorden we de volgende vragen:

- Hoe is de regelgeving voor bouwwerken vastgelegd en welke rol spelen maatvoering en meten daarin?
- Hoe beïnvloedt de situatie een ontwerpogave?
- Hoe gedragen vocht en warmte zich in een constructie en waarom is dat zo belangrijk?
- Welke technische basisinstallaties tref je aan in een woonhuis?
- Wat verstaan wij onder traditionele bouwmethoden?
- Wat verstaan wij onder traditionele bouwmaterialen?
- Welke basisbegrippen onderscheiden wij in de sterkteleer?

---

Bestemmingsplan 13

Bouwbesluit 15

Meten 17

Situatie 18

Vocht 20

Warmtetransmissie 23

Cv-installatie 24

WTW-installatie 25

Riolering 28

Casco 30

Stapelbouw 31

Spouwmuur 32

Fundering op staal 33

Metselwerk 35

Dakpannen 37

Pleisterwerk 39

Belasting 41

Eigen gewicht 42

Puntlast 43

Lijnbelasting 44

Koppel 44

Moment 44

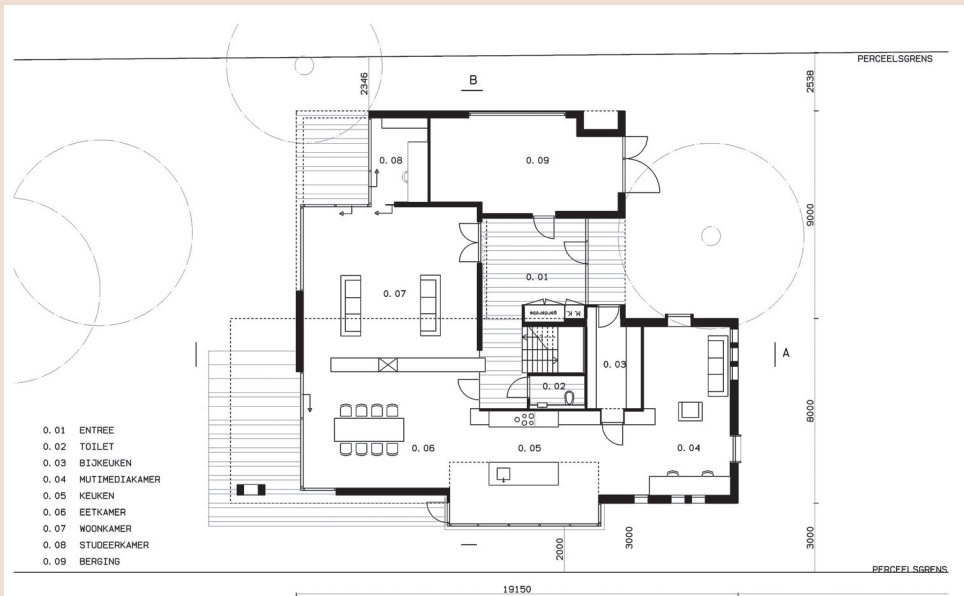
De eerste casus in dit boek gaat over een traditioneel woonhuis. Met 'traditioneel' bedoelen we niet dat het huis er traditioneel uitziet, maar dat het op een traditionele manier gebouwd is. Het ontwerp is modern en eigentijds. Het huis is ontworpen door architect Frank Willems van het bureau WillemsenU in Eindhoven. Het woonhuis staat in Eindhoven, op een mooie plek aan de rand van de stad

in een groene omgeving. In afbeelding 1.1 en figuur 1.2 zie je de voorgevel en een plattegrond van het woonhuis in Eindhoven. We behandelen bewust in dit eerste hoofdstuk een casus over een woonhuis dat op traditionele wijze is gebouwd. Op die manier maken we kennis met de in Nederland gebruikelijkste bouwmethode in een relatief eenvoudig project.

**AFBEELDING 1.1** De voorgevel van het woonhuis



**FIGUUR 1.2** De plattegrond van het woonhuis



Het bouwen van een vrijstaande woning is een relatief eenvoudige ontwerp- en bouwopgave. Ook al is de opgave eenvoudig, de uitdaging om er iets bijzonders van te maken is groot. Er zijn weinig zaken waarmee rekening gehouden hoeft te worden, maar toch blijven er heel veel variabelen waarover je moet beslissen. Dat zie je terug in de zeer uiteenlopende woonhuizen die in Nederland in de loop van de tijd gebouwd zijn.

De belangrijkste randvoorwaarden worden gevormd door het bestemmingsplan, het Bouwbesluit en vooral de wensen van de bewoners. Het bouwproces en de toegepaste technieken zijn vaak 'traditioneel', zoals dat in de bouwwereld genoemd wordt. Traditioneel betekent in dit geval dat er meestal al beproefde technieken worden toegepast. Het is mooi om daarmee het eerste hoofdstuk te beginnen.

## 1.1 Regelgeving woningbouw

Regelgeving is een belangrijk aspect bij het bouwen van een woning. Voor dat de eerste schop de grond in gaat, moet er al veel geregeld en uitgezocht worden. In deze paragraaf komen de belangrijkste aspecten van de regelgeving aan de orde: het bestemmingsplan, het Bouwbesluit en het meten.

### Bestemmingsplan

De ruimtelijke ordening en daarmee het bouwen en inrichten van onze omgeving hebben dagelijks invloed op het functioneren van de maatschappij en de daaraan deelnemende individuen. Het oprichten en inrichten van gebouwen en de bijbehorende gebouwde omgeving kosten de maatschappij enorme investeringen, en fouten hebben invloed voor periodes van tien jaar en langer.

Het is daarom van enorm belang dat bouwprocessen – of het nu nieuwbouw of transformatie betreft – zorgvuldig worden getoetst en dat de besluitvorming transparant is. Op 1 juli 2008 is de nieuwe Wet ruimtelijke ordening (WRO) in werking getreden. Nieuw hieraan was dat de Rijksoverheid, provincies en gemeenten een structuurvisie moeten opstellen met de ruimtelijke ontwikkelingen in een bepaald gebied, en daarmee vooraf sturen in plaats van achteraf toetsen. De structuurvisie wordt uiteindelijk uitgewerkt in de gemeentelijke bestemmingsplannen.

Er is een vaste procedure voor de totstandkoming van bestemmingsplannen. De burger kan daar op verschillende manieren invloed op uitoefenen. De verschillende stappen in de procedure zijn:

- 1 aankondiging vooraf in een bewonersbrief of een huis-aan-huisblad, of op een website
- 2 opstellen van een ontwerpbestemmingsplan
- 3 een inzageperiode van zes weken (wanneer er bezwaar gemaakt wordt binnen deze periode heet dit een zienswijze; wanneer men geen gebruik maakt van dit recht vervallen alle rechten daarna)
- 4 vaststellen en bekendmaken bestemmingsplan binnen twaalf weken na de eerste periode van zes weken.
- 5 na de periode van twaalf weken heeft de gemeente nog twee weken extra om het besluit bekend te maken.

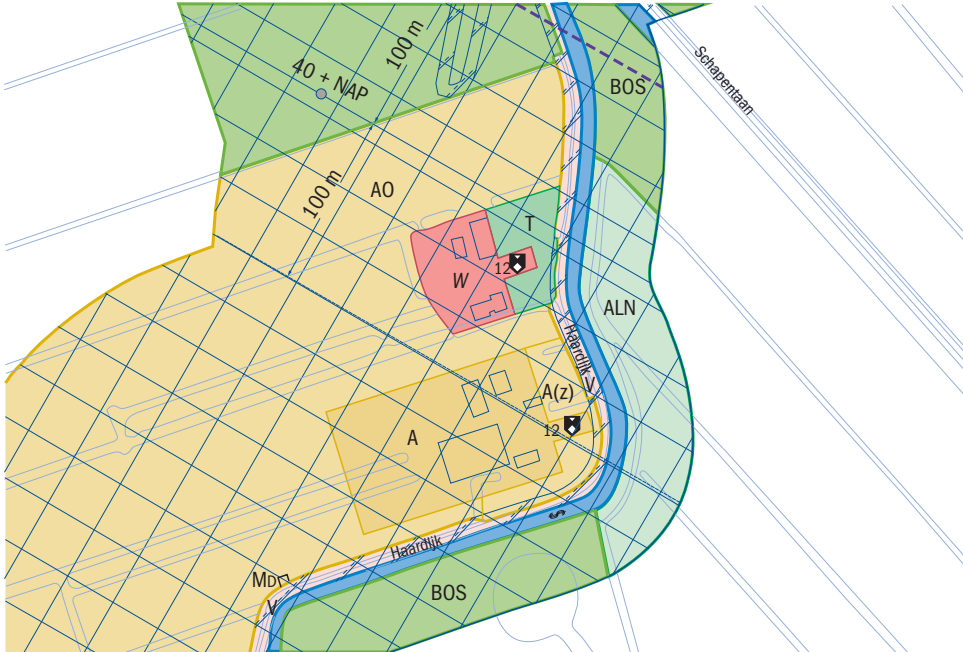
Alleen wanneer men een zienswijze heeft ingediend tijdens de inzageperiode, kan men in beroep gaan tegen het vastgestelde bestemmingsplan.

Een bestemmingsplan bestaat uit drie onderdelen:

- toelichting: een verantwoording over de keuze van de verschillende bestemmingen in het bestemmingsplan
- verbeelding/plankaart: een kaart waarop de toegestane bestemmingen/ functies zijn aangegeven
- regels/voorschriften: regels en kaders van de ingetekende bestemmingen.

In figuur 1.3 zie je hoe een plankaart er in het echt uitziet.

**FIGUUR 1.3** Voorbeeld van een plankaart uit een bestemmingsplan



### **Bestemmingsplan**

#### *Definitie*

Het bestemmingsplan is een instrument waarin dwingend op juridische grondslag is vastgelegd hoe de overheid haar grondgebied wenst te bestemmen en in te richten (betreft werken, werkzaamheden, bouwvergunningen, gebruiksverboden en onteigening).

#### *Doel*

Het bestemmingsplan is het belangrijkste instrument voor de ruimtelijke ordening. In het bestemmingsplan wordt geregeld waar gebouwd mag worden, wat er gebouwd mag worden, welke omvang de bebouwing mag hebben en welk gebruik is toegestaan. Vaste onderdelen van een bestemmingsplan zijn de regels of voorschriften voor het gebied, een verbeelding (plankaart) waarop de bestemmingen zijn aangegeven en een toelichting.



### *Uitvoering*

Een bestemmingsplan bestaat uit drie onderdelen:

- toelichting: verantwoording over de keuze van de verschillende bestemmingen
- verbeelding/plankaart: kaart waarop de toegestane bestemmingen/functies zijn aangegeven
- regels/voorschriften: regels en kaders van de ingetekende bestemmingen.

Bron: [www.bestemmingsplan.nl](http://www.bestemmingsplan.nl)

De locatie van het woonhuis in Eindhoven is ontstaan uit een herverkaveling van een bestaand kavel. Het aanvankelijke kavel van circa 2.000 m<sup>2</sup> is opgesplitst in twee kavels van ieder 1.000 m<sup>2</sup>. De bestemming van het terrein was 'wonen'. Op de bestemmingsplankaart was een bouwvlek aangegeven met minimale afstanden tot de erf grenzen. Deze bouwvlek liet eigenlijk alleen een vrijstaand, particulier woonhuis toe, maar omdat dat ook overeenkwam met de wens van de opdrachtgevers was dat geen probleem.

Zoals gebruikelijk is, was er een goothoogte in het bestemmingsplan vermeld van 6,5 meter. Bij huizen met een schuine kap is dit de maximale hoogte van de dakgoot ofwel de onderkant van het dak. Soms staat er ook een nokhoogte vermeld, of een dakhelling. De opdrachtgevers wilden een huis met een moderne uitstraling, zonder een schuine kap. In dit geval was de goothoogte gelijk aan het hoogste punt van het platte dak. Overigens heeft het huis achteraf wel een flauw hellend plat dak gekregen.

### **Bouwbesluit**

In het Bouwbesluit zijn alle regels, voorschriften en normen vastgelegd waaraan een bouwwerk moet voldoen. Het betreft zowel nieuwbouw als bestaande bouw, woningen en utiliteitsbouw, en permanente en tijdelijke bouwwerken. De regels gaan over veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en milieu. Bij de ontwikkeling en uitvoering zijn de opdrachtgever en alle uitvoerende partijen verplicht om zich aan het Bouwbesluit te houden.

Bij de aanvraag van een omgevingsvergunning wordt een plan door de betreffende gemeente getoetst aan het bestemmingsplan en aan het Bouwbesluit. De gemeente kan een vergunning weigeren als deze niet voldoet aan het bestemmingsplan of het Bouwbesluit. Maar ook als de gemeente geen opmerkingen maakt, is de opdrachtgever alsnog verantwoordelijk voor de uitvoering ervan. Dit speelt voornamelijk een rol als het gaat om veiligheid. Als een gebouw niet voldoet aan de eisen die hierover in het Bouwbesluit staan en er gebeurt daardoor een ongeluk, kan de opdrachtgever achteraf aansprakelijk gesteld worden.

Bij het indienen van de aanvraag voor een omgevingsvergunning moeten gegevens worden aangeleverd waaruit blijkt dat het bouwwerk voldoet aan het Bouwbesluit. Deze gegevens gaan minimaal over de constructie, brandveiligheid, het energiegebruik, daglichttoetreding, ventilatie, het weren van ongedierte en het materiaalgebruik. Afhankelijk van het soort bouwwerk kan de gemeente om aanvullende gegevens vragen.

Er is een groot verschil tussen nieuwbouweisen en eisen voor bestaande bouwwerken. Bij nieuwbouw is het laatste Bouwbesluit altijd van kracht; bij bestaande bouwwerken zijn de regels een stuk soepeler en worden deze bepaald afhankelijk van de bestaande en nieuwe bestemming. Figuur 1.4 laat een voorbeeldpagina zien uit het Bouwbesluit 2012.

**FIGUUR 1.4** Voorbeeldpagina uit het *Bouwbesluit 2012*

 **BRIS** bouwbesluit online

**Hoofdstuk 4. Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van bruikbaarheid**

**Afdeling 4.1. Verblijfsgebied en verblijfsruimte**

**§ 4.1.1. Nieuwbouw**

**Artikel 4.1. Aansturingsartikel**

1. Een te bouwen bouwwerk heeft een verblijfsgebied waarin de voor de gebruiksfunctie kenmerkende activiteiten in een of meer verblijfsruimten kunnen plaatsvinden.
2. Voor zover voor een gebruiksfunctie in tabel 4.1 voorschriften zijn aangewezen, wordt voor die gebruiksfunctie aan de in het eerste lid gestelde eis voldaan door toepassing van die voorschriften.
3. Het eerste lid is niet van toepassing op de gebruiksfuncties waarvoor in tabel 4.1 geen voorschrift is aangewezen.

**Artikel 4.2. Aanwezigheid**

1. Een woonfunctie heeft een vloeroppervlakte van ten minste 18 m<sup>2</sup> aan niet-gemeenschappelijk verblijfsgebied.
2. Ten minste 55% van de gebruiksoverpvlakte van een gebruiksfunctie is verblijfsgebied.

**Artikel 4.3. Afmetingen verblijfsgebied en verblijfsruimte**

1. Een verblijfsgebied heeft ten minste de in tabel 4.1 aangegeven vloeroppervlakte.
2. Een verblijfsgebied heeft ten minste de in tabel 4.1 aangegeven breedte.
3. Een verblijfsruimte heeft een breedte van ten minste 1,8 m.
4. In ten minste een verblijfsgebied ligt een verblijfsruimte met een vloeroppervlakte van ten minste 11 m<sup>2</sup> bij een breedte van ten minste 3 m.
5. In afwijking van het eerste en tweede lid heeft een verblijfsgebied in een toegankelijkheidssector een verblijfsruimte met een vloeroppervlakte van ten minste 14 m<sup>2</sup> bij een breedte van ten minste 3,2 m.
6. Een verblijfsgebied en een verblijfsruimte hebben ten minste de in tabel 4.1 aangegeven hoogte boven de vloer.

**Artikel 4.4. Verbouw**

**Bouwbesluit**

*Definitie*

Het Bouwbesluit is een verzameling van regels, voorschriften, richtlijnen en normen waaraan iedereen zich dient te houden die zich met de gebouwde omgeving bezighoudt. Het Bouwbesluit is een bestuurlijk instrument en valt onder de algemene Woningwet.

*Doel*

Een gebouw mag geen gevaar opleveren voor bewoners, gebruikers en omgeving. Daarom heeft de overheid in het Bouwbesluit 2012 eisen vastgelegd voor veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en milieu.

*Uitvoering*

De opdrachtgever van een gebouw is ervoor verantwoordelijk dat de bouwwerkzaamheden goed en veilig worden uitgevoerd. Meestal kom je in aanraking met het Bouwbesluit als je gaat bouwen of verbouwen, maar soms is het Bouwbesluit ook van kracht als je een gebouw wil gebruiken.

De voorschriften van het Bouwbesluit zijn vastgelegd in zogenaamde normbladen: de NEN-normen (Nederlandse Euro Normering). Ook zijn er Nederlandse praktijkrichtlijnen (NPR's) en Nederlandse technische afspraken (NTA's). Het Bouwbesluit is online te raadplegen via [www.bouwbesluitonline.nl](http://www.bouwbesluitonline.nl). Zie figuur 1.4 voor een voorbeeldpagina.

Een opdrachtgever geeft een architect niet alleen een opdracht om een mooi ontwerp te maken; een architect zorgt er ook voor dat het ontwerp – in dit geval een woonhuis – voldoet aan alle eisen die in het Bouwbesluit genoemd worden. Soms kan dat lastig zijn, maar bij een particulier woonhuis overstijgen de wensen van de opdrachtgevers vaak het Bouwbesluit, bijvoorbeeld als het gaat om afmetingen van ruimten. De meeste opdrachtgevers willen meer dan minimaal vereist is. In het Bouwbesluit worden alleen de minimumeisen gesteld, daarom zullen plannen al snel voldoen.

Vanuit de situatie deed zich bij dit woonhuis een speciaal probleem voor: de burens hadden in een eerder stadium een uitbouw gemaakt die dicht bij de erfgrans stond. Volgens het Bouwbesluit moet er voldoende ruimte zijn tussen twee woningen (2 x 3 = 6 meter) om te voorkomen dat een brand kan overslaan. Omdat de tussenruimte in de nieuwe situatie te klein zou worden, is de betreffende gevel zo uitgevoerd dat deze 30 minuten brandwerend is. Voor metselwerk is dat geen probleem, maar er moest wel speciaal glas worden gebruikt dat aan deze eis voldoet.

### Metten

Om lengtes, oppervlaktes en/of de inhoud van een gebouw te bepalen moeten maten worden gemeten of op tekeningen worden bepaald. Omdat maatfouten grote gevolgen kunnen hebben, is het van belang om nauwkeurig te meten en ook altijd een controlemeting uit te voeren.

Om problemen te voorkomen is het goed om de volgende aanwijzingen op te volgen:

- Het is altijd raadzaam om naast deelmetingen ook totaalmaten te meten of op tekeningen aan te geven.
- Bij het opgeven van maten en het inmeten in een bestaande situatie moet rekening worden gehouden met marges. De meeste producten worden niet op de millimeter nauwkeurig geproduceerd of kunnen niet zonder een marge gemonteerd worden. Zo'n marge wordt in de bouw 'stelruimte' genoemd.
- Verder is het een algemene stelregel dat maten uit tekeningen niet zomaar overgenomen mogen worden in de bouw, maar dat deze altijd gecontroleerd moeten worden op de bouwplaats zelf.

Het (in)meten van een bouwplaats of gebouw gebeurt op een eenvoudige manier, met meetlinten of met speciale lasergestuurde meetinstrumenten. De basis voor het inmeten van een situatie is vastgelegd in het bestemmingsplan, waar met behulp van 'rooilijnen' precies is aangegeven waar gebouwd mag worden. De eerste maten die uitgezet worden voor een gebouw zijn erg belangrijk. Een afwijking van een paar centimeter op de begane grond kan een afwijking van decimeters betekenen bij een groot gebouw. De erfgrans wordt door de gemeente met een piketpaal gemarkeerd.

Bij het ontwerp wordt de maatvoering van een gebouw bepaald. Vaak gebeurt dit aan de hand van de toe te passen bouwmaterialen, zoals bakstenen, betonelementen en systeemplafonds. De maten van deze bouwmaterialen worden vervolgens omgezet in stramienmaten, die weer gebruikt worden voor de ontwerptekeningen van een gebouw. Kantoorgebouwen worden vaak ontworpen op een stramien van 60 centimeter, wat is afgeleid van de standaardmaten van systeemplafonds.

### **Metten en maatvoering**

#### *Definitie*

Metten en maatvoering zijn de handelingen waarmee je de lengte, breedte en hoogte van een voorwerp of ruimte bepaalt.

#### *Doel*

Door te meten en door een juiste maatvoering wordt het mogelijk om alle bouwelementen aan elkaar passend te krijgen en op de juiste plaats. Door een goede maatvoering wordt geborgd dat bouwelementen voldoende ruimte hebben om te bewegen door krimp of uitzetting.

#### *Uitvoering*

Bij het inmeten en het opgeven van maten is het belangrijk om rekening te houden met stelruimte en altijd controlemetingen uit te voeren.

Voor het ontwerp van het huis in Eindhoven zijn eerst globale maten bepaald op basis van de gewenste ruimten, de situatie en het ontwerp. Bij de verdere uitwerking is de maatvoering van het huis bepaald aan de hand van de bakstenen die door de architect zijn uitgezocht. Zo zijn de hoogtes van het huis en de kozijnen bepaald aan de hand van de lagenmaat van het metselwerk. De lagenmaat van metselwerk is de dikte van de steen plus de dikte van een langsvog.

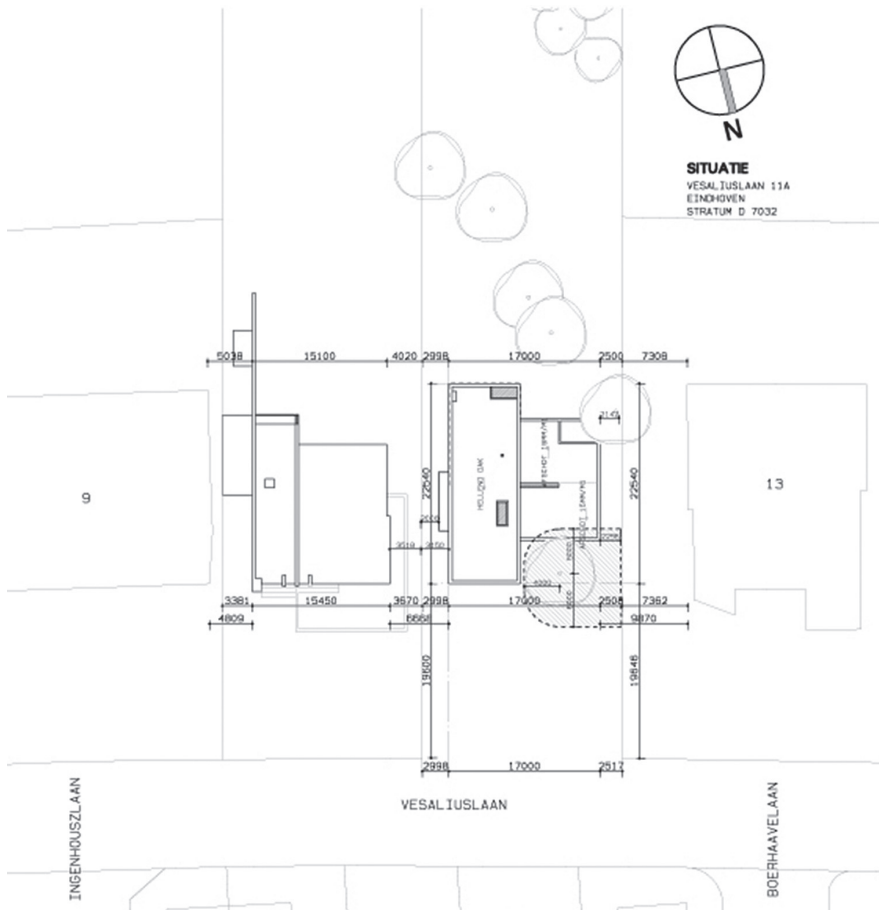
Bakstenen hebben een redelijk vaste maat, maar de maat van kozijnen is vrij om te bepalen. De maatverschillen in de bakstenen worden opgevangen door de dikte van de voegen aan te passen. Bij de bouw moet dus ook de totaalmaat steeds in de gaten worden gehouden. Bij het gebruik van metselwerk is het altijd noodzakelijk om de lagenmaat te gebruiken in de maatvoering. Het nadeel is dat bij een wijziging van de te gebruiken bakstenen alle maatvoeringen moeten worden aangepast.

## **1.2 Ontwerpopgave: situatietekening vrije kavels**

Onder de situatie verstaan we het terrein van de bouwplaats en wat daar direct omheen ligt. Het gaat daarbij niet alleen om de afmetingen van het terrein, maar ook om de ligging van wegen, de plaats van bomen en andere gebouwen, eventueel aanwezige sloten of waterpartijen en niet te vergeten de hoogteverschillen in het terrein. Op een situatietekening staan deze zaken allemaal ingetekend. Bovendien staat op een situatietekening altijd een noordpijl, zodat duidelijk is hoe de oriëntatie is ten opzichte van de zon. In figuur 1.5 zie je de situatietekening van het woonhuis in Eindhoven.

Niet direct zichtbaar, maar wel belangrijk voor het bouwen en graven, zijn de leidingen die door een terrein lopen. De informatie over alle leidingen is op te vragen via een zogeheten 'klikmelding'. Deze klikmelding is overigens verplicht bij alle graafwerkzaamheden.

FIGUUR 1.5 Situatietekening van het woonhuis uit Eindhoven



Voor het maken van een situatietekening kan het handig zijn om de volgende, landelijk beschikbare informatie te gebruiken:

- kadastrale tekeningen, waarin alle bouwkvelds staan aangegeven
- de grootschalige basiskaart Nederland, afgekort de GBKN genoemd.

Op de GBKN staat heel Nederland ingetekend. Via de site van GBKN kan digitaal een gedeelte van deze kaart worden opgevraagd.

### **Situatietekening**

#### *Definitie*

De situatietekening van een gebouw bepaalt een aantal zaken die belangrijk zijn voor het verdere ontwerp, zoals de ligging ten opzichte van de zon, het peil van de grond en het omliggende wegenstelsel, eventueel aanwezig water en de omringende bebouwing.

#### *Doel*

De situatietekening bevat alle informatie die de ontwerpers en de bouwers nodig hebben om het gebouw te kunnen realiseren op de betreffende locatie.

*Uitvoering*

Om er zeker van te zijn dat alle maten en gegevens kloppen, is het noodzakelijk om algemeen beschikbare informatie te raadplegen, zoals het kadaster en de GBKN.

1

Het terrein waarop dit huis ligt, ligt aan de rand van Eindhoven. Aan de achterzijde is er vrij uitzicht op groen en de tuin ligt op het zuiden, wat redelijk ideaal is. Het huis schermt de tuin af van de straat. Het kavel is vrij groot, maar ook redelijk smal. Bovendien staat er een prachtige boom midden op de bouwvlek en die wilden de opdrachtgevers behouden. Het ontwerp is daarom zo gemaakt dat de boom kon blijven staan. Het huis bestaat uit twee volumes die haaks op elkaar staan en rond de boom zijn gesitueerd.

Verder bleek de boom in een verlaagd gedeelte van het terrein te staan. Omdat op wens van de opdrachtgevers de hoogte van de begane grondvloer ongeveer gelijk ligt met het niveau van de straat, is er een speciaal houten dek ontworpen om de tussengelegen ruimte te overbruggen. Het dek is zo ontworpen dat er voldoende regenwater bij de boomwortels komt. In afbeelding 1.6 zie je het houten dek in aanbouw.

**AFBEELDING 1.6** Houten dek rond boom



### **1.3** Bouwfysica: vocht en warmtetransmissie

Bij het ontwerp en de bouw van een woonhuis is het van belang rekening te houden met verschillende zaken. In de vorige paragrafen hebben we gekeken naar externe factoren als regelgeving en de plek waar je gaat bouwen (situatie). De volgende stap betreft externe factoren, zoals ons klimaat. In deze paragraaf kijken we specifiek naar vocht- en warmtetransmissie.

#### **Vocht**

Vocht kan in verschillende vormen schadelijk zijn voor gebouwen en de mensen die daarin wonen of werken. Vocht is vooral schadelijk als het zich

kan ophopen en niet meer verdampt of wegtrekt. Er kan schimmel ontstaan, maar ook roest en houtrot bij langdurige blootstelling aan vocht. Vocht kan op drie manieren in een gebouw komen:

- 1 door neerslag in de vorm van regen, hagel en sneeuw
- 2 als optrekkend vocht uit de bodem bij een hoge grondwaterstand
- 3 door waterdamp die aan de binnenkant van een gebouw of woning wordt geproduceerd, bijvoorbeeld door uitademing van mensen, koken, douchen en het drogen van de was.

#### *Ad 1 Vocht door neerslag*

Problemen met vocht door neerslag kunnen voorkomen worden door het toepassen van waterdichte materialen en goede detaillering. Daarbij moet je er rekening mee houden dat neerslag niet altijd recht van boven komt. Vooral in Nederland valt de regen onder een hoek naar beneden. Bij een sneeuwstorm kan stuifsnegew zelfs horizontaal een constructie binnendringen.

#### *Ad 2 Optrekkend vocht*

Optrekkend vocht kan voorkomen worden door een waterdichte vloer of kelder te maken. Als er gebouwd wordt op zandgrond, is er meestal geen probleem. In natte gebieden waar de grondwaterstand hoog is, kan optrekkend vocht wel een probleem zijn, vooral als het grondwater permanent tegen de fundering of de kelderwand aan staat. Er moeten dan speciale maatregelen getroffen worden om te zorgen dat het vocht niet in de bouwconstructie dringt.

#### *Ad 3 Vocht van binnen*

Vocht dat binnenshuis wordt geproduceerd, wordt grotendeels naar buiten afgevoerd door ventilatie. Daarnaast kan er, afhankelijk van de gevelopbouw, vochttransport van binnen naar buiten plaatsvinden door de buitenmuren. In paragraaf 2.3 wordt hierop nader ingegaan.

### **De belangrijkste feiten over vocht**

Nederland is niet een bepaald droog land. Het telt gemiddeld 239 dagen met neerslag, in de vorm van regen, sneeuw en hagel. In totaal valt er gemiddeld per jaar zo'n 765 millimeter neerslag, waarvan het meeste in de zomer.

Nederland heeft een daggemiddelde jaartemperatuur van 9,3 °C, met een maximum van 17 °C in juli en een minimum van 1,7 °C in januari. De RV (relatieve vochtigheid) is gemiddeld 85%, met een maximum van 94% in december en een minimum van 75% in juni. De waterdampconcentratie is gemiddeld 7,9 g/m<sup>3</sup>; deze is het hoogst in augustus (11,7 g/m<sup>3</sup>) en het laagst in januari en februari (5,0 g/m<sup>3</sup>). De gemiddelde dampspanning is 1034 hPa. Het maximum is 1570 hPa in de maand augustus en het minimum is 640 hPa, in de maand januari.

De behaaglijkheid van het binnenklimaat van een gebouw is afhankelijk van veel variabelen:

- de luchttemperatuur
- de stralingstemperatuur
- de luchtvochtigheid
- de luchtbeweging (tocht)
- de uit te voeren activiteiten
- de gedragen kleding
- gebruik van de ruimte en de processen die daar plaatsvinden.

## Vocht

### Definitie

Met vocht wordt elke vorm van water bedoeld die zich ergens in een constructie of gebouw heeft verzameld door condensatie of indringing. Vocht verplaatst zich door natuurkundige processen van een constructie en veroorzaakt schade aan materialen.

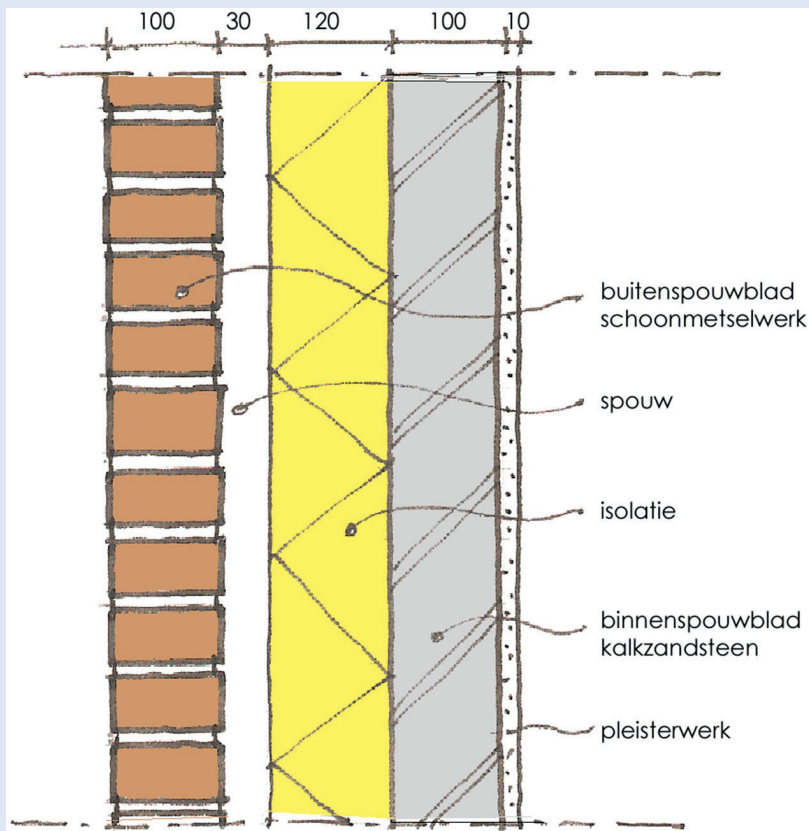
### Doel

Ons klimaat wordt gekenmerkt door grote temperatuurverschillen in combinatie met een hoge vochtigheidsgraad. De detaillering van bouwwerken in Nederland is op allerlei manieren gericht op het voorkomen van het indringen van vocht. Daarnaast wordt ervoor gezorgd dat het ingedrongen vocht weer uit de constructies weggaat.

### Uitvoering

Vocht dat zich in een te hoge concentratie in een constructie ophoopt, kan leiden tot vocht- en schimmelplekken. Daarom worden gebouwdelen altijd zo gemaakt dat water wegloopt door bijvoorbeeld goten of regenpijpen. Geveldelen worden zo gedetailleerd dat het water niet blijft staan in de naden en kieren van kozijnen. Om vocht te weren dat in dampvorm in de muren dringt, wordt gebruikgemaakt van dampremmende folies.

FIGUUR 1.7 Doorsnede van een spouwmuur





Wat betreft vocht valt er niet veel specifiek te vertellen over het huis. Eindhoven ligt op zandgrond en ook het huis van deze casus is op zand gebouwd. Optrekkend vocht is hier dus niet aan de orde. Verder is alles zo ontworpen en gebouwd dat het voor regen geheel waterdicht is. Het aan de binnenzijde

geproduceerde vocht wordt door middel van een mechanische ventilatie afgezogen. Waar vocht eventueel door de spouwmuren naar buiten gaat, condenseert het in de winter in de spouw, waaruit het door goede spouwventilatie in de zomer weer verdampt. In figuur 1.7 zie je een doorsnede van zo'n spouwmuur.

### Warmtetransmissie

Overall waar verschil is in temperatuur, wordt warmte uitgewisseld. Als het binnen warm is en buiten koud, dan zal zolang er verder niets verandert de binnentemperatuur uiteindelijk gelijk worden aan de buitentemperatuur. Simpel gezegd gaat de warmte van binnen naar buiten. Dit verschijnsel noemen we warmtetransmissie. Naarmate muren of daken beter geïsoleerd worden, gaat deze transmissie langzamer en zal het langer duren voor de temperatuur binnen gelijk is aan de temperatuur buiten.

De mate van warmtetransmissie door een bepaald materiaal noemen we de thermische geleidbaarheid ofwel de  $\lambda$ -waarde. Deze wordt uitgedrukt in Watt per meter per graad Kelvin ofwel W/m.K.

De isolatiewaarde van een materiaal, wand of dak noemen we ook wel de warmteweerstand of Rc-waarde. Deze Rc-waarde wordt uitgedrukt in  $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ . We kunnen de Rc-waarde van een materiaal bepalen door de dikte

#### Warmtetransmissie

##### Definitie

Warmte is een vorm van energie. Warmtetransmissie is het verschijnsel dat door verschil in temperatuur en luchtdruk de warmte door een constructie wordt opgenomen en weer wordt afgegeven. De warmte verplaatst zich altijd van de warmste naar de koudste zijde van een constructie(deel).

##### Doel

Men berekent de warmtetransmissie van een gebouw of gebouwonderdeel om te bepalen hoeveel warmte er door de omhulling naar buiten gaat en hoeveel warmte er nodig is om de binnentemperatuur op peil te houden. Het spreekt voor zich dat bij duurzame gebouwen de warmtetransmissie zo laag mogelijk behoort te zijn.

##### Uitvoering

Bij een warmtetransmissieberekening wordt bepaald hoeveel warmte een gebouw 'kwijtraakt' door koudebruggen, glasoppervlak, lekkages en dergelijke. Dergelijke berekeningen zijn belangrijk als startpunt om te bepalen hoeveel warmte er nodig is om een gebouw op temperatuur te brengen en te houden.

Om de warmtetransmissie te berekenen moet je de materiaaleigenschappen van een constructie weten en de wijze waarop de materialen ten opzichte van elkaar zijn opgebouwd. De warmtetransmissie wordt uitgedrukt in Joule/seconde of in Watt. Dit zijn rekeenheden voor het berekenen van energie. De warmte-isolatie wordt weergegeven door de Rc-waarde en uitgedrukt in  $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ .

Om de totale isolatiewaarde of Rc-waarde van de gevel van het huis in Eindhoven te kunnen bepalen moeten we weten:

- welke materialen worden toegepast en welke  $\lambda$ -waarde deze materialen hebben
- welke dikte deze materialen hebben.

De opbouw van de gevel van buiten naar binnen is als volgt:

100 mm metselwerk,  $\lambda = 1,16$  W/m.K

30 mm spouwruimte

120 mm steenwolisolatie,

$\lambda = 0,037$  W/m.K

100 mm kalkzandsteen,  $\lambda = 0,93$  W/m.K

ca. 10 mm pleisterwerk,  $\lambda = 0,70$  W/m.K

Naast de isolatiewaarde van de materialen mogen we ook een Rc-waarde van de spouw meetellen. Deze is ongeveer  $0,17$  m<sup>2</sup>.K/W. De totale isolatiewaarde van deze gevel is:

$$R_{\text{tot}} = \frac{0,1}{1,16} + 0,17 + \frac{0,12}{0,037} + \frac{0,1}{0,93} +$$

$$\frac{0,01}{0,70} = 0,09 + 0,17 + 3,24 + 0,11 +$$

$$0,01 = 3,62 \text{ m}^2\text{.K/W.}$$

Deze berekening laat zien dat de gevel voldoet aan de eis in het Bouwbesluit ten tijde van de bouw van dit huis. Die eis was namelijk een minimale Rc-waarde van  $3,5$  m<sup>2</sup>.K/W. De berekening laat verder zien dat deze isolatiewaarde voor het grootste deel wordt bereikt door het aanbrengen van een isolatielaag van 120 mm dikte. De andere materialen spelen eigenlijk geen rol van betekenis.

Soms wordt in plaats van over de Rc-waarde gesproken over de U-waarde ofwel de warmtedoorgangscoefficiënt. Deze U-waarde is het omgekeerde van de Rc-waarde en wordt dus uitgedrukt in W/m<sup>2</sup>.K. Vooral bij glas wordt de U-waarde gebruikt.

van het materiaal te delen door de  $\lambda$ -waarde. De totale isolatiewaarde van een wand of dak bepalen we door alle Rc-waarden van de verschillende lagen die in een wand of dak voorkomen bij elkaar op te tellen. Voor de casus is een rekenvoorbeeld opgenomen.

## 1.4 Installaties woonhuis

Het vocht en de warmtetransmissie hebben effect op hoe je gaat bouwen. Daarnaast is het van belang al voor de bouw te weten welke installaties in het woonhuis komen. Deze worden meestal al tijdens de bouw geïnstalleerd. In deze paragraaf bespreken we verschillende opties: een cv-installatie, een zogeheten warmteterugwin-installatie, aardgas als brandstof, water en riolering.

### Cv-installatie

Er zijn veel verschillende manieren om een huis te verwarmen. De gebruikelijkste methode in Nederland is een systeem waarbij water wordt verwarmd in een verwarmingsketel. Door middel van een pomp wordt het warme water via buizen getransporteerd naar radiatoren, die de warmte weer afgeven aan de omliggende ruimte. Een dergelijk systeem noemen we een 'centrale verwarming' of cv-installatie.

Meestal wordt een gasgestookte verwarmingsketel gebruikt. Zo'n ketel is compact en heeft een goed regelbare en schone verbranding. Er bestaan ook verwarmingsketels die op aardolie branden of op hout. Het rendement van de gasgestookte cv-ketels is in de loop der jaren sterk verbeterd. De cv-ketels die tegenwoordig worden verkocht, zijn hoogrendementsketels, afgekort HR-ketels. Deze ketels worden niet alleen gebruikt voor het opwar-

men van het water voor de verwarming, maar ook voor het verwarmen van tapwater. Omdat deze ketel twee functies combineert, spreken we wel van combiketels. Bij de huidige combiketels wordt soms een klein voorraadvat ingebouwd. Als we een klein beetje warm water nodig hebben, is dat meteen beschikbaar en hoeft niet eerst de ketel op te starten. Ook dit bespaart energie. Het is bovendien beter voor de levensduur van de ketel.

De leidingen van cv-installaties kunnen zowel van staal als van kunststof zijn. Stalen leidingen worden gelast of met knelfittingen met elkaar verbonden, maar zijn star en kunnen moeilijk worden weggewerkt in vloeren en wanden. Kunststof leidingen zijn flexibel en kunnen wel worden ingebouwd in vloeren en wanden. Om deze reden worden kunststof leidingen tegenwoordig steeds meer gebruikt.

De warmte van een cv-installatie wordt afgegeven door radiatoren, convectoren en wand- en vloerverwarmingen. In hoofdstuk 4 zullen we hierop nader ingaan.

### **Cv-installatie**

#### *Definitie*

De cv- (centrale verwarmings-) installatie is een ketel waar warmte wordt opgewekt in combinatie met het drukvat, een buizenstelsel en de bijbehorende radiatoren, convectoren of vloerverwarming.

#### *Doel*

De centrale verwarming verwarmt alle verblijfsruimtes tot een behaaglijke temperatuur.

#### *Uitvoering*

Het systeem werkt op basis van warm water. Het water wordt verwarmd in de ketel en verplaatst zich door leidingen naar de radiatoren. Het drukvat zorgt dat het water ook naar de hogere verdiepingen wordt gevoerd. Het warme water wordt getransporteerd door middel van een pomp.

In het huis in Eindhoven is een moderne cv-installatie toegepast. De cv-ketel is een 'hoogrendementsketel', ook wel HR-ketel genoemd. Deze ketel verwarmt niet alleen het water voor de verwarming, maar ook het warme tapwater. Bovendien heeft deze ketel een klein voorraadvat met warm water. Hierdoor hoeft de ketel niet steeds te gaan

branden als bijvoorbeeld in de keuken een kleine hoeveelheid tapwater gevraagd wordt.

In de woonkamer en de badkamer is vloerverwarming aangebracht. Beide ruimten hebben een tegelvloer, wat een goede combinatie is. In alle andere ruimten zijn radiatoren toegepast.

### **WTW-installatie**

Om te zorgen dat er voldoende zuurstof in huis is en om te voorkomen dat huizen vochtig worden aan de binnenkant, is het noodzakelijk om goed te ventileren. Mensen hebben zuurstof nodig om te leven en ademen zowel CO<sub>2</sub> als vocht uit. Ook bij het koken en het drogen van kleding komt veel vocht

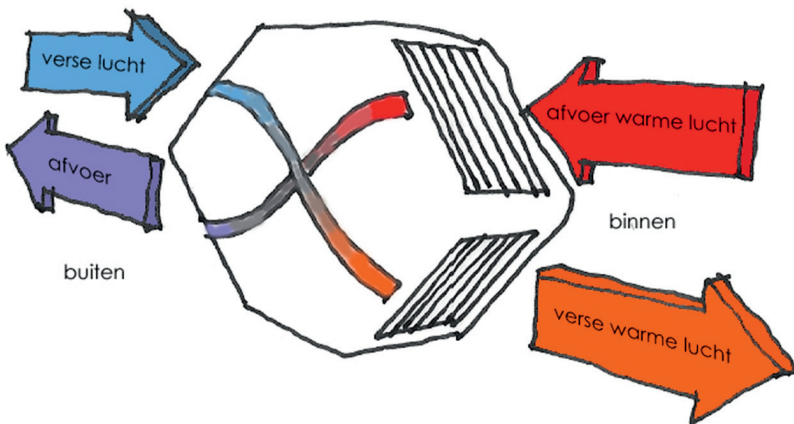
vrij. Zowel voor onze eigen gezondheid als voor het behoud van de huizen waarin we leven, is het van belang om te zorgen dat het niet te vochtig wordt in huis.

Om die reden is het verplicht om in ieder huis voldoende te ventileren. In het Bouwbesluit staat aangegeven hoeveel liter lucht per seconde geventileerd moet worden. Standaard moet er lucht worden afgezogen in de badkamer, de toiletruimten en de keuken. Als er een aparte ruimte is waar de was gedaan wordt, moet ook daar de lucht worden afgezogen.

Als ergens lucht wordt afgezogen, moet er ook lucht worden toegevoerd. Dat kan door ramen en door ventilatieroosters. In de winter komt er dan veel koude lucht binnen, wat niet altijd comfortabel is en ook niet bevorderlijk is voor het energiegebruik. Via een 'warmteterugwin-installatie' – ook wel WTW-installatie genoemd – wordt de koude buitenlucht voorverwarmd door de warme lucht die wordt afgezogen. Zie voor een schets van de werking van een dergelijke installatie figuur 1.8.

Het verwarmen van de koude buitenlucht door warme lucht gebeurt in een warmtewisselaar. Daarbij stroomt de warme lucht in dunne kanaaltjes langs de koude buitenlucht. Vervolgens wordt de voorverwarmde verse lucht ingeblazen in de ruimten waar mensen meestal langere tijd verblijven, zoals de woonkamer en de slaapkamers. Om dit mogelijk te maken moet er een stelsel van kanalen gemaakt worden die in wanden en plafonds worden weggewerkt. Verder moet de lucht door het huis kunnen stromen van de woon- en slaapkamers naar de keuken, de badkamer en het toilet.

**FIGUUR 1.8** Het principe van een WTW-installatie



Om ervoor te zorgen dat de verse buitenlucht niet vervuild raakt door schadelijke stoffen die zich ophopen in de kanalen, is het belangrijk dat een dergelijk ventilatiesysteem goed schoongemaakt kan worden. Bij de aanleg van het ventilatiesysteem moet daarmee al rekening gehouden worden.

Nast systemen waarbij lucht door lucht wordt verwarmd, bestaan er ook systemen waarbij de afgezogen ventilatielucht gebruikt wordt om water te verwarmen, en systemen waarbij het afgevoerde douchewater wordt gebruikt om het aangevoerde douchewater te verwarmen.

### **WTW-installatie**

#### *Definitie*

WTW (warmteterugwinning) is een algemeen principe waarbij de warmte van afgevoerde lucht of afgevoerd water (of eventueel een ander medium) wordt overgedragen aan verse, nog niet opgewarmde lucht of nog niet opgewarmd water.

#### *Doel*

Het zo efficiënt mogelijk omgaan met energie door (her)gebruik van restwarmte. WTW kan zowel gebruikt worden voor het medium water als voor lucht.

#### *Uitvoering*

WTW-installaties waarbij koude buitenlucht wordt voorverwarmd door warme binnenlucht bestaan uit een warmtewisselaar, een centrale mechanische ventilator en leidingsystemen voor zowel de aanvoer van de verse buitenlucht als de afvoer van de binnenlucht. Bij het ontwerpen en uitvoeren van een dergelijk systeem moet ervoor gezorgd worden dat het goed te onderhouden is.

In het huis in Eindhoven is voor de ventilatie een hybride systeem toegepast, ofwel een combinatie van twee systemen. In dit huis wordt de lucht afgezogen in de keuken, de badkamer en het toilet. De WTW-installatie verwarmt de lucht die in de woonkamer wordt ingeblazen.

Dit systeem is echter niet gebruikt in de slaapkamers. Daar wordt verse buitenlucht

aangevoerd door ventilatieroosters of ramen die geopend worden. Veel mensen vinden het plezierig om als ze slapen frisse buitenlucht in te ademen en vinden het niet erg dat deze lucht soms koud is. In goed geïsoleerde huizen worden slaapkamers meestal niet verwarmd. Er gaat dan ook weinig energie verloren.

### **Aardgas**

Tot de komst van aardgas waren aardolie en steenkool de belangrijkste brandstoffen voor het verwarmen van huizen. Na de ontdekking van grote hoeveelheden aardgas in de buurt van de Groningse plaats Slochteren is in Nederland een groot stelsel van gasleidingen aangelegd waarop de meeste huizen in Nederland zijn aangesloten. Het aardgas wordt gebruikt als brandstof voor cv-installaties en om op te koken.

Aardgas bestaat voor het grootste gedeelte uit methaan; bij de verbranding daarvan komen hoofdzakelijk CO<sub>2</sub> en water vrij. Daarmee is aardgas een stuk minder vervuilend dan bijvoorbeeld aardolie en steenkool. Maar ondanks de relatief schone verbranding komt er wel CO<sub>2</sub> vrij. De grote hoeveelheden CO<sub>2</sub> die wij als mensen produceren, zorgen ervoor dat de aarde opwarmt, wat gevolgen heeft voor het klimaat en mogelijk grote problemen kan veroorzaken. Bovendien is het einde van de aardgasvoorraad in zicht. We kunnen er dus niet van uitgaan dat we aardgas als brandstof voor koken en voor het verwarmen van huizen eindelijk kunnen blijven gebruiken. Gelukkig zijn er steeds meer goede oplossingen en alternatieven, die verderop in het boek worden behandeld.

## Aardgas

### *Definitie*

Aardgas is een natuurlijke energiebron die gebruikt wordt voor het laten functioneren van verbrandingstoestellen.

### *Doel*

Het laten functioneren in een gebouw van gasbranders in kooktoestellen en verwarmingsketels.

### *Uitvoering*

Gas is een vluchtig en zeer brandbaar materiaal. In Nederland en in Europa wordt (aard)gas gewonnen en via een leidingstelsel naar gebouwen gevoerd. Wanneer de leidingen lekken, kan er ontploffingsgevaar ontstaan en daarnaast kunnen mensen stikken door een hoge concentratie van (aard)gas. De leidingen hebben een herkenbare gele kleur en kunnen in metaal, maar ook in kunststof worden uitgevoerd.

Het verbruik wordt via individuele meters gemeten en doorberekend aan de gebruiker. Het leidingstelsel en de meters zijn eigendom van een energiemaatschappij die verantwoordelijk is voor een veilig netwerk en voldoende beschikbare voorraad om aan de vraag te voldoen. Aanleg en aansluiting dienen door gekwalificeerde bedrijven te worden uitgevoerd.

Ook dit huis is aangesloten op het aardgasnet. Zowel voor de cv-ketel als voor het fornuis wordt gebruikgemaakt van aardgas. De gasleiding is van buitenaf door een zogeheten mantelbuis ingevoerd in de woning en komt uit in de meterkast, waar ook de gasmeter is aangebracht. Vanaf de meterkast zijn vervolgens twee leidingen gemaakt, één naar de cv-ketel en één naar het fornuis in de keuken.

De mantelbuis is een lege buis die door de aannemer is aangebracht en onder in de meterkast uitkomt. Na het storten van de fundering en de beganegrondvloer was het op die manier mogelijk om de gasleiding van buitenaf aan te laten brengen door iemand van het netbeheer.

## Water en riolering

Water is een belangrijk element in ons leven. We drinken het, we koken ermee, we gebruiken het bij het douchen en tandenpoetsen, we wassen onze kleren ermee, geven de planten water, maken het huis schoon met water en spoelen het toilet ermee door. Daarnaast valt water in de vorm van regen regelmatig op ons dak en moeten we ervoor zorgen dat het niet naar binnen komt en dat het wordt afgevoerd.

Schoon drinkwater komt via het waterleidingnet ons huis binnen, via een watermeter in de meterkast. Daarna wordt het verspreid door het huis via koperen of kunststof leidingen. Koperen leidingen worden met elkaar verbonden door ze te solderen of door middel van knelkoppelingen. Overal waar water naartoe wordt gebracht, moet het ook weer worden afgevoerd. Dat gebeurt door middel van een riolering. Rioleringen worden over het algemeen van kunststof gemaakt. Het is heel belangrijk dat zowel

waterleidingen als rioleringen waterdicht zijn, maar het aanleggen van waterleidingen en rioleringen is relatief eenvoudig. Wel is het belangrijk om ervoor te zorgen dat er door het stromen van water door de leidingen geen geluidsoverlast veroorzaakt wordt. Dit is een specialisme en is de verantwoordelijkheid van de installatietechnische adviseur.

## **Water**

### *Definitie*

Water is van levensbelang. Wij hebben het nodig als eerste levensbehoefte; daarnaast wordt het gebruikt als drager voor energie en voor de afvoer van reststoffen die wij produceren in onze huishoudens.

### *Doel*

Consumptie, hygiënedoeleinden, transport van warmte in het verwarmingsnet en de afvoer van afvalstoffen via de riolering.

### *Uitvoering*

Water verplaatst zich niet uit zichzelf; om water uit de kraan te laten stromen dient er druk op het leidingstelsel te staan. Om water af te voeren dient de leiding onder een helling te liggen (afschot) of te worden weggepompt. Aanvoerleidingen van water hebben een kleine diameter, zodat de druk gemakkelijker hoog is te houden. Afvoerleidingen van water zijn meestal groter, om de doorstroom te bevorderen. Een vuistregel is dat het minimale verval of afschot van een afvoerbuis 1 cm op 1 meter bedraagt.

Ook voor het invoeren van de waterleiding is van tevoren een mantelbuis aangebracht, die is ingestort in de fundering en de beganegrondvloer. Voor het aanbrengen van de riolering was geen mantelbuis nodig. De rioleringsleidingen van het huis zijn voor het aanbrengen van de beganegrondvloer aangebracht. Het was belangrijk om goed uit te meten waar deze moesten komen, omdat dit na het storten van de begane vloer slechts met veel moeite kan worden aangepast.

Zoals in veel gemeenten moest ook in Eindhoven een gescheiden rioleringssysteem worden aangebracht. Bij een gescheiden systeem wordt er verschil gemaakt tussen 'vuilwater' en 'grijswater'. Vuilwater is water dat afkomstig is uit de keuken en de toiletten. Ook douchewater is vaak vervuild met zeepresten die niet in de natuur geloosd mogen worden. Dit vuile water wordt via een

hoofdruiol afgevoerd naar rioolzuiveringsinstallaties.

Grijswater bestaat hoofdzakelijk uit regenwater dat opgevangen wordt door het dak. Regenwater wordt in de bouw overigens hemelwater genoemd. Via dakgoten en hemelwaterafvoeren wordt het afgevoerd. Omdat veel rioleringen van dorpen en steden de grote hoeveelheden water bij hevige regenbuien niet meer aankunnen, kiezen veel gemeenten voor een gescheiden afvoer van vuil- en grijswater. Het grijze water komt dan niet in het hoofdruiol, maar wordt geloosd op het oppervlaktewater in de buurt van de bebouwing.

Het kan ook zijn dat het water op het eigen terrein geïnfiltreerd moet worden in de grond. Dat was ook het geval bij dit project. De infiltratie vindt voornamelijk plaats rond de boom die voor het huis staat en waar het verhoogde dek omheen gebouwd is.

## 1.5 Bouwmethodiek: de traditionele bouwmethode

Nu we hebben gekeken naar allerlei (externe) factoren die aan de orde komen bij de voorbereiding, het ontwerp en de bouw van een huis, gaan we kijken naar de bouwmethode. Een huis kan op verschillende manieren worden gebouwd. In dit hoofdstuk bekijken we een zogeheten traditioneel gebouwd huis. Zoals we eerder aangaven betekent dat niet dat het huis er traditioneel uitziet, maar dat het op een traditionele manier is gebouwd. In deze paragraaf gaan we verder in op deze traditionele bouwmethode. Daarbij worden termen als casco, stapelbouw, spouwmuren en fundering op staal nader uitgelegd.

### Casco

Het casco van een huis of een gebouw is het dragende frame waar alle overige bouwkundige en installatietechnische elementen aan vastgemaakt of in verwerkt worden. Meestal wordt het casco aan het zicht onttrokken door de gevelwerkingen aan de buitenzijde en de binnenafwerking. Het lijkt niet logisch, maar een huis met een houten casco kan best een metselwerkgevel hebben. Zie voor een voorbeeld van het casco van een woonhuis in aanbouw afbeelding 1.9. Ondanks het feit dat een casco meestal niet zichtbaar is, kan de keuze toch heel bepalend zijn voor de bouwtijd, de kwaliteit, de kosten, de levensduur en de duurzaamheid van een gebouw. Traditionele casco's worden vaak handmatig op de bouw gemaakt. Dat kost veel tijd en is daardoor ook vaak duurder dan geprefabriceerde casco's die in een fabriek gemaakt worden. Een betonnen casco is heel degelijk, maar kan moeilijk aangepast worden als na verloop van jaren de functionele eisen veranderen. Het wordt steeds belangrijker dat materialen hergebruikt kunnen worden, maar dat is lang niet bij alle cascomaterialen het geval.

Casco's kunnen worden ingedeeld in materiaalgroepen en onderverdeeld naar het fabricageproces (geprefabriceerd of op de bouwplaats). Veel voorkomende casco's zijn:

- traditionele stapelbouw
- betonnen gietbouwmethode
- betonnen prefab
- houtskeletbouw
- massiefhoutbouw
- staalskeletbouw.

AFBEELDING 1.9 Bouw van het casco





**Casco***Definitie*

Het casco van een gebouw omvat alle verticale en horizontale bouwkundige delen met een constructieve dragende functie boven het maaiveld.

*Doel*

Het overbrengen van alle krachten die op een bouwwerk terechtkomen naar de fundering op een zodanige wijze dat gebruik en verblijf van het gebouw veilig zijn voor de functie waarvoor het is gerealiseerd.

*Uitvoering*

Een casco kan uit steenachtige, stalen of houtachtige materialen opgebouwd zijn, mits deze voldoende druk en trek kunnen opnemen zonder te bezwijken. Het casco kan opgebouwd zijn uit dragende wanden en vloeren, uit kolommen in de gevel en in de vloervelden en vloeren, of uit een combinatie daarvan. De oplegging van de vloeren is afhankelijk van het type vloer. Een oplegging kan tweezijdig of vierzijdig zijn, maar is altijd symmetrisch, omdat anders onbeheersbare vervorming in de constructie ontstaat.

**Stapelbouw**

Het woord stapelbouw geeft aardig weer wat de aard is van deze bouwmethode. Stenen worden op elkaar gestapeld tot muren en op deze muren worden vervolgens vloeren en daken gelegd. Bij het stapelen van stenen wordt er uiteraard wel voor gezorgd dat de stenen met elkaar verbonden worden door specie of lijm. Bij het gebruik van specie spreken we over metselwerk en bij het gebruik van lijm over lijmwerk. Vloeren en daken worden aan het metselwerk of lijmwerk verbonden door ankers die in de muren worden aangebracht.

Bij metsel- of lijmwerk kunnen verschillende soorten stenen gebruikt worden, die ook verschillende afmetingen hebben. Belangrijke steensoorten zijn bakstenen, betonstenen en kalkzandstenen. Bakstenen zijn er alleen in kleine formaten, maar betonstenen en vooral kalkzandstenen zijn er in gewone steenformaten, maar ook in blokken en verdiepingshoge elementen.

Vloertypes die in de stapelbouw gebruikt worden, zijn over het algemeen van beton of soms van hout. De belangrijkste betonvloeren zijn kanaalplaatvloeren en breedplaatvloeren. Een kanaalplaatvloer is een betonnen vloer met holle kanalen. Door deze kanalen kan het gewicht lager zijn bij eenzelfde hoogte. De hoogte bepaalt mede de grootte van de overspanning. Breedplaatvloeren zijn opgebouwd uit een geprefabriceerde ondervloer met wapening, waarover na het aanbrengen op de bouwplaats een bovenlaag wordt gestort. Het voordeel van dit type vloeren is dat er op de bouwplaats leidingen in de vloer kunnen worden aangebracht, die na het storten van de bovenlaag niet meer zichtbaar zijn. Houten vloeren worden bijna alleen toegepast bij houten woningen.

## Stapelbouw

### *Definitie*

Bij stapelbouw worden de dragende muurdelen opgebouwd uit stenen of blokken, die met specie of lijmstoffen duurzaam met elkaar verbonden worden.

### *Doel*

Doordat de bouwelementen makkelijk hanteerbaar zijn, is stapelbouw geschikt voor kleinschalige bouwprojecten en voor bouwprojecten die moeilijk bereikbaar zijn, bijvoorbeeld in binnenstedelijke situaties.

### *Uitvoering*

Het materiaal waarvan de stenen of blokken zijn gemaakt, kan bestaan uit (gebakken) klei, (geperste) kalkzandsteen of (gegoten) betonsteen. Omdat de blokken zo klein zijn, is het mogelijk om de muurvlakken in een patroon uit te voeren. De naam voor een patroon is 'verband', naar de wijze waarop de stenen zijn geordend en in een patroon wisselend de korte kant ('kop') en lange kant ('strek') tonen. De patronen zijn ooit bedacht in een bepaalde streek en ontleen daaraan hun naam, of de naam is ontleend aan de manier waarop de stenen op elkaar zijn geplaatst. Voorbeelden zijn het 'Noors' verband en het halfsteens verband.

Het huis oogt modern, maar het is op traditionele wijze gebouwd volgens de stapelbouwmethode. Op een ter plaatse gestorte, betonnen beganegrondvloer zijn dragende wanden gemetseld van kalkzandsteen. De maat van de kalkzandstenen is zo gekozen dat deze overeenkomt met de lagenmaat van de gevelstenen. Dit maakte het totale metselwerk makkelijker uitvoerbaar. Voor de verdiepingsvloer is een breedplaatvloer gekozen. Het was daardoor makkelijk

om elektraleidingen in de vloer in te storten en ook verlichtingsarmaturen van de begane grond in de onderzijde van de eerste verdiepingsvloer te verwerken. (De vloer van de verdieping is immers het plafond van de begane grond.) Voor de dakvloer is gekozen voor kanaalplaten. De keuze is bepaald doordat kanaalplaatvloeren goedkoper zijn dan breedplaatvloeren. De verlichting op de bovenste verdieping is daarom op een andere manier opgelost.

## Spouwmuren

Spouwmuren zijn ontstaan in het begin van de vorige eeuw. Veel muren van woningen waren voor die tijd vochtig en van een slechte kwaliteit. Een spouwmuur bestaat in principe uit twee halfsteens muren met daartussen een geventileerde luchtspouw. De binnenste laag – het binnenspouwblad – is altijd de dragende muur. Vloeren die daarop liggen, komen niet in contact met de vochtige en koude buitenmuur. De buitenste laag – het buitenspouwblad – dient als regenwerende laag.

Vochtige binnenlucht gaat, indien daarvoor verder geen maatregelen getroffen worden, door het binnenspouwblad naar buiten toe. Als het koud is, condenseert hij in de spouw en blijft daar tot het vocht in de zomer weer verdampt en via de ventilatieopeningen naar buiten gaat. Als het veel regent en het buitenblad wordt vochtig, dan heeft dit geen gevolgen voor het

binnenblad. Het eventuele vocht dat in de spouw terecht komt, verdampt ook weer in de zomer.

Vanaf begin jaren tachtig van de vorige eeuw wordt bij nieuwbouwhuizen isolatie aangebracht in spouwmuren. Deze wordt altijd aangebracht tegen het binnenspouwblad. Hierdoor blijft deze dragende binnenmuur warm, evenals de vloeren die op deze muur liggen. Door de isolatie wordt het in de spouw kouder. Waterdamp die van binnen naar buiten gaat, zal in de winter mogelijk condenseren in het isolatiemateriaal en kan uiteindelijk vochtproblemen opleveren. Om die reden wordt tussen het isolatiemateriaal en het binnenspouwblad een dampremmende laag aangebracht. Deze zorgt ervoor dat er minder waterdamp door de spouwmuur naar buiten gaat.

### **Spouwmuur**

#### *Definitie*

Een spouwmuur is een muur die is opgebouwd uit verschillende vlakken die los van elkaar staan. De spouw is het gedeelte tussen het binnenblad en het buitenblad.

#### *Doel*

Een spouwmuur is ontstaan in landen met een vochtig klimaat en is bedoeld om te zorgen dat de aan een gevel grenzende wanden van een ruimte niet nat of vochtig worden. Naast de vochtwerende functie kan de spouwmuur ook bijdragen aan geluidwering en/of isolatie van de gevel.

#### *Uitvoering*

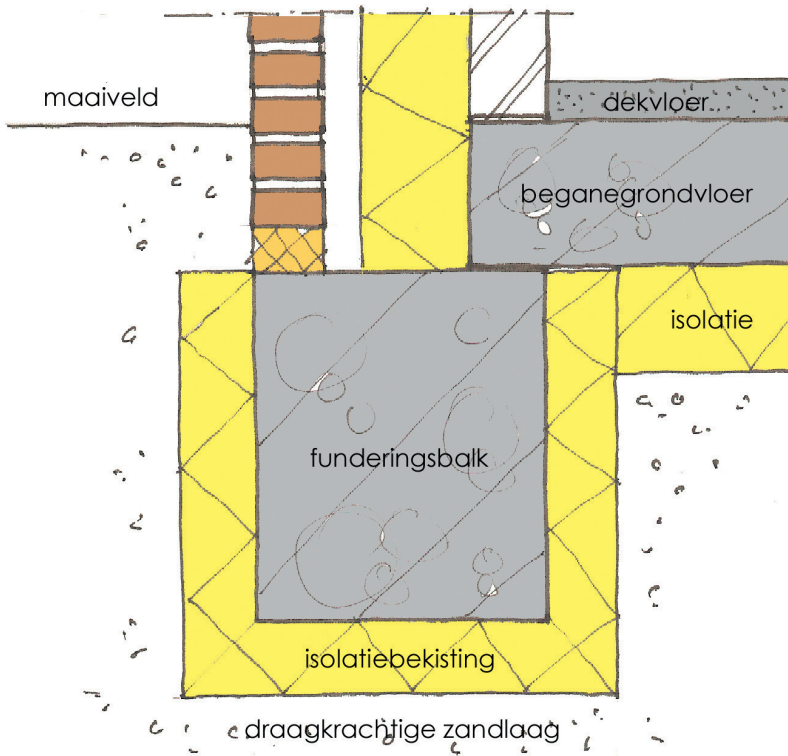
Een spouwmuur bestaat altijd uit een binnenblad en een buitenblad. De bladen zijn aan elkaar gekoppeld met zogenaamde spouwankers. Het is de bedoeling dat regenwater dat door het buitenblad in de spouw terecht komt naar beneden druipt en verdampt, of wegloopt door speciaal daarvoor gemaakte sparingen in de buitenwand. Omdat de spouw geventileerd is, zal door verdamping eventueel aanwezig vocht worden afgevoerd. De isolatiewaarde van de muur kan verhoogd worden door in de spouw een isolerende laag aan te brengen.

### **Fundering op staal**

Uiteindelijk rust het hele gewicht van een gebouw op een constructie die onder het maaiveld wordt aangelegd. Dit noemt men de funderingsconstructie. In de oudste bouwmethodieken werd de fundering van metselwerk gemaakt door stroken metselwerk te stapelen op een vlakke zandlaag in de grond.

In modernere versies wordt een sleuf gegraven en wordt beton in die sleuf gegoten. Dit type funderingen wordt fundering op staal genoemd. In figuur 1.10 zie je een detailschets van een dergelijke fundering.

FIGUUR 1.10 Detailschets van een fundering



### Fundering op staal

#### Definitie

Een fundering is dat deel van de constructie dat de in het gebouw optredende krachten overbrengt naar de dragende grondlagen waarop het bouwwerk rust. Een fundering op staal bestaat uit gemetselde of gestorte stroken die rechtstreeks op de draagkrachtige grond rusten.

#### Doel

Het 'dragen' van een gebouw.

#### Uitvoering

De benaming fundering op staal heeft niets te maken met het materiaal staal. De term is afkomstig van het Oudgermaanse woord 'stal' en het Oudfranse 'estal'. Deze woorden betekenen stand, vaste plaats of staan op, rusten op en zijn vergelijkbaar met 'opstal'. Staal betekent dus eigenlijk ondergrond, harde bodem. Vroeger werd de bodem bij aanvang van de bouw afgegraven tot het funderingsniveau en werd een deskundige geraadpleegd die een 'staal' (monster) van de grond beoordeelde en adviseerde of deze ondergrond geschikt was om op te bouwen.

## 1.6 Traditionele materialen

Bij een traditionele bouwmethode horen meestal traditionele bouwmaterialen. In deze paragraaf bespreken we metselwerk, dakpannen en pleisterwerk.

### Metselwerk

Metselwerk is de verzamelnaam voor alle vormen waarbij van te voren gevormde stenen op en tegen elkaar worden gezet. Meestal wordt daarvoor specie gebruikt, maar het kan ook met lijm. In dat laatste geval spreken we over lijmwerk.

Omdat we het in paragraaf 1.5 al hebben gehad over dragende binnenspouwbladen, zullen we het hier vooral hebben over de buitenspouwbladen, ofwel het gevelmetselwerk. Het gevelmetselwerk wordt bepaald door:

- 1 de keuze van de steen
- 2 de keuze van het metselverband
- 3 de keuze van de soort voeg.

#### *Ad 1 De steen*

Er zijn veel soorten gevelstenen, waaronder bakstenen en betonstenen. Bakstenen kunnen we weer onderverdelen in handvormstenen, vormbakstenen, strengpersstenen en geglaazuurde stenen. Bovendien kunnen deze stenen 'bezand' zijn, extra gebrand worden, voorzien worden van een bijzondere toplaag of worden gespleten. Ook de maten variëren. Vroeger werden de formaten vernoemd naar de rivier waarvan de klei gebruikt werd; voorbeelden zijn het veel toegepaste 'Waalformaat' en het minder bekende 'Vechtformaat' of 'Ijsselformaat'. Tegenwoordig worden zeer uiteenlopende formaten gemaakt, bij grote partijen zelfs op bestelling.

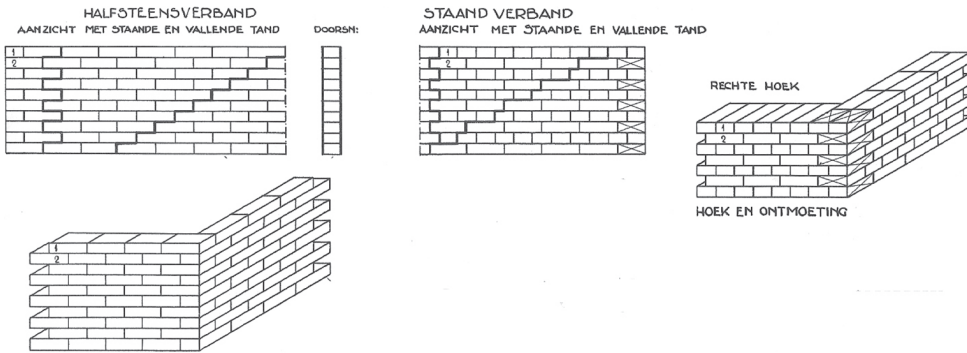
#### *Ad 2 Het verband*

Een metselverband zegt iets over de manier waarop bakstenen op elkaar worden gelegd. Een metselverband is zowel bepalend voor het uiterlijk van het metselwerk als voor de stevigheid van de muur. We kennen de volgende belangrijke metselverbanden bij gevelmetselwerk:

- halfsteensverband
- klezoorverband
- staand verband
- wild verband.

In figuur 1.11 zijn twee van deze metselverbanden in schetsvorm weergegeven.

FIGUUR 1.11 Twee gangbare metselwerkverbanden



### Ad 3 De voeg

Naast de steenkeuze en het metselverband is ook de keuze van de voeg bepalend voor het uiterlijk. Het gaat daarbij om de kleur van de voeg, de dikte en de wijze van aanbrengen. De meeste voegen zijn grijs, variërend van licht naar donkergrijs, maar het is ook mogelijk om gekleurde voegen te maken. De dikte is gemiddeld 1 cm, maar ook daarin zit verschil, al is de marge redelijk beperkt. Voegen kunnen 'platvol' worden aangebracht of juist iets terugliggend, geborsteld of glad gestreken. De uitvoering van de voeg bepaalt hoe strak of hoe levendig een gevelvlak eruitziet. In gebouwen van een eeuw geleden werden vaak knipvoegen gemaakt. Deze zijn mooi, maar bewerkelijk.

## Metselwerk

### Definitie

Metselen is een techniek waarbij stenen of blokken met specie of lijm op en tegen elkaar worden gelegd.

### Doel

Het realiseren van dragende en/of scheidingswanden.

### Uitvoering

De ogenschijnlijk simpele techniek van het metselen is meer dan het stapelen van stenen. De hoofdzaak is dat de stenen zodanig in de metselspecie worden gewreven dat alle ruimten tussen de stenen volledig vol raken.

Stenen die voor metselwerk gebruikt worden, hebben een bepaalde verhouding. De stenen hebben een duidelijk korte kant (de kop) en een lange kant (de strek). De verhouding van lengte, breedte en hoogte is ontstaan doordat de stenen de krachten die op een muur worden uitgeoefend gelijkmatig moeten overbrengen.

Het hoofdvolume van het huis moest een rotsachtige uitstraling krijgen. Om dat te bereiken is een donkere, gevlekte en ruwe metselsteen uitgekozen. Het formaat is groter dan het standaard 'Waalformaat'. Om het effect verder te versterken is gebruikgemaakt van een dunne, 8 mm dikke voeg, die iets terugligt. Omdat de stenen niet door en door hetzelfde zijn, kunnen gezaagde of gehakte stenen niet makkelijk zomaar verwerkt worden, anders dan in hele of halve stenen. Daarom is gekozen voor een half-

steens verband. In afbeelding 1.12 zie je een foto van de gemetselde achter- en zijgevel van het huis.

Ook metselwerk krimpt en zet uit onder invloed van de temperatuur, waardoor in grotere gevelvlakken scheuren kunnen ontstaan. Om dat te voorkomen worden meestal dilatatievoegen aangebracht. Dat zijn flexibele verticale voegen die uitzetting of krimp van het metselwerk kunnen opvangen. Om dit tot een minimum te beperken is wapening in het metselwerk opgenomen.

**AFBEELDING 1.12** Het metselwerk van de gevel



### Dakpannen

De meest voorkomende bedekking van schuine daken zijn dakpannen. Meestal zijn ze gemaakt van gebakken klei, maar ze zijn er ook van beton. De eerste dakpannen zijn meer dan tweeduizend jaar oud en zijn door de Romeinen gebruikt.

De eenvoudigste dakpan is een gebogen, taps toelopende gebakken tegel. Deze wordt om en om met de bolle kant naar onderen of naar boven gelegd. Dat deden de Romeinen al en dat gebeurt nog steeds in landen als Italië en Spanje. In een land als Nederland werden deze pannen aanvankelijk ook gebruikt, maar geven ze geen afdoende bescherming tegen de combinatie van wind en regen. Regen valt in Nederland zelden loodrecht naar beneden en bij harde wind wordt het regenwater tussen de pannen door

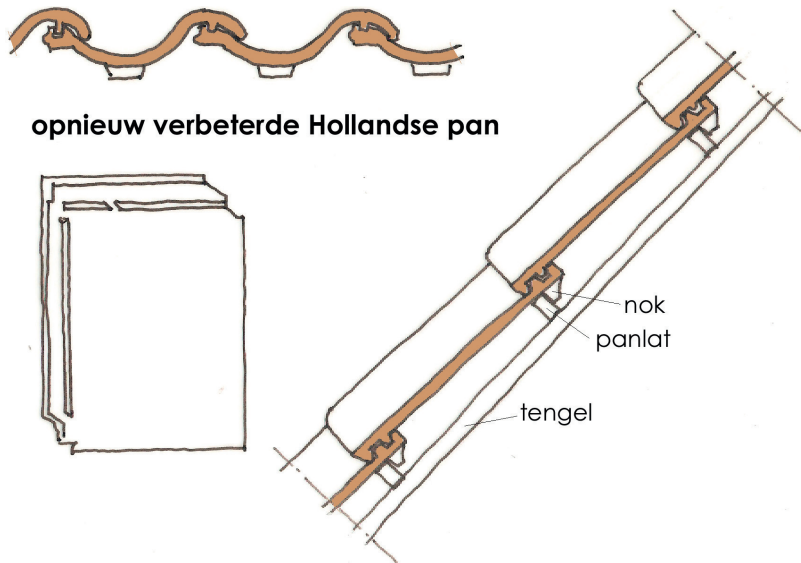
geblazen. Om die reden zijn in de loop der tijd de dakpannen verbeterd. Zo kennen we de Hollandse pan, de verbeterde Hollandse pan en de opnieuw verbeterde Hollandse pan. In figuur 1.13 is deze laatste dakpan schematisch weergegeven.

Daarnaast bestaan er types als de Tuile du Nord en de Muldenpan. Moderne dakpannen zijn voorzien van lippen en groeven, zodat ze goed op elkaar aansluiten, waardoor ze waterdicht zijn. Tegenwoordig zijn er zelfs vlakke dakpannen. Deze zijn afgeleid van de dakleien, maar hebben dezelfde lippen en groeven, waardoor ze wel waterdicht zijn.

Naast de gewone pan die midden op het dak ligt, zijn er allemaal bijzondere pannen die gebruikt worden om aan de zijkant, aan de onderkant en bij de nok het dakvlak te beëindigen. Op de nok van het dak worden zogeheten nokvorsten gebruikt.

Dakpannen worden op panlatten gelegd. Dit zijn horizontale houten latten die op verticale tengels of sporen worden aangebracht. Als er toch regenwater tussen de pannen door komt, kan dit over het dakbeschot en tussen de tengels door naar beneden lopen. De maat van de dakpan is bepalend voor de afstand van de panlatten.

**FIGUUR 1.13** Schets van de opnieuw verbeterde Hollandse dakpan





## Dakpannen

### *Definitie*

Een dakpan is een uit een plak klei of andersoortig materiaal gefabriceerd bouwelement dat door vorm en detaillering geschikt is voor het afdekken van schuine dakvlakken.

### *Doel*

Het weren van regen, wind, vocht en ongedierte uit een ruimte die met een schuine kapvorm is afgesloten.

### *Uitvoering*

De dakpan is door de Romeinen uitgevonden en heeft zich door de eeuwen heen steeds vernieuwd. De krommingen en lipvormige uitsteeksels zijn bedoeld om het water van de ene pan op de andere pan te laten overlopen en te voorkomen dat het water naar binnen loopt in de eronder gelegen ruimte. Dakpannen zijn er in veel soorten, maten en afwerkingen.

## Pleisterwerk

Ook pleisterwerk of stucwerk stamt al uit het begin van onze jaartelling. Door het mengen van kalk, zand, gips en water ontstaat een mortel waarmee oneffen muren en plafonds glad afgewerkt kunnen worden. Pleisterwerk of stucwerk droogt wit op, waardoor ruimtes lichter worden, en is ook een goede ondergrond om te schilderen of behang over te plakken. Vroeger gebruikte men pleisterwerk om plafonds te voorzien van versieringen. Pleisterwerk wordt aangebracht op een ondergrond die al redelijk vlak is, zoals gipsplaten of betonnen wanden en plafonds. Op metselwerk wordt eerst een laag aangebracht van cement, waarmee de wand wordt vlakge maakt. Dit wordt een 'raaplaag' genoemd. Over deze raaplaag wordt het pleisterwerk aangebracht in laagdiktes van enkele millimeters. Deze afwerklaag kan glad zijn of voorzien van een fijne of grove structuur. In dat geval praten we over schuurwerk. Er zijn tegenwoordig ook afwerkklagen die een bijzondere structuur hebben, zoals *spachtelputz*.

Omdat de ondergrond nog krimpt of uitzet en pleisterwerk snel scheurt, moeten soms voorzieningen getroffen worden in de onderlaag om dat te voorkomen. Over de naden van bijvoorbeeld gipsplaten worden dunne weefselstroken aangebracht, als een soort wapening. Om hoeken en aansluitingen van pleisterwerk op deurkozijnen te beschermen worden vaak metalen of kunststof profielen toegepast.

## Pleisterwerk

### *Definitie*

Met pleisterwerk wordt bedoeld het vlak en strak maken van bestaande (betonnen) wanden en plafonds met behulp van een dunne mortellaag van kalk en gips. Een pleisterwerklaag heeft een dikte tussen de 1 en 6 millimeter. Bij dikkere afwerklagen wordt gesproken van raapwerk.

### *Doel*

Pleisterwerk levert een gladde ondergrond voor vrijwel alles: sierpleister (spachtelputz), beschilderen, sauzen, behang enzovoort. Hierbij is de mate van gladheid naar keuze; ook een zeer gladde afwerking is mogelijk.

### *Uitvoering*

Gips is een ademend materiaal en daardoor ook geschikt om toe te passen in vochtige ruimtes. De hechting is een belangrijk aspect; de ondergrond dient daarom altijd schoon te zijn en niet te zuigend te zijn.

De binnenwanden van kalkzandsteen in het huis in Eindhoven zijn eerst voorzien van een raaplaag, om te zorgen dat er een vlakke onderlaag ontstaat. Op de hoeken zijn verzinkt stalen hoekbeschermingsprofielen aangebracht en bij de aansluiting op deuren en raamkozijnen zijn stucstop profielen aangebracht. Over de raaplaag is vervolgens een laag van fijn schuurwerk aangebracht.

Daarna is het schuurwerk gesausd in een witte kleur. Stucwerk verkleurt in de loop van de tijd en door het sauzwerk is dat voorkomen. Bovendien kan je stucwerk moeilijk schoonmaken als er vuil op komt. In afbeelding 1.14 zie je hoe het pleisterwerk uiteindelijk is geworden.

**AFBEELDING 1.14** Interieur van de woning



Ook de plafonds zijn voorzien van fijn schuurwerk. Omdat het werd aangebracht op een gladde betonlaag, was het niet nodig om een onderlaag aan te brengen. Wel zijn er weefselmatten aangebracht op de naden

om te voorkomen dat het stucwerk zou gaan scheuren. Omdat zowel de wanden als de plafonds gestuct zijn, is het huis aan de binnenkant strak en licht.

## 1.7 Sterkteleer en constructie: basisbegrippen

De sterkteleer is de verzamelde kennis over de manier waarop een gebouw blijft staan. Om te begrijpen waarom een wand een bepaalde dikte moet hebben en waarom een vloer doorbuigt, moet je begrip hebben van de toegepaste mechanica of sterkteleer. Die omvat alle kennis die nodig is om te berekenen hoe sterk de dragende onderdelen van een gebouw moeten zijn. Deze kennis is al heel oud en door ervaring ontstaan.

Om de berekeningen niet te ingewikkeld te maken worden de belastingen die op een constructie werken verbeeld door een versimpelde schematische weergave van alle krachten die moeten worden opgevangen en uiteindelijk afgedragen aan de dragende ondergrond. Alle krachten die voorkomen, worden verbeeld als belastingen.

In deze paragraaf komen de volgende termen aan de orde: belasting, eigen gewicht, puntlast, lijnlast, koppel en moment.

### Belasting

Iedere constructie krijgt te maken met krachten die op de constructie inwerken en waartegen de constructie bestand moet zijn. De verzamelnaam voor deze krachten is 'belasting'.

#### Belasting

##### *Definitie*

Belasting is een verzamelbegrip dat in de constructieleer wordt gebruikt voor uitwendige krachten die door de constructie moeten worden gedragen.

##### *Doel*

Het eenduidig en schematisch kunnen opstellen van een constructieve berekening.

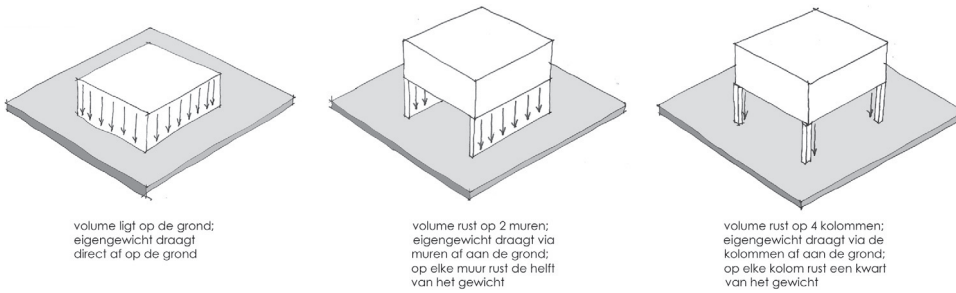
##### *Uitvoering*

Alle belastingen die ontstaan door het eigen gewicht en alle overige belastingen kunnen vertaald worden naar een schema. Bij het bepalen van de constructie wordt het maximum aan optredende belastingen in de ongunstigste combinatie gezocht, en vervolgens wordt berekend hoe dik, lang of breed de onderdelen moeten zijn om niet te bezwijken als die situatie zich voordoet.

### Eigen gewicht

Een belasting die altijd voorkomt, wordt veroorzaakt door het gewicht van het materiaal waaruit een bouwkundig element is samengesteld. Ook als er nergens iets op een muur, balk of vloer staat, is er nog steeds sprake van een belasting. Men noemt deze belasting eigen gewicht of, afgekort, EG (zie figuur 1.15).

FIGUUR 1.15 Eigen gewicht



### Eigen gewicht

#### Definitie

Het eigen gewicht is de verzameling van krachten die veroorzaakt worden door de eigen massa van een bouwkundig element.

#### Doel

Het eenduidig en schematisch verbeelden en schematiseren van alle door de eigen massa veroorzaakte krachten, teneinde een constructie te berekenen.

#### Uitvoering

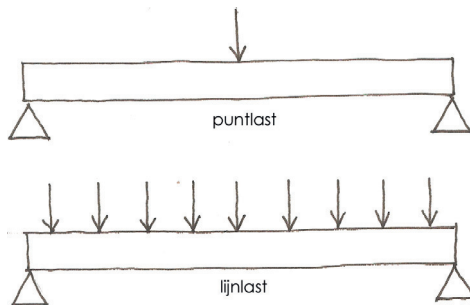
Bij berekeningen van het eigen gewicht is de aanname dat tussen de steunpunten het gewicht gelijkmatig wordt verdeeld. Steunpunten zijn muren of kolommen. Ook de muren en kolommen hebben dus een eigen gewicht! De verdeling van het eigen gewicht hangt samen met de massa en de vorm van het element.

Constructeurs tekenen de verdeling van de belastingen altijd in schema's. Natuurkundig geldt dat de verdeling van de eigen belasting gelijkmatig wordt afgevoerd naar de steunpunten van het element.

## Puntlast

Naast het eigen gewicht wordt een constructie belast met allerlei krachten van buitenaf. De lijnbelasting en de puntlast in een constructieschema worden altijd veroorzaakt door een belasting van buiten het element dat je aan het berekenen bent. In figuur 1.16 is deze externe belasting schematisch weergegeven. De eenvoudigste belasting die kan voorkomen, is een puntlast.

FIGUUR 1.16 Punt- en lijnlast



### Puntlast

#### Definitie

Een puntlast is een belasting die in verhouding een klein deel van het te berekenen constructie-element belast.

#### Doel

Het eenduidig en schematisch verbeelden en schematiseren van een element dat rust op een klein gedeelte van een totaal oppervlak als gegeven voor een constructieberekening.

#### Uitvoering

De puntlast wordt gebruikt in berekeningschema's wanneer men aanneemt dat door het kleine oppervlak het belaste vlak zo zwaar wordt belast dat de eronder liggende massa de krachten niet gelijkmatig kan afvoeren naar het hele constructiedeel. Puntlasten veroorzaken daarom altijd sterkere vervormingen van een constructie dan het eigen gewicht.

Puntlasten kunnen zowel op een (vloer)vlak voorkomen als op een lijnvormig element. Hoe de puntlast wordt opgevangen door het dragende element hangt af van het aangrijpingspunt tot de ondersteunende elementen. Voorbeelden van puntlasten zijn een kolom, een persoon en de stoelpoten van een tafel.

## Lijnlast

Ook een lijnlast belast in principe een kleiner deel van de constructie waar het element op rust, maar in verhouding is het belaste oppervlak groter en heeft het belaste oppervlak de vorm van een lijn, zoals je kunt zien in figuur 1.16.

### Lijnlast

#### *Definitie*

Een lijnlast is een belasting die aangrijpt op een constructiedeel, waarbij de lengte van het belastingoppervlak veel groter is dan de breedte van dat oppervlak. Uit praktisch oogpunt kunnen ook aaneenschakelingen van puntlasten van ongeveer gelijke grootte worden samengevoegd tot een lijnlast.

#### *Doel*

De lijnlast wordt in berekeningen gebruikt wanneer een element rust op een vlak dat de vorm heeft van een schijf. Een muur wordt daarom in een berekening verbeeld als een lijnbelasting.

#### *Uitvoering*

De lijnlast is in feite een keten van puntlasten die in het verlengde van elkaar liggen. Een lijnlast geeft andere vervormingen dan een puntlast. Voorbeeld van lijnlasten zijn een muur, een rol vloerbedekking die ergens tijdelijk ligt en een rij bloempotten naast elkaar op een balkon.

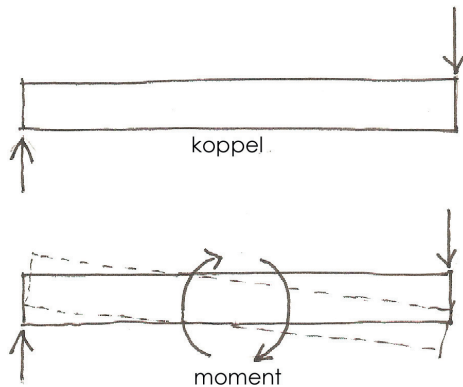
De belastingen die op een constructie inwerken, veroorzaken allerlei effecten in het element waarop ze aangrijpen. De effecten worden aan de ene kant veroorzaakt door het soort belastingen en aan de andere kant door het soort materiaal. Materialen hebben namelijk eigenschappen waardoor ze sterker of zwakker zijn, minder gemakkelijk buigen en vervormen of juist elastisch zijn en gemakkelijk terugbuigen.

De uitwendige krachten op een gebouw veroorzaken inwendige krachten in de constructie van het gebouw. Die inwendige krachten worden door de constructeur vertaald naar de eenvoudigste schematische vorm die voorstelbaar is: een horizontale kracht, een verticale kracht en een koppel.

### **Koppel en moment**

Een koppel wordt veroorzaakt door een kracht die 'op afstand' ergens tegenaan duwt. De afstand noemen we de arm. Het effect van zo'n optredende koppelkracht noemen we in de toegepaste mechanica een moment. Eigenlijk is het moment de tegenkracht of de weerstand van het materiaal waar van een afstand tegenaan geduwd wordt. Naarmate de arm van een koppel langer is, is de momentkracht des te groter. In figuur 1.17 zijn koppel en moment schematisch weergegeven.

FIGUUR 1.17 Koppel en moment



### Koppel

#### Definitie

Een koppel bestaat uit twee gelijke en tegengestelde krachten die op een bepaalde afstand van elkaar werken (zie ook figuur 1.17).

#### Doel

Het schematiseren van krachten die niet recht boven een steunpunt liggen en daardoor momenten veroorzaken op de plaats waar dragende constructiedelen met elkaar gekoppeld zijn.

#### Uitvoering

Koppelkrachten ontstaan alleen in situaties waarbij de steunpunten niet direct onder de plaats liggen waar de kracht aangrijpt. Omdat op bijvoorbeeld een vloerveld heel veel koppelkrachten kunnen ontstaan, bijvoorbeeld omdat meubels worden verplaatst of omdat er mensen op de vloer lopen, wordt er altijd gerekend met een aanname van de extreemste belastingvorm die denkbaar is.

Omdat momenten worden veroorzaakt door koppelkrachten, verzet het materiaal zich door als het ware te proberen terug te draaien naar de rusttoestand die er was voordat de kracht werd uitgeoefend. Momenten kunnen alleen optreden als het materiaal of de verbinding die belast wordt, voldoende weerstand kan bieden aan het koppel zonder dat er uiterlijke vervorming optreedt.

## Moment

### *Definitie*

Een moment is in de toegepaste mechanica de som van kracht x arm, waarmee in materiaal een kracht wordt opgewekt die een draaiende of buigende verplaatsing veroorzaakt op het aangrijpingspunt.

### *Doel*

Men bepaalt momenten en momentenlijnen om de juiste doorsnede van een constructie te bepalen. De mate waarin een doorsnede een momentkracht kan weerstaan, is afhankelijk van de hoeveelheid massa en de vorm.

### *Uitvoering*

Er wordt onderscheid gemaakt tussen een buigend moment, dat de balk doet buigen, en een wringend moment, dat de balk tordeert. De grootte van een moment is bepaald als het product van kracht en krachtarm; daarbij is de krachtarm de loodrechte afstand van de werklijn van de kracht naar de as of het punt waaromheen het voorwerp kan draaien. Een moment wordt in een schema altijd voorzien van een richting. Wanneer de draaiing met de klok mee gaat, zegt men dat het moment rechtsdraaiend is. Wanneer de draai-richting tegen de klok in gaat, noemt men het moment linksdraaiend. Een moment wordt uitgedrukt in newton-meter (Nm).

Wanneer een plank is ingeklemd in een muur en je op het uiteinde drukt met een verticale kracht, zal die kracht door de muur moeten worden opgenomen en overgedragen op de eronder liggende grond. Het buigmoment in de ligger is in dit voorbeeld negatief. Voor evenwicht moet niet alleen de som van de krachten nul zijn, maar moeten ook alle momenten nul zijn.

In dit eerste hoofdstuk hebben we gekeken naar de belangrijkste aspecten die aan de orde komen bij de bouw van een traditionele woning: regelgeving en woningbouw, de situatie bij vrije kavels, vocht en warmtetransmissie, installaties, traditionele bouwmethoden, traditionele materialen en enkele basisbegrippen in de sterkteleer. In het volgende hoofdstuk gaan we een stap verder en bekijken we wat er allemaal komt kijken bij de bouw van een duurzame woning.