



BOUWFYSICA  
NEDERLANDS VLAAMSE BOUWFYSICA VERENIGING

# Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen

---

Versie 3.1

Oktober 2023

Uitgegeven door de Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging

**BOUWFYSICA**   
NEDERLANDS VLAAMSE BOUWFYSICA VERENIGING

Met dank aan het Rijksvastgoedbedrijf



Contact: [info@klimapedia.nl](mailto:info@klimapedia.nl)

Websites: [www.nvbv.org](http://www.nvbv.org) / [www.klimapedia.nl](http://www.klimapedia.nl)

## Voorwoord

Tijdens de Kennisdag Bouwfysica in 2009 werd de behoefte geuit aan een actueel document met wettelijke eisen en bovenwettelijke richtlijnen voor de Bouwfysische Kwaliteit van Gebouwen. De Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging (NVBV) heeft daarop toonaangevende bouwfysische bureaus uitgenodigd te participeren in werkgroepen en een klankbordgroep, die dit Handboek bouwfysische kwaliteit Gebouwen (Handboek BKG) hebben opgesteld. Aanvullend op de inbreng van de diverse bureaus is financiële ondersteuning gegeven door de NVBV en de Rijksgebouwendienst (Rgd), nu Rijksvastgoedbedrijf (RVB). De basis voor dit handboek werd gevormd door publicatie “Wettelijke Eisen en Richtlijnen voor Rijksgebouwen Bouwfysica ” (WERRB).

Dit handboek bevat bouwfysische kwaliteitseisen voor gebouwen. Het is echter niet bedoeld om te worden gebruikt als Programma van Eisen. Het programma van eisen wordt voor een specifiek project, of generiek, opgesteld voor een bepaalde opdrachtgever. Het doel van dit handboek is om hiervoor een onderbouwing te geven. Welke eisen kun je stellen? Wat is het doel en het beoogde effect? Op deze vragen wil het Handboek antwoorden geven. Het Handboek is oorspronkelijk geschreven voor kantoorgebouwen met alle daarin voorkomende gebruiksfuncties. Later zijn ook meer functies toegevoegd waaronder leslokalen. Zonder uitpuittend te zijn is het Handboek daarmee ook bruikbaar geworden voor de meeste andere typen gebouwen. Voor specifieke projecten, zoals bijvoorbeeld zwembaden moet worden teruggegrepen op de daarvoor elders beschikbare informatie en de eigen deskundigheid.

Het Handboek geeft niet alleen de ‘beste’ kwaliteitseisen, maar vooral de mogelijkheid om de eisen zo vast te stellen dat een verantwoorde Bouwfysische Kwaliteit ontstaat voor het gevraagde doel en bij de beschikbare middelen.

Eisen en uitgangspunten zoals opgenomen in dit Handboek zijn ook te vinden in documenten zoals het PvE Frisse Scholen 2021, het PvE Gezonde Kantoren 2021 en PvE Gezonde Woningen 2022.

Inmiddels is dit de vierde versie van het Handboek. Opnieuw heeft een actualisatie en een (beperkte) uitbreiding plaats gevonden, waarbij ook al waar mogelijk rekening is gehouden met de Omgevingswet zoals die naar verwachting op 1 januari 2024 zal ingaan.

Zoals steeds stoelt het werk aan het Handboek op de kennis en ervaring van een groot aantal experts van de onderstaande bureaus. Door de jaren heen is een groot aantal mensen vanuit de bureaus en andere instellingen betrokken geweest bij de opstelling van de teksten. Voor deze vierde uitgave worden de betrokkenen hierna genoemd.

Voor de eerste versie van het handboek (juni 2011) is de eindredactie in opdracht van de NVBV uitgevoerd door ZRI, voor de tweede versie (mei 2016) waren dat Herman Eijdem (P2P-consult) en Jan Geerts (BCD Advies). Voor de updates (januari 2017 en juni 2018) zijn dat Kees van der Linden (AaCee Bouwen en Milieu) en Jan Geerts (BCD Advies). Voor deze vierde versie heeft Machiel Huisman (pionplus) de organisatorische en redactionele werkzaamheden over genomen van Jan Geerts.

Deze versie 3.1 verschilt inhoudelijk niet van versie 3.0 van juli 2023. Hier en daar zijn de teksten iets aangescherpt en is de nummering van tabellen en figuren nagezien.

NVBV, oktober 2023 - Kees (ir. A.C.) van der Linden



De vierde uitgave van dit Handboek is gerealiseerd met medewerking van de volgende personen:

1. Bouwprocesmanagement

Machiel Huisman (pionplus)  
Wiechert Eschbach (Windesheim)  
Harry Nieman (Nieman Bouwkwaliiteit)

2. Duurzaamheid

Philo Heijnen (RHDHV)  
Vivian Timmermans (RHDHV)  
John Mak (WJE adviseurs)  
Sander van der Tol (Nieman Raadgevende Ingenieurs)  
Merlijn Huijbers (DGMR)

3. Stedenbouwfysisch Comfort

Arjan Pleysier (Deerns)

4. Gebouwschil en constructie

Jurry Boksebeld (Nieman Raadgevende Ingenieurs)  
Sander van der Tol (Nieman Raadgevende Ingenieurs)  
Kevin Lenting (DGMR)

5. Visueel comfort

Gertjan Verbaan (DGMR)  
Frank Lambregts (DGMR)

6. Thermisch Comfort

Kees van der Linden (AACEE)  
Marije te Kulve (BBA)

7. Akoestiek

Theodoor Höngens (M+P)  
Jeroen Vugts (LBPSight)  
Niels Hoekstra (DGMR)

8. Binnenlucht Kwaliteit

Marije te Kulve (BBA)  
Froukje van Dijken (BBA)

In bovenstaande opsomming is de eerstgenoemde naam de penvoerder voor het hoofdstuk, de anderen hebben als tweede lezer input gegeven en de concepten beoordeeld.



## Gebruik van het handboek

De Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging stelt dit Handboek vrij ter beschikking in het belang van de bouwfysische vakuitoefening. De inhoud is hiertoe met zorg samengesteld. De initiatiefnemers en de bureaus die meegewerkt hebben zijn ervan overtuigd dat met dit handboek onderbouwde en onderschreven bouwfysische kwaliteitsniveaus zijn gedefinieerd. Gebruik van eisen en richtlijnen dient echter te gebeuren met verstand van zaken.

De vereniging aanvaardt op geen enkele wijze verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor het gebruik van de inhoud van dit document of voor mogelijke schades of klachten die het gevolg zijn van of op enige wijze samenhangen met het gebruik van dit Handboek.

Voor vragen, opmerkingen, aanvullingen is er het e-mailadres [handboek@nvbv.org](mailto:handboek@nvbv.org).



# Inhoud

Voorwoord	2	
Gebruik van het handboek	4	
Inhoud	5	
Inleiding	8	
<b>1</b>	<b>Bouwprocesmanagement</b>	<b>10</b>
1.2	Waarom een Programma van Eisen?	10
1.3	Communicatie	14
1.3.1	BIM (BouwInformatieModel)	14
1.4	Risicomanagement	16
1.5	Beschrijving van taken	17
<b>2</b>	<b>Duurzaamheid</b>	<b>18</b>
2.1	Duurzaamheidsbepalingen en -strategieën	18
2.1.1	Wettelijke regels en bepalingen	18
2.1.2	Privaatrechtelijke duurzaamheidsmeetlatten regels en bepalingen	19
2.1.3	Duurzaamheidstrategieën	21
2.2	Energie	25
2.2.1	Energieambities	25
2.3	Materiaal	29
2.3.1	Milieu Prestatie Gebouwen (MPG)	29
2.3.2	Losmaakbaarheid	30
2.3.3	Materialenpaspoort / Gebouwpaspoort	30
2.3.4	Gezondheidsaspecten materialen	31
2.4	Omgevingsaspecten	32
2.5	Relevante normen en documenten	32
<b>3</b>	<b>Stedenbouwfysisch comfort</b>	<b>33</b>
3.1	Windhinder	33
3.1.1	Windhindercriteria voor windcomfort conform NEN 8100:	34
3.2	Windgevaar	35
3.2.1	Criteria voor windgevaar	36
3.3	Bezonning en beschaduwing	37
3.4	Reflectie van (zon-) licht op de gevels van een gebouw	38
3.4.1	Criteria voor de reflectiecoëfficiënt van de gevels van gebouwen:	39
3.5	Buitenluchtkwaliteit	40
<b>4</b>	<b>Gebouwschil en constructie</b>	<b>43</b>
4.1	Thermische isolatie van niet-transparante geveldelen	43
4.2	Thermische isolatie van transparante geveldelen	44
4.3	Thermische bruggen	45
4.4	Luchtdoorlatendheid en waterdichtheid	46
4.5	Luchtdoorlatendheid	47
4.5.1	Luchtdoorlatendheid van een gebouw als geheel, Bouwbesluit en BENG	47

4.5.2	Luchtdoorlatendheid van de gevel	49
4.6	Waterdichtheid	52
4.6.1	Waterdichtheid gebouwschil	52
4.7	Hygrische kwaliteit – inwendige condensatie	53
4.8	Brandwerendheid	55
1.1.1	WBDBO en sterkte bij brand van een brandcompartiment	55
4.8.2	Gedrag van brand bij een gevelsysteem.	56
4.9	Definities	58
4.10	Relevante normen en documenten	58
5	Visueel comfort	59
5.1	Daglichttoetreding	59
5.2	Uitzicht	61
5.3	Kunstlicht	62
5.4	Luminantieverdeling, zon- en helderheidsvering	64
6	Thermisch comfort	66
6.1	Gewenste binnentemperaturen	66
6.1.1	Richtwaarden binnentemperatuur conform PVE Gezonde Kantoren	67
6.1.2	Beoordeling binnentemperatuur volgens ISSO 74 (2014)	68
6.1.3	Richtlijnen adaptief thermisch comfort	70
6.1.4	Aandachtspunten bij de thermische behaaglijkheidsberekeningen	73
6.2	Plaatselijk (dis)comfort	74
6.2.1	Temperatuurgradiënt	74
1.1.2	Vloertemperatuur	74
6.2.2	Stralingsasymmetrie	75
6.2.3	Luchtsnelheid	76
6.2.4	Luchtvochtigheid	77
6.3	Overige eisen	78
6.4	Definities	78
6.5	Relevante normen en documenten	79
7	Akoestisch comfort	80
7.1	Samenhang geluidsaspecten	80
7.1.1	Speechprivacy	81
7.1.2	Achtergrondgeluidsniveau	81
7.2	Geluidsisolatie tussen besloten ruimten	81
7.3	Geluidsafname open werkplekken	83
7.4	Ruimteakoestiek	85
7.5	Richtlijnen overige akoestische aspecten	86
7.5.1	Achtergrondgeluidsniveau van buitengeluid en installaties	86
7.5.2	Toeslag tonaal geluid	87
7.5.3	Geluidproductie ten gevolge van weersinvloeden	87
7.5.4	Geluidemissie niet in pandige installaties	88
7.5.5	Trillingen en bouwlawaai	88



---

7.6	Relevante normen en documenten	89
<b>8</b>	<b>Binnenluchtkwaliteit</b>	<b>90</b>
8.1	Basiseisen t.b.v. het handboek	90
8.2	Voorkomen van vervuiling- en verontreinigingsbronnen	92
8.2.1	Vaak voorkomende oorzaken te beperken	92
8.2.2	Toepassen van emissiearme materialen	93
8.2.3	Goede ventilatievoorzieningen	95
8.3	Adequate verse luchttoevoer	98
8.4	Individuele beïnvloeding van luchtkwaliteit	101
8.5	Borging van prestaties	103
8.6	Definities	103
8.7	Relevante normen en documenten	103

## Inleiding

Aan opstellers van programma's van eisen en aan ontwerpers wordt gevraagd om na te denken over een gewenst kwaliteitsniveau. Dit Handboek wil daarvoor een handreiking bieden. Bij veel onderwerpen worden verschillende kwaliteitsniveaus gepresenteerd waaruit een keus moet worden gemaakt. Er is veel aandacht voor een gezond, productief en comfortabel binnenmilieu. Indien een opdrachtgever deze onderwerpen van belang vindt voor zijn huisvesting, biedt het Handboek BKG vergaande eisen om een hoog kwaliteitsniveau te kunnen vragen. Voorop staat dat de bouwfysische kwaliteit integraal benaderd wordt benaderd, zoals bijvoorbeeld voor de gebouwschil waarin diverse bouwfysische kwaliteiten samenkomen.

Een goede inbreng van het vakgebied [Bouwfysica](#) is van belang voor het realiseren van gebouwen:

- die tevreden gebruikers kennen.
- waarin het werkproces optimaal kan worden uitgevoerd.
- die energiezuinig zijn.
- die kosteneffectief zijn.

Onderzoek in gerealiseerde gebouwen geeft aan dat een goed binnenmilieu en energiezuinigheid niet vanzelfsprekend samengaan. Citaat: "Om een integraal ontwerpproces te stimuleren moet de bouwfysisch adviseur een veel belangrijkere rol spelen: juist via de bouwfysica worden alle ontwerpdisciplines aan elkaar gekoppeld." Zie hiervoor ook bijvoorbeeld de website [www.gezondenenergiezuinig.nl](http://www.gezondenenergiezuinig.nl), een initiatief van TVVL, ISIAQ.nl en NVBV.

### Afbakening Bouwfysica en andere vakgebieden

Dit handboek start met een beknopte inleiding over praktisch bouwprocesmanagement om een context te schetsen waarbinnen de bouwfysicus optimaal presteert en dus rendeert. Deze inleiding beoogt niet volledig te zijn ten aanzien van bouwprocesmanagement, maar met name de plaats van Bouwfysica daarin aan te geven. Voor eenvoudige processen kan deze beschrijving op zich volstaan. Voor een aantal complexere situaties zou dit gezien kunnen worden als bouwsteen voor de integrale processturing.

Gezien vanuit de gebruiker is het voldoende om de eisen rondom de huisvestingsbehoefte te formuleren. Dit is echter niet praktisch voor ontwerptrajecten. Naast een gezond en comfortabel binnenmilieu geeft dit handboek daarom ook (beperkt) richtlijnen en eisen aan energiezuinig en duurzaam bouwen. Bij deze onderwerpen gaat het er niet om ze in de volledig te behandelen, maar de raakvlakken/inbreng van Bouwfysica op het thema te omschrijven.

Ten aanzien van brandveiligheid is een soortgelijke afweging gemaakt. De grootste waarde van het handboek zit hem in het aanreiken van bovenwettelijke eisen. Bij brandveiligheid komen deze maar beperkt voor. Daar waar brandveiligheid direct raakt aan bouwfysische afwegingen is het opgenomen. Voor andere aspecten wordt verwezen naar specifieke documenten over brandveilig ontwerpen en bouwen.

In dit handboek is een eerste aanzet gemaakt naar het rangschikken van de eisen aan de omgevingsfactoren, eisen aan de gebouwschil en tenslotte aan de ruimten.

### Kwaliteitsniveaus

Daar waar mogelijk zijn kwaliteitsniveaus gedefinieerd. In overleg met de opdrachtgever dient een bepaald niveau gekozen te worden. De kwaliteitsniveaus zijn als volgt gedefinieerd:

- Basis; daar waar het Bouwbesluitniveau volstaat.
- Goed; de gewenste huidige standaard.
- Uitstekend; daar waar extra eisen gewenst of nodig zijn.





Redenen om een bepaalde klasse te kiezen kunnen bijvoorbeeld zijn:

- de belastbaarheid van specifieke eindgebruikers (bijvoorbeeld gebruikers met astma).
- de gewenste luxe (representatieve ruimtes).

De prestatieniveaus zijn niet in alle gevallen in deze drie kwaliteitsniveaus aangeduid, omdat er tabellen met andere aanduidingen van kwaliteitsniveaus uit de literatuur/normen overgenomen zijn.

Aan deze kwaliteitsniveaus zijn kosten verbonden. Het is dan ook nodig om, beginnend bij het PvE in elke fase van het ontwerpproces de kosten te ramen of te begroten om na te gaan of binnen het budget wordt ontworpen.

De keuze voor een kwaliteitsniveau hoeft niet voor het hele gebouw op hetzelfde niveau (basis, goed, uitstekend) gesteld te worden. Differentiatie naar aspect en/of per deel van het gebouw is zelfs aan te bevelen.

### Opbouw handboek

Per bouwfysisch aspect is onderstaande indeling gehanteerd ten behoeve van een snelle herkenning:

Functionele eis of reden van de eis

Beschrijving van het onderwerp

#### 1.1.1.1 Prestatieniveaus:

De prestatieniveaus zijn opgedeeld in drie niveaus, basis (conform Bouwbesluit), goed en uitstekend.

#### 1.1.1.2 Bepalingsmethode:

##### 1.1.1.2.1 Aanvulling(en):

Geeft nadere informatie, voorbeelden, definities enz.

# 1 Bouwprocesmanagement

Het Handboek bouwfysische kwaliteit is een belangrijk onderdeel voor het totale programma van eisen (PvE) en bedoeld om de verwachtingen van opdrachtgever, beheerder en gebruiker vast te leggen.

Het managen van een ontwerp- en uitvoeringsproces van een bouwwerk van enige omvang is zeer complex. Ondanks goede bedoelingen worden de impliciete en expliciete verwachtingen vaak niet volledig waargemaakt. De belangrijkste teleurstellingen zijn:

- Kostenoverschrijdingen in het ontwerp- en uitvoeringstraject,
- Energielasten en onderhoudskosten blijken tijdens de exploitatie tegen te vallen,
- Gebruikers zijn ontevreden over het binnenklimaat.

Vooraf dit laatste aspect wordt onderschat. De relatie tussen binnenmilieu en arbeidsproductiviteit wordt vaak wel vermoed, maar er wordt niet altijd naar gehandeld. De arbeidsproductiviteit neemt significant toe als het binnenmilieu zorgvuldig wordt ontworpen en gerealiseerd. De extra investeringen die deze kwaliteitsslag vraagt worden ruimschoots goedge maakt door deze hogere productiviteit (en tevredenheid) van de medewerkers. Het vroegtijdig inschakelen van een bouwfysisch adviseur verdient zich terug.

Het Handboek bouwfysische kwaliteit gebouwen is een belangrijk onderdeel voor het comfortaspect van het programma van eisen en bedoeld om de verwachtingen van opdrachtgever, beheerder en gebruiker waar te maken. De auteurs van dit handboek hebben gemeend een kader te schetsen waarbinnen dit handboek optimaal kan functioneren. In dit handboek zijn bij een aantal onderwerpen diverse kwaliteitscriteria geformuleerd. Opgemerkt wordt dat een gebouw niet op alle aspecten in de klasse “uitstekend” hoeft te vallen om toch een hoogwaardig bouwfysisch binnenklimaat te realiseren.

Achtereenvolgens komen in dit hoofdstuk de volgende onderwerpen aan bod:

- de doelstellingen van een totaal PvE.
- de noodzaak van zorgvuldige communicatie.
- het belang van risicomangement.

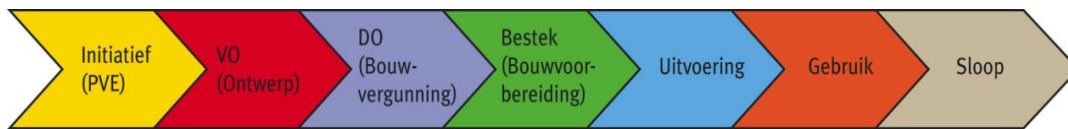
## 1.1.1.1 Aanvulling(en):

## 1.2 Waarom een Programma van Eisen?

Het Programma van Eisen (PvE) is het vastleggen van het denkwerk vooraf en is bedoeld als sturingsinstrument van het ontwerp- en uitvoeringsproces. De verwachtingen van opdrachtgever, beheerder en gebruiker zijn daarin vastgelegd.

In verschillende spreekwoorden en gezegden wordt het belang van ‘eerst nadenken en dan doen’ benadrukt.

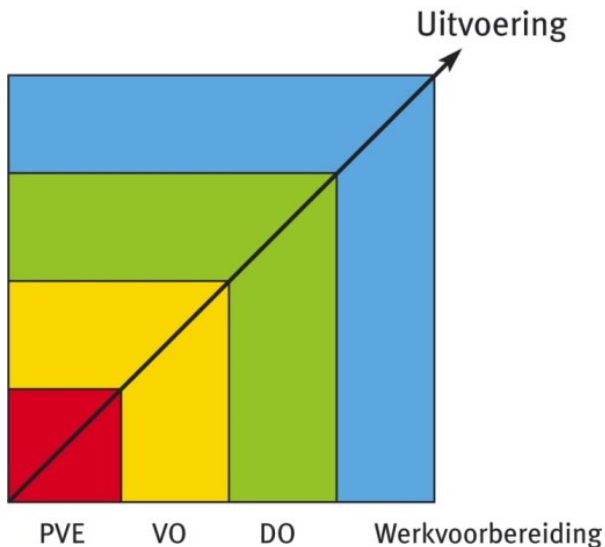
In een PvE worden resultaten uit de initiatieffase vastgelegd. Deze fase start meestal met de behoeften en ambities van de opdrachtgever. Soms is een analyse van de visie, missie en het bedrijfsproces van een opdrachtgever daarbij een handig hulpmiddel. In de initiatieffase worden de wensen en ambities van de opdrachtgever onderzocht in haalbaarheidsstudies. De technische, organisatorische en vooral financiële haalbaarheid zijn daarbij van wezenlijk belang. Het PvE legt de resultaten en keuzes uit de initiatieffase vast en is bedoeld als sturingsinstrument van het ontwerp- en uitvoeringsproces. De Stichting Bouwresearch (SBR) heeft diverse publicaties uitgebracht over dit onderwerp. Uit deze publicaties zijn de belangrijkste aanbevelingen overgenomen. Het PvE dient voorafgaand aan het ontwerpproces te worden opgesteld (figuur 1).



Output van een fase is input voor de volgende fase

*Figuur 1: Fasen in het bouwproces.*

Het PvE dient per fase van het ontwerpproces te worden uitgewerkt waarbij er wordt gewerkt van grof naar fijn (zie figuur 2). Per fase wordt getoetst of het ontwerp nog steeds voldoet aan dit PvE, eventuele afwijkingen zullen besproken moeten worden met de opdrachtgever.



In de loop van het proces wordt steeds meer informatie toegevoegd

*Figuur 2 : PvE voor het gehele gebouw is basis voor een goed ontwerp.*

Uiteindelijk is het PvE de basis voor zorgvuldig uitgewerkte tekeningen en een compleet bestek als onderdeel van het bouwcontract. Ook dient het 'grote' PvE als startdocument voor de adviseurs (architect, constructeur, bouwfysicus, installatieadviseur, e.a.).

De afgelopen jaren zijn er veel ontwikkelingen geweest rond het formuleren van een PvE. Er wordt gewerkt met verschillende contract- en werkvormen (zoals bouwteams, publiek-private samenwerking, e.d.) en met variërende scope (Design & Build, DBFMO, Esco, e.d.). Het doel hierbij is de risico's bij de partij neer te leggen die ze het beste kan beheersen. Deze partij krijgt bij voorkeur maximale vrijheid om een -voor deze uitvoerder- optimaal proces te volgen en levert daarvoor in ruil eindprestaties die maximaal tegemoetkomen aan de behoefte van de opdrachtgever.

Het PvE voor een volledig bouwproject bevat ten minste de volgende onderwerpen:

- Functionaliteit
- Beeldverwachting
- Budget
- Constructief
- Comfort en binnenmilieu
- Bouwtechniek en bouwproces
- Beheer en onderhoud
- Bouwregelgeving
- Brandveiligheid
- Duurzaam bouwen

Uitwerking van de begrippen waarvoor ten minste een prestatieniveau dient te worden vastgelegd:

**Functionaliteit:** Wat wil de opdrachtgever met het gebouw? In eerste instantie de benodigde vierkante meters, hoogten en de functies. Daarnaast spelen vragen als: Hoe flexibel moet een gebouw zijn, moeten functiewijzigingen mogelijk zijn, moet het in onderdelen te verhuren/exploiteren zijn.

**Beeldverwachting:** Wat dient de esthetische uitstraling te zijn? Dit kan zeer veel consequenties hebben. Moet het gebouw een duurzame uitstraling krijgen of juist hightech of tijdloos? Het is verstandig deze gewenste beeldverwachting te visualiseren.

**Budget:** Belangrijk is het beschikbare budget vast te leggen, zowel voor het voortraject als het bouwen inrichtingsbudget.

**Constructief:** Ook de constructeur heeft voor een goed constructief ontwerp uitgangspunten nodig. Welke belastingen moeten de vloeren kunnen dragen, moet er vrij overspannen worden of mogen er kolommen geplaatst worden. Moet het gebouw licht ontworpen worden of demontabel? Allemaal vragen die besproken en beantwoord moeten worden.

**Comfort en binnenmilieu:** In het bouwfysisch PvE wordt het gewenste binnenklimaat gedefinieerd. De eisen worden in controleerbare grootheden vastgelegd. Denk hierbij aan de akoestische, thermische, visuele en luchtkwaliteit kwaliteit. In dit handboek bouwfysische kwaliteit zijn deze kwaliteiten beschreven. Behalve het binnenklimaat geeft bouwfysica de minimumkwaliteit van constructies (details) op de aspecten thermische isolatie, massa, vocht- en luchtdichtheid, licht- en zonwering en geluidwering.

**Bouwtechniek en bouwproces:** Een bouwlocatie of duurzaamheidsambitie kan specifieke werkwijzen vragen. Het werken in een binnenstedelijk gebied vraagt andere uitgangspunten dan bouwen in een uitbreidingsgebied. De uitgangspunten dienen vastgelegd te worden.

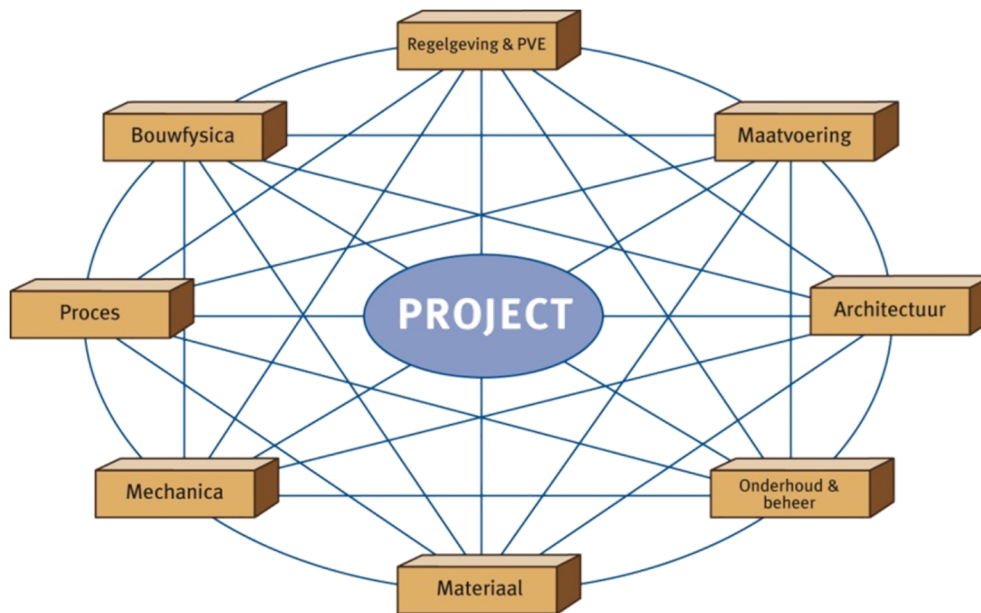
**Beheer en onderhoud:** Welke eisen of wensen heeft de toekomstige gebruiker eisen of wensen met betrekking tot beheer en onderhoud. In een benadering op basis van Life Cycle Costs (LCC) kunnen deze aspecten ook financieel worden gewaardeerd.

**Bouwregelgeving:** Welke regelgeving is van belang voor het project. De Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) vraagt om vergunningenmanagement om een succesvolle bouwaanvraag te realiseren.

**Brandveiligheid:** Het is natuurlijk van groot belang om in het totale PvE aanzetten op te nemen over hoe de brandveiligheid dient te worden gerealiseerd. Met name als een opdrachtgever (of verzekeraar) aanvullende eisen heeft die de wettelijke eisen te boven gaan. Het Bouwbesluit is vooral gericht op het beperken van slachtoffers en omgevingsschade. De opdrachtgever kan in aanvullende eisen bijvoorbeeld de schade aan zijn bezit beperken of de schade van bedrijfsverstoring. Veel bedrijven komen bij een brand in financiële problemen. In dit Handboek bouwfysische kwaliteit wordt brandveiligheid niet volledig behandeld

**Duurzaam bouwen:** Wat zijn de ambities op het gebied van duurzaam bouwen. Wanneer de opdrachtgever een bepaald keurmerk wil realiseren, zal dit in het budget opgenomen moeten worden.

Alle aandachtsgebieden dienen op elkaar te worden afgestemd (integraal ontwerpen). De betreffende onderwerpen zijn aan elkaar gerelateerd (zie figuur 3). Een PvE moet compleet zijn ingericht, daarbij spelen er meer aspecten dan wat in dit handboek behandeld wordt.



*Figuur 3 : Bouwstenen voor een goed project.*

Bij de totstandkoming van een doordacht PvE is het van belang dat de opdrachtgever keuzes worden voorgelegd. Het Bouwbesluit wordt gezien als ondergrens, dit is niet altijd de gewenste huidige standaard zoals benoemd in dit document. Om inzicht te geven in het verschil zijn in dit handboek steeds kwaliteitsklassen benoemd.

De keuze voor een hoger kwaliteitsniveau heeft veelal consequenties voor de bouwkosten. Opgemerkt wordt dat de standaard kengetallen voor de bouwkosten (en eventuele hiermee samenhangende vergoedingen) veelal zijn gebaseerd op de realisatie van het wettelijk minimum. Ook kan de keuze voor een hoger kwaliteitsniveau voor een bepaald ontwerpaspect consequenties hebben op het kwaliteitsniveau van een ander ontwerpaspect. Zo kan bijvoorbeeld het nastreven van een hoger kwaliteitsniveau op het ontwerpaspect 'daglichttoetreding' consequenties hebben op het kwaliteitsniveau van het aspect 'energie'. Verder dient te worden gerealiseerd dat een keuze voor de realisatie van een hoger kwaliteitsniveau voor alle ontwerpaspecten niet per definitie hoeft te resulteren in betere integrale kwaliteit.

Het totale PvE is zoals gezegd een sturingsinstrument. Als afsluiting van elke ontwerpfase (zie figuur 1) dient steeds weer nagegaan te worden of het PvE is gerealiseerd c.q. dat er geen belemmeringen zijn om het gewenste kwaliteitsniveau te realiseren.

Het totale PvE dient compleet te zijn ingericht (zie voorgaande opsomming voor onderwerpen die ten minste aan bod dienen te komen). Betrek de opdrachtgever daarbij door deze bewust te laten kiezen voor kwaliteitsniveaus. Dan is er sprake van betrokkenheid! In dit handboek bouwfysische kwaliteit zijn steeds realistische kwaliteitsniveaus gepresenteerd. Bij elk kwaliteitsniveau horen kosten, deze blijven echter beperkt wanneer vanaf de allereerste fase (dus vastgelegd in het PvE) duidelijk is wat de opdrachtgever verwacht. Definieer daarom de eisen SMART (specifiek, meetbaar, acceptabel, realistisch en tijdgebonden). Vooral duurzaamheidseisen (bijvoorbeeld een gewenst label) dienen zorgvuldig geformuleerd te worden om de aspecten integraal mee te nemen.

Per fase dient door de bouwprocesmanager een beslisdocument aan de opdrachtgever te worden voorgelegd. Het beslisdocument geeft aan of alle onderdelen van het PvE ook daadwerkelijk (integraal) zijn gerealiseerd. De opdrachtgever kan dan zien of aan de verwachtingen wordt voldaan

en of de werkzaamheden binnen het budget passen. In het beslisdocument worden daarnaast de risico's genoemd en de bijbehorende beheersmaatregelen. Per fase dient getoetst te worden of er aan de bouwregelgeving wordt voldaan. Door deze aanpak worden 'bezuinigingsronden' voorkomen. 'Bezuinigingsronden' zijn nooit voorzien tijdens de offertefase en worden daarom ook niet meegenomen in de budgetten voor adviseurs. In één keer goed ontwerpen leidt tot een optimaal eindresultaat.

## 1.3 Communicatie

**Goed communiceren is een noodzakelijke kwaliteit voor iedere deelnemer.**

Maak voorafgaand aan de start van een ontwerp- en uitvoeringsproces een zogenaamd procesontwerp. Ga na wie de actoren zijn in het proces en definieer de verschillende taken en verantwoordelijkheden per fase. Leg vast wie geïnformeerd moet worden. Vraag gedetailleerd een offerte aan bij de beoogde ontwerpteamleden; omschrijf de werkzaamheden en de verwachte kwaliteit, daarmee worden misverstanden (en teleurstellingen) bij alle partijen voorkomen. Door het gebruik van vinklijsten wordt inzichtelijk gemaakt welke verantwoordelijkheid bij welke partij wordt neergelegd. In paragraaf 1.5 Beschrijving van taken is hier een voorzet voor gegeven.

*Vergeet ook de belanghebbenden niet die wat verder van het proces af staan. Bijvoorbeeld omwonenden, gebruikers, pers, politiek, plaatselijke overheden, enzovoorts. Breng deze zorgvuldig in kaart en denk na over het informatietraject.*



Figuur 4 : het belang van goede communicatie

### 1.3.1 BIM (BouwInformatieModel)

Tijdens het ontwerpproces wordt visuele communicatie aanbevolen. Hiermee kan vaak beter worden aangeduid wat er wordt bedoeld dan met een omschrijving. Dit zijn bijvoorbeeld de tekeningen van de architect, maar dit kan ook een schets zijn van een bepaald klimaatconcept.

Steeds vaker wordt een 3D model gemaakt van een ontwerp. Als dit wordt aangevuld met productinformatie ontstaat er een BouwInformatieModel (BIM). Een BIM wordt vroeg in het ontwerp grof opgezet, en naarmate het proces vordert steeds gedetailleerder ingevuld. Normaal gesproken wordt een BIM gemaakt door de partijen die bouwdelen of installatieonderdelen ontwerpen, zoals een architect voor de gebouwonderdelen, een constructeur voor de constructies en een installatieadviseur voor de installaties. Later in het proces worden deze onderdelen aangeleverd door leveranciers zodat het model bestaat uit de onderdelen en objecten die ook daadwerkelijk gebouwd worden.

De meeste eisen uit dit handboek kunnen echter niet gekoppeld worden aan objecten. Zo is een geluidseis een eis voor een ruimtescheiding. Deze wordt gerealiseerd door verschillende objecten zoals de wand en de deur. Daarnaast is de geometrie van de ruimtescheiding niet altijd gelijk aan het object dat gemodelleerd is. Een wand kan dan opgeknipt worden in een deel met de betreffende eis en een deel dat niet hieraan hoeft te voldoen, maar dat leidt tot problemen in de uitvoering omdat het feitelijk wel één fysieke wand betreft. Bovendien is de modelleur als eigenaar verantwoordelijk voor

een element, een andere partij kan hier niet zomaar aanpassingen aan doen. Een wand die gemodelleerd is door de architect kan dus niet zomaar geknipt worden door een akoestisch adviseur.

Om zijn eisen visueel inzichtelijk te maken kan een adviseur ervoor kiezen om op basis van het bouwkundig BIMmodel een eigen prestatie-model te maken, dit kan vastgelegd worden in een aspectmodel. In dit aspectmodel, dat over het bouwkundig model kan worden gelegd, worden dan de eisen weergegeven voor bijvoorbeeld geluidsisolatie of de thermische schil, maar ook brandveiligheids- of beveiligingsaspecten kunnen in een aspectmodel worden weergegeven. Het prestatie-model wordt gemaakt met behulp van verder lege objecten, die de geometrische aanduiding zijn van een scheiding of ruimte waar een eis aan gesteld is. Van belang is dat het prestatie-model van de adviseur qua geometrie overeenkomt met het bouwkundig BIMmodel. Wijzigingen in het bouwkundig BIMmodel zullen verwerkt moeten worden in het prestatie-model.

De belangrijkste redenen van het eigen prestatie-model van een adviseur zijn:

- De verantwoordelijkheid voor het opleggen van een eis blijft bij de adviseur, er is geen mogelijkheid dat deze onbewust wordt verschoven omdat een object in het model verschuift
- Vrije keuze en mogelijkheid voor de geometrie van de eis, de eis is niet afhankelijk van eventueel aanwezige bouwelementen
- De bovenliggende eis wordt niet uit het BIMmodel verwijderd als het BIMmodel gevuld wordt met de bouwcomponenten die de eis moeten invullen. Hierdoor is er altijd inzicht in de bovenliggende eis.

Een prestatie-model gaat over het gehele gebouw, dit maakt een beoordeling uitgebreider dan wanneer er een representatieve verdieping uitgewerkt wordt. Als het model ingezet wordt voor automatische controles, bijvoorbeeld voor de posities van brandscheidingen, dan moet het model ook 100% up-to-date zijn. Het borgen van een kloppend prestatie-model ten opzichte van het bouwkundig BIMmodel is dan ook essentieel voor het gebruik van het prestatie-model.

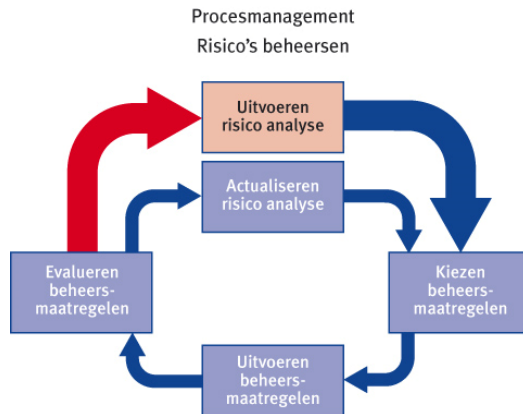
Wanneer het project wordt uitgevoerd op basis van een BIM-proces, dan wordt er een BIM uitvoeringsplan geschreven. De taken, bevoegdheden en leveringen van alle partijen, inclusief de adviseur, zullen daar ook in worden vastgelegd, inclusief de momenten waarop de leveringen moeten worden gedaan. Zorg dat de benodigde leveringen en leveringsmomenten eenduidig zijn beschreven voor alle partijen en controleer het BIM Uitvoeringsplan voordat het definitief wordt gemaakt.

De BIM-coördinator van het project is verantwoordelijk voor de communicatie binnen het project en bewaakt de beschreven afspraken in het BIM Uitvoeringsplan. Elke betrokken partij moet daarnaast zijn eigen afspraken bewaken en zich aan de controleronden conformeren. Naast het maken van een prestatie-model moeten dus ook de controleronden worden meegenomen in de werkzaamheden van de adviserende partij.

## 1.4 Risicomanagement

Elke fase dient te worden afgesloten met een zogenaamd beslisdocument, daardoor wordt voor het gehele team duidelijk wat de voortgang is en welke risico's nog dienen te worden weggewerkt.

In dit document staat vermeld dat de bij de betreffende fase behorende activiteiten zijn afgerond, welke risico's worden gesignaleerd en welke 'beheersmaatregelen' genomen moeten worden om dit risico te neutraliseren, zie figuur 5.



*Figuur 5 : Risicomanagementcyclus (bron: Risicomanagement voor projecten).*

De (bouw)procesmanager zorgt ervoor dat alle documenten aanwezig zijn en dat elke fase afgesloten wordt met een risicoanalyse en een beslisdocument.



## 1.5 Beschrijving van taken

In tabel 1 is de rol van de bouwfysicus in een ontwerpproces beschreven. Deze tabel is door de NVBV ontwikkeld, de DO-fase en de bestek fase zijn niet weergegeven.

	Vraagstelling	Producten adviseur	Adviseursrol		
			Bouwfysica	Akoestiek	Brandveiligheid
Masterplan, locatiekeuze	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gebiedsontwerp</li> <li>Bouwvolumes,</li> <li>Hoogtelijnen,</li> <li>Verdeling van functies.</li> </ul>	Richtinggevend advies en vaststellen randvoorwaarden plan t.a.v.: Windhinder; Bezoning, beschaduwning, lichthinder; Luchtkwaliteit omgeving; Energievraagprofiel; Geluidprofiel; Brandveiligheid; Evt. bodemkwaliteit, afwatering, biodiversiteit.	Advies -indien nodig- op basis van berekeningen: Windhinderprofiel (do's en don'ts); Bezoning gebouw en beschaduwning omgeving Hinderrisico reflecties en lichtuitstraling; Bronsterkten en frequentieverdelingen luchtvervuilingsbronnen; Energiegebruiken per functie en gebiedsgerichte voorzieningen; Onderzoek opwekkingsmogelijkheden (ook duurzaam) en vergunningen.	Advies -indien nodig- op basis van berekeningen: Inventarisatie geluidbronnen en vergunningen; Beoordeling gebouwvolumes en functies op basis van geluidbelasting; Inschatting geluideffect van plan op de omgeving inclusief verkeersaantrekkende werking.	Advies -indien nodig- op basis van berekeningen: Vluchtwegen en capaciteiten op basis van te plaatsen functies; Bereikbaarheid verschillende plandelen voor hulpdiensten.
SO-FASE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interpreteren van locatie- en terreingegevens</li> <li>Analyse van de ligging</li> <li>Bepalen kwaliteiten</li> <li>Ontwikkelen visie</li> </ul>	Visiedocument met daarin: Resultaten inventariserend onderzoek. Richtinggevende adviezen op basis van inventariserend onderzoek. Opsomming risico's en kansen bij de verdere planontwikkeling.	Inventariseren externe omstandigheden, geluid, zon, wind, sociale veiligheid etc. Inventariseren interne omstandigheden, type gebruiker, mogelijke toekomstige gebruikers. Vastleggen van aandachtspunten m.b.t. bouwfysische aspecten. Suggesties voor inspelen met het gebouw op de externe en interne omstandigheden.	Inventariseren risico geluidsbelastingen. Inventariseren risico geluidsafstraling. Vastleggen van uitgangspunten en aandachtspunten m.b.t. akoestische aspecten. Suggesties voor inspelen met het gebouw op de externe en interne omstandigheden.	Vastleggen van uitgangspunten en aandachtspunten m.b.t. brandveiligheid.
	Maken structuurontwerp; Stedenbouwkundig-architectonisch plan; Hoofdvorm bebouwing; Hoofdindeling bebouwing; Maken beeldkwaliteitplan; Onderzoek bebouwingcapaciteit; Zonering en morfologie (1:1.000/1:500); Stedenbouwkundig vlekkenplan (1:1.000/1:500); Hoofdmassa en oriëntatie gebouw (1:500/1:200) Vlekkenplan gebouw (1:500/1:200); Ontsluitingsprincipes gebouw; Zonering verkeersruimten; Maken V&G-r.i.e.	Tussentijdse korte richtinggevende adviezen en met alternatieve oplossingen en zondig benoemen van breekpunten (mondeling, e-mail e.d.) Eindrapportage met daarin Resultaten inventariserend onderzoek. Richtinggevende adviezen voor VO-fase op basis van inventariserend onderzoek. Opsomming risico's en kansen bij de verdere planontwikkeling. Zondig duidelijk benoemen van breekpunten bij de verdere planontwikkeling.	Concrete voorstellen hoe met het gebouw kan worden ingespeeld op de risico voor bv beschaduwning, windhinder e.d. Eerste afwegingen en concrete voorstellen voor vraagbeperking koude en warmte alsmede ventilatieprincipe i.v.m. lokale luchtkwaliteit, compactheid gebouw Afweging t.a.v. actieve en passieve zonne-energie Risico's bijzondere ruimten inzake hoogte, bezetting e.d.	Benomen risico's geluidsgeluidsoverlast tussen verschillende bouwfuncties	Benoemen risico's en voorstellen oplossingen en alternatieven ten aanzien van: Belemmeringen m.b.t. aanrijroute brandweer Beleningen Horizontale of verticale brandoverslag Opvang en doorstroomcapaciteit
VO-FASE	Uitwerken stedenbouwkundige inpassing; Situatieschets (1:500) Ontwerpen functionele en ruimtelijke indeling; Plattegronden (1:200/1:100); Doorsneden (1:200/1:100); Ruimtestaat Ontwerpen architectonische verschijningsvorm; Geveltekeningen (1:200/1:100) ; Maken V&G-RIE.	Tussentijdse korte richtinggevende adviezen en met alternatieve oplossingen en benoemen van kansen en bedreigingen (mondeling, e-mail e.d.); Eindrapportage met daarin: Gekozen oplossingen; Overzicht eisen en wensen waar (mogelijk) niet aan wordt voldaan; Richtinggevende adviezen voor DO-fase op basis van inventariserend onderzoek; Opsomming risico's en kansen bij de verdere planontwikkeling.	Concrete voorstellen om in te spelen op risico's op oververhitting; Concrete voorstellen voor integraal ontwerp inzake bouwkundige en installatietechnische aspecten.	Positionering ruimten binnen gebouw, gelet op externe belasting en gewenste interne isolatie; Ruimteakoestiek.	Advisering inzake: Compartimentering; Vluchtwegen; Brandoverslagrisico's.

Tabel 1: Beschrijving van de taken van de bouwfysicus in het ontwerpproces.

## 2 Duurzaamheid

De opwarming van de aarde brengt grote risico's met zich mee voor mens en milieu. Daarnaast hebben we te maken met uitputting van grond- en brandstoffen. Dit zijn redenen waarom duurzaamheid in de afgelopen decennia niet alleen een begrip, maar ook een steeds breder thema is geworden in de bouwpraktijk. Maar wat verstaan we eigenlijk onder duurzaamheid? Het begrip kent vele definities. Voor dit handboek nemen we de Brundtland definitie voor duurzame ontwikkeling als startpunt:

**“Duurzame ontwikkeling is de ontwikkeling die aansluit op de behoefte van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun behoefte te voorzien in gevaar te brengen.” – Gro Harlem Brundtland, 1987**

Vertaald naar gebouwen verstaan we onder duurzaamheid het elimineren van negatieve impact op mens en milieu nu én in de toekomst, gedurende de gehele levenscyclus van een gebouw.

Naast het elimineren van negatieve impact op milieuaspecten gaat duurzaamheid ook over het leveren van een positieve bijdrage op bijvoorbeeld sociale, economische en ruimtelijke aspecten, oftewel de triple P's: People, Planet, Profit/Prosperity. Denk bijvoorbeeld aan het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit en veiligheid, een prettiger gebruik van gebouwen met een positieve impuls voor de gezondheid van de gebruikers met minder ziekteverzuim en aantrekkingskracht voor nieuw personeel, inzetten van ruimten voor multifunctioneel gebruik voor een participatiesamenleving.

### 2.1 Duurzaamheidsbepalingen en -strategieën

Al vanaf de introductie van het begrip duurzaam bouwen in de eerste NMP (Nationaal Milieuprogramma) is breed invulling gegeven aan het programma met thema's als energie, ketenbeheer voor materialen, water en afval én kwaliteitsbevordering voor het binnenmilieu, ecologie en de gebouwde omgeving. In de laatste jaren zien we dat de wijze waarop hieraan invulling gegeven wordt in de bouw, vastgoedbranche en landelijke en Europese politiek verschuift van een focus op voornamelijk energie naar de gewenste verbreding.

Naast de thema's energie, water, gezondheid, sociale duurzaamheid etc. is belangrijk uit te gaan van een levenscyclus-benadering van realisatie, gebruik, renovatie, sloop en hergebruik. De duurzaamheid van een gebouw dient daarnaast altijd bekeken te worden in relatie met de omgeving en de gebruikers (gebied, gebouw, gebruik).

Om invulling te geven aan duurzaamheid zijn regels van toepassing vanuit de overheid en kan gebruik gemaakt worden van vele duurzaamheidsmaatregelen en -strategieën. Het thema duurzaamheid is op dit moment onderhevig aan voortdurende ontwikkeling. Onderstaand is een overzicht gegeven van regelgeving, normen, maatregelen en rekenmethoden. Door de voortdurende ontwikkeling is dit niet uitputtend. Het doel van dit hoofdstuk is een handreiking voor mogelijke duurzaamheidsmaatregelen en -meetinstrumenten.

#### 2.1.1 Wettelijke regels en bepalingen

Vanuit de Nederlandse Overheid worden er vanuit het Bouwbesluit (vanaf 1 juli 2023 Besluit Bouwwerken Leefomgeving BBL) een aantal verplichte eisen gesteld aan duurzaamheid: BENG (Bijna Energie Neutraal Gebouw), het Energielabel, MPG (Milieu Prestatie Gebouw), en diverse gezondheid gerelateerde eisen (op het gebied van daglicht, geluid, thermisch comfort). Vanuit de Wet milieubeheer worden voor de industrie eisen gesteld aan de energiebesparing van hun gebouwen, maar gelden ook grenzen aan de emissie en opslag van (toxische) middelen.

Op bepaalde thema's is het Nederlandse beleid gedeeltelijk gestuurd door Europese wetgeving, zoals onze energie labeling (EPA) een vertaling is van de Europese richtlijn energieprestatie gebouwen, afgekort EPBD (Energy Performance of Buildings Directive).

In de volgende tabel staan de vanuit het Bouwbesluit aangestuurde bepalingen voor duurzaamheid. Deze worden ook opgenomen in het Besluit Bouwwerken Leefomgeving.

Instrument	Soort	Beheerd door	Beoordeelt	Duurzaamheidsspectrum
BENG (Bijna Energie Neutrale Gebouwen)	Rekenmodel energieprestatie	Overheid, verplicht via Bouwbesluit	Gebouwen	Energie
Energie label	Rekenmodel leidend tot een label, verplicht bij verkoop en verhuur van woningen en utiliteitsgebouwen	Overheid, De Inspectie Leefomgeving en Transport controleert of er een geldig energie label is bij de verkoop, verhuur of oplevering van gebouwen	Bestaande gebouwen	Energie
MPG (Milieu Prestatie Gebouwen)	Rekenvoorschrift voor het bepalen van de milieuprestatie van gebouwen, door de milieubelasting van de materialen die in een gebouw worden toegepast te berekenen.	Overheid, verplicht via Bouwbesluit	Nieuwbouwwoningen en nieuwe kantoorgebouwen	Milieu-impact materialen

Tabel 2 Prestatie meetlatten conform Bouwbesluit/ Besluit Bouwwerken Leefomgeving

## 2.1.2 Privaatrechtelijke duurzaamheidsmeetlatten regels en bepalingen

Er zijn naast de wettelijke regels en bepalingen diverse methoden en vele instrumenten voorhanden om duurzaamheid in de gebouwde omgeving meetbaar te maken en te stimuleren, te integreren, te analyseren, te beoordelen en/of te certificeren.

In onderstaande tabellen is een korte beschrijving gegeven van enkele van deze instrumenten met hun focuspunten, zodat per project beoordeeld kan worden welke maatlat het belangrijkste en best toepasbaar is. De inhoud van de tabellen is grotendeels ontleend aan de tabel in het boek 'Duurzaam Bouwen van Jos Lichtenberg.

Instrument	Soort	Beheerd door	Beoordeelt	Duurzaamheids-spectrum
BREEAM-NL	Internationaal keurmerk voor het meten, certificeren en monitoren. Per onderdeel kunnen credits worden 'verdiend'. De optelling leidt tot een score en klassering.	DGBC (Dutch Green Building Council)	Er bestaan varianten voor nieuwe gebouwen, bestaande gebouwen, gebiedsontwikkeling en Sloop en Demontage	Management, gezondheid, energie, water, transport, materialen, afval, landschap en ecologie en vervuiling
LEED	Evaluatie-- en certificeringssysteem. Per onderdeel kunnen credits worden 'verdiend'. De optelling leidt tot een score en klassering	United States Green Building Council (USGBC)	Er bestaan varianten voor gebouwen, bestaande gebouwen en gebieden	Stedenbouwkundig plan, waterefficiëntie, energie en klimaat, materialen en grondstoffen, binnenmilieukwaliteit, innovatie in gebruik
GPR Gebouw	Rekenmodel onderverdeeld in duurzaamheidsthema's. De uitkomst is een rapportcijfer per duurzaamheidsthema	W/E adviseurs	Gebouwen (nieuw en bestaand). Er is een GPR-variant om gebieden te beoordelen. GPR Stedenbouw voor gebiedsniveau. GPR Vastgoed voor vastgoedportefeuilles	Energie, milieu, gezondheid, gebruikskwaliteit en toekomstwaarde zijn de 5 hoofdthema's. Daarbinnen 17 subthema's zoals materiaal, ruimte & natuur, luchtkwaliteit,

				adaptiviteit etc. CO <sub>2</sub> -uitstoot van energie en materialen en Paris Proof indicator zijn ook resultaten
Het Nieuwe Normaal (HHN)	KPI per thema om circulair bouwen versneld de standaard te maken, met een gebenchmarkte ondergrens: het nieuwe normaal	Cirkelstad en BZK	De circulariteit van een gebouw, gebied of infra	5 cluster thema's: materialen, energie, water, sociaal, management
Paris Proof	Prestatie-eisen voor bestaande bouw en voor nieuwbouw waarbij een gebouw voldoet aan de doelstelling volgens het klimaatakkoord.	DGBC (Dutch Green Building Council)	Bestaande bouw en nieuwbouw	Energie, Materiaal
CRREM (Carbon Risk Real Estate Monitor)	Een internationaal initiatief voor commercieel vastgoed dat energiebesparing stimuleert, vanuit een CO <sub>2</sub> -budgetbenadering. Het helpt vaststellen van doelstellingen voor operationele ("in gebruik") CO <sub>2</sub> -emissies voor bestaande vastgoedinvesteringen in overeenstemming met de ambities van het Akkoord van Parijs	EU CRREM	Bestaand commercieel vastgoed	Energie, CO <sub>2</sub> -reductie
Werkelijk EnergieNeutraal Gebouw (WENG)	Een gestandaardiseerde methodiek voor het bepalen van een indicator voor de werkelijke energie-efficiëntie van een gebouw. De WENG-indicator is gebaseerd op het aan de hoofdmeters van het gebouw gemeten energiegebruik en het gebruiksoppervlak van een gebouw.	TVVL	Bestaande gebouwen	Energie
Passiefhuis	Keurmerk voor een energiezuinig huis	Stichting Passief bouwen	Woningen	energie
Active House	Keurmerk voor een label van een comfortabel en duurzaam huis	Stichting Active House	Woningen	daglicht, thermische omgeving, binnenluchtkwaliteit, akoestiek, energievraag, primaire energieprestatie, energievoorziening, duurzaam materiaalgebruik en drinkwater
LCA	Methode bepaling milieubelasting producten als basis voor andere instrumenten		Met name producten en materialen	Bepaling milieubelasting van producten gedurende de gehele levenscyclus
DuBoCalc	Rekenmodel op basis van milieukosten	Rijkswaterstaat/Cenosco	Grond--, Weg-- en Waterbouw (GWW)	Materiaal, bouwwerk of bouwmethode
BCI (Building Circularityindex)	Meetinstrument waarmee de circulaire potentie van vastgoedobject is te bepalen	Alba Concepts	Gebouwen	Circulariteit van het materiaalgebruik en Losmaakbaarheid

WELL	Keurmerk voor het meten, certificeren en monitoren van de gebouwde omgeving	WELL Building Institute (IWBI)	Alle gebouwen	Gezondheid: Lucht, water, voeding, licht, vitaliteit, comfort en geest
Fitwel	Keurmerk voor certificeren gezond gebouw	U.S. Centers for Disease Control (CDC) and Prevention and U.S. General Services Administration	Kantoren, woongebouwen, campussen	Gezondheid: fitness en beweging, voeding en water, licht en uitzicht en mentale gesteldheid

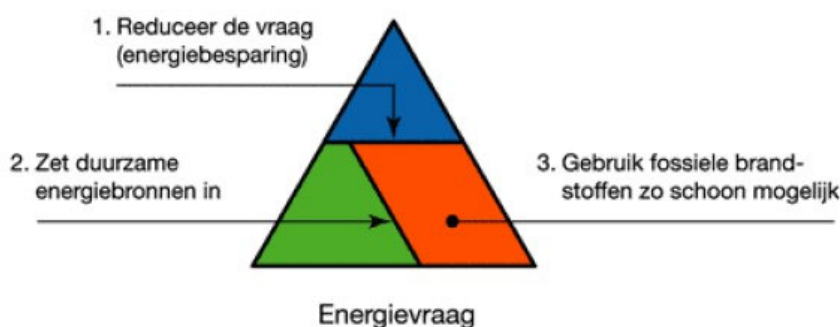
Tabel 3 Prestatie meetlatten voor integrale beoordeling van duurzaamheid

### 2.1.3 Duurzaamheidsstrategieën

Naast de bepalingen zijn er duurzaamheidsstrategieën die gebruikt kunnen worden, zoals Trias energetica, Cradle2Cradle (C2C), Industrieel Flexibel en Demontabel bouwen (IFD bouwen), Slimbouwen, Circulair bouwen (R-ladder / Schillenmethode).

#### Trias energetica

Bij het energetisch ontwerpen van gebouwen wordt vaak uitgegaan van de Trias Energetica, een strategie waarmee de volgorde van drie stappen naar een zo duurzaam mogelijk energieconcept wordt aangeduid. De drie opeenvolgende stappen (1 t/m 3) zijn weergegeven in figuur 6. In paragraaf 2.2 wordt dit verder uitgelegd.



Figuur 6 : Trias Energetica.

#### Cradle2Cradle

Duurzame ontwikkeling is in 1987 door de commissie-Brundtland gedefinieerd als de ontwikkeling waarbij de huidige generatie in haar noden voorziet, zonder de mogelijkheden daartoe voor de volgende generatie te beperken. Het streven van de cradle to cradle (C2C) visie gaat verder; het voorzien in onze eigen noden en ook de toekomstige generaties van meer mogelijkheden voorzien. Het belangrijkste principe hierbij is: probeer in plaats van minder slecht, goed te zijn.

C2C daagt ons uit producten en (productie-) systemen anders te ontwerpen om geen afval te laten ontstaan en kringlopen te sluiten. C2C maakt gebruik van drie basisprincipes die aan het begin staan van elk project:

- Afval is voedsel: alles is een grondstof voor iets anders.
- Gebruik zonne-energie: energie is hernieuwbaar en afgeleid van de zon.
- Diversiteit: culturele, innovatieve en biologische diversiteit.

## Slimbouwen

Een visie en assessment systeem op basis van jurering leidend tot een Slimbouwen keurmerk vanuit Stichting Slimbouwen. Gericht op bestaande en nieuwe gebouwen, bouwdelen, producten en bedrijven met de focus op flexibiliteit, reductie (materiaal), efficiëntie en (brede) duurzaamheid

## IFD-bouwen

IFD (Industrieel Flexibel en Demontabel Bouwen) gaat uit van scheiding van drager (casco) en inbouw (interieur). De milieubelasting gaat sterk omlaag als aanpassingen en verbouwingen flexibeler kunnen door toepassing van vernieuwbare grondstoffen en demontabel bouwen. Tegelijkertijd kan het industrieel fabriceren van bouwcomponenten en de ontwikkeling van assemblagetechnieken op de bouwplaats dit proces versterken en versnellen.

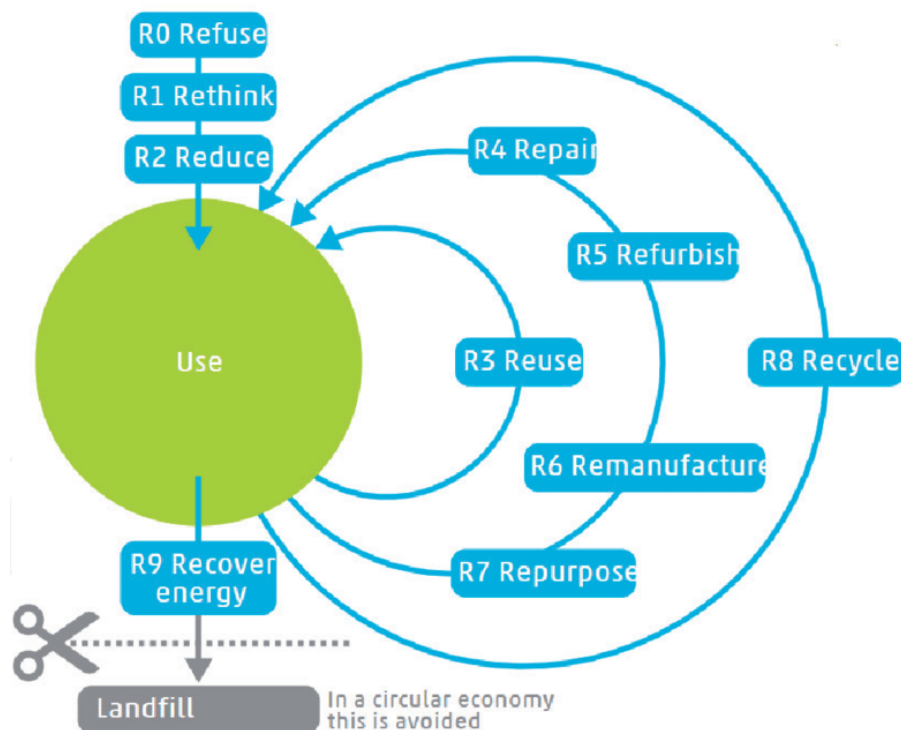
## Circulair bouwen (R-ladder)

Is een vorm van duurzaam bouwen waarbij de principes van circulariteit in de bouw worden toegepast. Een gebouw is circulair als bij de bouw en het beheer voorraden in een gesloten kringloop worden gehouden, zonder schadelijke emissies naar lucht, water en bodem. De strategie heeft als doel het bereiken twee belangrijke internationale beleidsdoelen:

- het tegengaan van de uitputting van grondstoffen;
- het beperken van klimaatverandering

In plaats van lineair denken en ontwerpen dient overgegaan te worden op circulair denken en ontwerpen, van een lineaire economie naar een circulaire economie. Onderstaand R-ladder model toont de 9 R -stappen van een circulaire economie die als houvast kunnen dienen bij circulair ontwerpen.

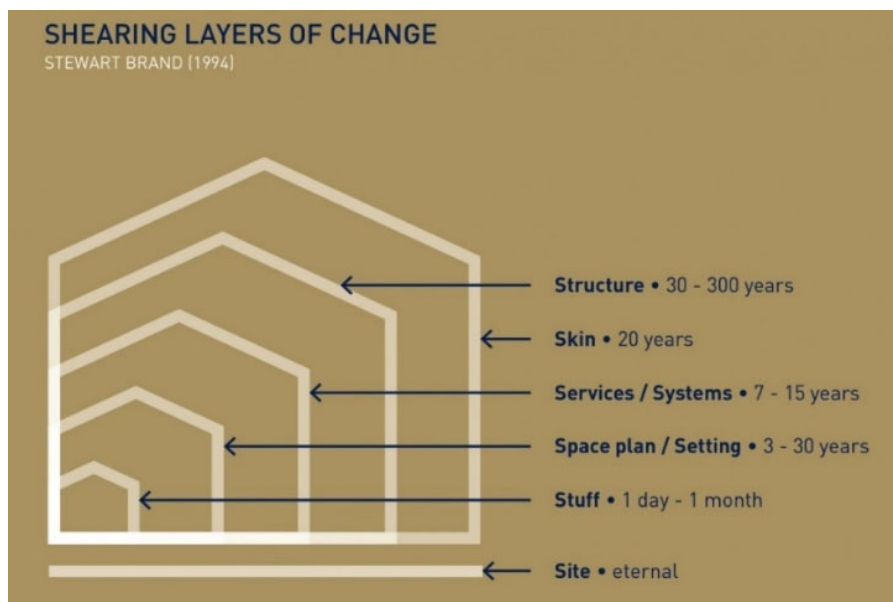
## Circular economy / R-ladder



Figuur 7: R-ladder van de circulaire economie [bron PBL]

## Schillenmethode

Een gebouw bestaat uit verschillende 'lagen', die ieder een eigen functie en een eigen levensduur hebben. Deze 'shearing layers' dienen als basis voor een circulaire ontwerpstrategie om waarde te bepalen en te handhaven. Daarbij is het van belang dat de verschillende lagen onderling losmaakbaar zijn, zowel op basis van hun functie als op basis van hun levensduur. Daarmee wordt waardebehoud van specifieke schillen mogelijk wanneer er in andere schillen aanpassing nodig is. Het kan ook als hulpmiddel dienen bij het nemen van strategische (investerings)beslissingen.



Figuur 8: Schillenmethode van Brandt [bron: NRP]

## Net zero carbon

Ambitie voor nul CO<sub>2</sub> uitstoot over de levenscyclus van een gebouw, waarin zowel gebouwgebonden- en gebruikersenergie als de in materiaal opgeslagen energie wordt beschouwd.

## Klimaatadaptief bouwen

Klimaatbestendig en waterrobuust bouwen en inrichten van gebieden, ter beperking van hittestress, droogte, bodemdaling, door opvang en vertraagde afvloeiing van regenwater voorkomen van overstromingen, aardbeving bestendig bouwen en stimuleren van de biodiversiteit. Het heeft betrekking op het realiseren van meer weerstand en aanpassingsvermogen aan de extremer wordende klimaatomstandigheden d.m.v. vergroening van bodem, gevel en dak, stimuleren van bodemleven, voorzieningen voor vogels, vleermuizen en insecten, schaduw, licht, kleurgebruik en wateropslag.

## Natuurinclusief bouwen

Natuurinclusief bouwen is een vorm van duurzaam bouwen waarbij zodanig gebouwd en ingericht wordt dat de relatie tussen het gebouw en de directe en indirecte natuurlijke omgeving wordt versterkt en een positieve bijdrage wordt geleverd aan de lokale biodiversiteit en natuurwaarden.

Biodiversiteit wordt daarbij in het ontwerp van de gebouwde omgeving geïntegreerd, door groen tussen, over en in het gebouwontwerp te betrekken. Kortom, meer natuur in de gebouwde omgeving. De voorzieningen ondersteunen groen en biodiversiteit, denk aan groene daken en gevels, gras- en groenstroken met vogel, vlinder en bijvriendelijke bloemen en struiken die groenzones en ecosystemen verbinden, ingemetselde nestkasten en insectenmuren.



Door natuurinclusief te bouwen en te ontwerpen is het mogelijk gezonde en aantrekkelijke steden en dorpen te creëren, die voor alle gebruikers een prettige leefomgeving zijn. Investeren in groene kwaliteit levert immers veel meer op dan alleen maar een mooi plaatje, het draagt bij aan de kwaliteit van de leefomgeving. Goed stedelijk groen zorgt voor verkoeling in de zomerhitte, buffering van water, wind-en geluiddemping, het zuivert de lucht, geeft mogelijkheden tot ontspanning en recreatie, het bevorderen van sociale contacten, voedselvoorzienig en biedt volop ruimte aan medestadsbewoners, zoals huismus, gierzwaluw, merel of gewone dwergvleermuis.

### **Biofilisch ontwerpen**

Biofilisch ontwerpen speelt in op de biologische band tussen mens en natuur met positief effect op welzijn en gezondheid. Elementen uit de natuur worden geïntegreerd in de bouwomgeving, met de gezondheid en het welzijn van de mens als grootste belang. Zo wordt gebruik gemaakt van organische vormen en natuurlijke kleuren en materialen en wordt er gezorgd voor veel daglicht, planten, frisse lucht en uitzicht op groen en water en eventuele blootstelling aan natuurgeluiden. In een gebouw dat volgens de biofilische principes is ontworpen, worden zo alle zintuigen betrokken bij een beleving die zo dicht mogelijk bij de natuur staat. Nog verder gaat het wanneer het gebouw wordt gezien als een ecosysteem: alles hangt met elkaar samen en moet in balans zijn.

### **Biomimicry**

Bij bio-imiterend ontwerpen wordt de natuur goed geobserveerd en vervolgens als inspiratie gebruikt en als model gestaan voor (ontwerp) oplossingen voor problemen in onze menselijke maatschappijen. Het wordt ook wel bio-inspired design genoemd. Het gaat over het vertalen van de kennis van de natuur naar innovaties. De natuur is een namelijk een systeem dat al eeuwenlang ervaring heeft op het gebied van veerkracht, adaptiviteit en efficiëntie.





## 2.2 Energie

Het bevorderen van de energiezuinigheid van gebouwen is belangrijk vanwege de mondiale uitputting van fossiele brandstoffen en benodigde verlaging van onze CO<sub>2</sub> uitstoot. De energiebesparing draagt bij aan het verlagen van de exploitatiekosten van een gebouw en sluit aan bij het (inter)nationale klimaatbeleid en de daarbij behorende doelstellingen.

### 2.2.1 Energieambities

#### Bestaande bouw EPA Label

Vanaf 1 januari 2023 geldt een energielabelverplichting voor een kantoorgebouw met een kantoorfunctie voor meer dan 50% van het totale gebruiksoppervlakte en waarvan het gebouw minimaal 100 m<sup>2</sup> is. De verplichting houdt in dat er een grenswaarde is gesteld aan het primair fossiel energiegebruik bepaald conform NTA 8800. In 2023 betreft dit energielabel C. Naar verwachting zal deze eis in de loop der tijd strenger worden.

Voor woningen geldt dat een energielabel verplicht is bij de verkoop, verhuur en oplevering ervan.

#### Nieuwbouw BENG

Ten aanzien van de energieprestatie worden vanuit het Bouwbesluit (Besluit Bouwwerken Leefomgeving) eisen geformuleerd voor de energieprestatie uitgedrukt in BENG-indicatoren. Een nieuw gebouw dient minimaal te voldoen aan de actuele energieprestatie normering BENG (Bijna Energie Neutrale Gebouwen), te bepalen volgens de Energieprestatienorm Gebouwen (NTA 8800).

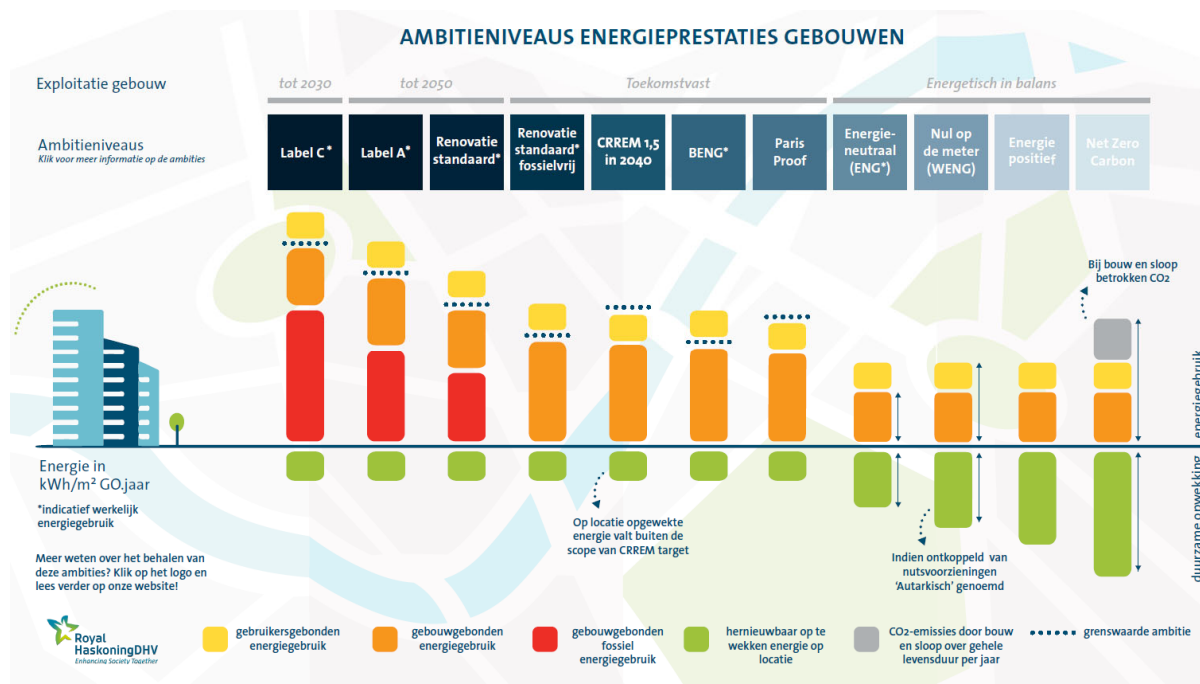
De BENG methodiek bestaat uit 3 indicatoren:

- BENG-1 betreft de maximale energiebehoefte uitgedrukt in kWh per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak per jaar. Deze wordt berekend aan de hand van de energiebehoefte voor de koeling en verwarming, de gebouwschil en de geometrie hiervan.
- BENG-2 betreft het maximaal primaire energiegebruik uitgedrukt in kWh per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak per jaar. Deze wordt berekend door het primaire energiegebruik van de verwarming, koeling, warmtapwaterbereiding en ventilatoren bij elkaar op te tellen. Voor utiliteitsgebouwen wordt ook de verlichting meegerekend. Hernieuwbare energiebronnen zoals PV-panelen mogen hiervan worden afgetrokken.
- BENG-3 betreft het aandeel hernieuwbare energie in procenten. Deze wordt berekend door de totale hoeveelheid hernieuwbare energie te delen door de hoeveelheid primaire energie en hernieuwbare energie bij elkaar opgeteld. Hernieuwbare energie is afkomstig uit zon, wind of biomassa. Het gebruik van energie uit de buitenlucht en bodem voor de opwekking van elektriciteit is verrekend in het rendement (COP-waarde) van het installatieconcept.

De eisen verschillen per gebouwfunctie. Voor woningen geldt nog een vierde BENG-indicator: TOjuli. Ter voorkoming van oververhitting in woningen is conform artikel 3.10 van de regeling Bouwbesluit 2012 nog een vierde indicator van toepassing, de maximale factor voor de temperatuuroverschrijding TOjuli of GTO, die eveneens conform NTA 8800 wordt bepaald. Deze indicator moet op woningniveau worden berekend. Als er actieve koeling wordt toegepast in het installatieconcept voor de woningen, dan wordt de indicator niet berekend.

### Bovenwettelijke Energieambities

Naar verwachting zullen de energie-eisen aan gebouwen in de nabije toekomst verder aangescherpt worden. Voor een toekomstbestendig gebouw is het aan te bevelen een bovenwettelijke energieambitie te formuleren. Hierin kan naast het gebouwgebonden energieaandeel, zoals bij BENG en het EPA energielabel, ook het gebruikersgebonden energie-aandeel of de CO2 footprint van materialen worden meegenomen. Een schematische weergave van ambities is weergegeven in onderstaande figuur 9.



Figuur 9. Visualisatie ambitieniveaus energieprestatie (Bron: Royal HaskoningDHV)

#### 2.2.1.1 Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	Goed	Uitstekend
Energieprestatie	Bouwbesluit / BBL	Energie neutraal gebouwgebonden	Energie neutraal (gebouwgebonden en gebruikersgebonden)

Tabel 4 : Prestatieniveaus duurzame energie.

#### 2.2.1.2 Bepalingsmethode:

NTA 8800

##### 2.2.1.2.1 Aanvulling(en):

De energiebehoefte van een gebouw is in drie hoofdcategoryën te verdelen: gebouwgebonden energiegebruik voor de klimaatinstallatie en verlichting, gebruikersgebonden energiegebruik en materiaal-gebonden energiegebruik. Hoewel het gebruikersgebonden energiegebruik vaak significant is ten opzichte van het totaal, wordt in dit bouwkundig handboek uitsluitend naar het gebouwgebonden energieaandeel gekeken. Ook het materiaalgebonden energieaandeel is vaak

aanzienlijk. Voor het aandeel van materialen verwijzen we naar de volgende paragraaf van dit hoofdstuk.

### Energiebehoefte reduceren (stap 1)

De energiebehoefte van een gebouw voor HVAC- en verlichtingsinstallatie kan beperkt worden door het energieverlies te beperken door transmissie via de schil, infiltratie door naden en kieren en de ventilatie. Stralingswarmte van de zon kan zowel nuttig zijn voor het verminderen van de warmtelast als ongewenst door een toename van de koelbehoefte.

Maatregelen ter overweging voor het effectief reduceren van de energiebehoefte:

- **Compact gebouw** (gunstige vormfactor): klein schiloppervlak t.o.v. bouwvolume zorgt voor lage transmissie en infiltratie verliezen. Stapelen (optoppen) vergroot de compactheid van een ontwerp, als ook het creëren van diepe vleugels.
- **Gevelontwerp afgestemd op de oriëntatie en gebruiksfunctie:** Ruimten met hoge warmtebehoefte aan zuidzijde, ruimten met koudebehoefte aan noordzijde. Open/dicht verhouding afgestemd op oriëntatie en de warmte- en koudebehoefte van de gebruiksfunctie. Invulling transparante geveldelen gericht om zon te weren (zonwerend glas, diepe neggen, overstekken, buitenzonwering of binnenzonwering) of juist zon binnen te laten. Gevelontwerp altijd de benodigde daglichttoetreding laten meewegen voor gezondheid gebruikers en beperken gebruik verlichting.
- **Slimme indeling gebouw**, door slimme indeling en clusteringen in het gebouw reduceer je de energievraag:(verblijfs)ruimten met een daglichtvraag liggen direct aan de gevel, ruimten zonder daglicht-behoeften (berging, verkeersruimten, techniek, opslag, distributie etc.) intern. Cluster alle warmte producerende ruimten en alle gekoelde ruimten en realiseer bufferzones daartussenin, zodat de energievraag dan zo per zone geoptimaliseerd kan worden. Plaats installaties centraal, zodat leidinglengtes en kanalen beperkt kunnen blijven.
- **Hoogwaardige schil passend voor balans koel- en warmtebehoefte:** (Na)isoleren van dichte geveldelen en transparante delen (HR++ of triple glas), hoogwaardige kierdichting. Doorlopende thermische schil, zonder koudebruggen. Laat bij de mate van isolatie altijd het materiaalgebruik meewegen in de besluitvorming en kies voor duurzame isolatiematerialen waar mogelijk.
- **Landschappelijke inrichting:** gebruik making beschaduwning omliggende bebouwing en aanplant van groen om omgevingstemperatuur te verlagen en zon in de zomer te weren.
- **Ventileren met warmterugwinning:** Goede ventilatie is essentieel voor het welzijn van mensen. Door gebruik te maken van warmterugwinning wordt de energie van de retourlucht uitgewisseld met de toevoerlucht. Comfortverhogend en energiebesparend.
- **Maak gebruik van daglicht:** Besparing op elektrische verlichting. Gebruikmaking patio, solar tubes.
- **Inzet aanwezigheidsdetectie:** Uitschakelen of terugschakelen verlichting, verwarming, koeling en ventilatie bespaart energie.
- **Toepassing groene of lichte daken:** Voorkomen opwarming dakoppervlak (en hittestress) en/of realiseren van thermische buffer/ hoogwaardige schil.
- **Klimaatgevel en groene gevels:** Hoogwaardige schil, hoge isolatiegraad en benutten van warmte accumulatie.
- **Ontwerpen voor de gebruikers;** door rekening te houden met hun vraag, behoeften en gedrag is de kans groot dat ze er aangenaam verblijven en het gebouw duurzaam gebruiken. Te openen ramen. Overweeg bredere setpoints, mag de verwarming een graadje lager/koeling een graadje hoger.
- **Energie uitwisselen met omliggende gebouwen:** Als het mogelijk is energie uit te wisselen met gebouwen in de omgeving, reduceert hiermee de totale energiebehoefte. Bijvoorbeeld datacenters kunnen een energieoverschot hebben dat nuttig ingezet kan worden voor omliggende functies. Inventariseer hoeveel energie er beschikbaar is in de omgeving en wanneer deze beschikbaar is en op welke temperatuur. Uitwisseling van energie kan plaatsvinden met een energienet. (idem vorm van anticyclisch ontwerpen).
- **Opslaan van energie:** Toepassing van batterijen, bouwmassa of phase changing materials voor het verlagen van piekbelastingen en creëren van een bufferend en stabiliserend effect. Anticyclisch ontwerpen: Buffering van thermische energie in een gebouw kan bijdragen aan het beperken van pieken in de energievraag.

### Gebruik duurzame energiebronnen (stap 2)

Wanneer de energievraag vanuit het ontwerp is teruggebracht en alle opties voor uitwisseling van warmte en koude met omliggende gebouwen is gemaximaliseerd, is de volgende stap om duurzame energie te gebruiken. Welke duurzame energie beschikbaar is of lokaal opgewekt kan worden is locatie afhankelijk.

Maatregelen ter overweging voor het inzetten van duurzame energiebronnen:

- **Geothermische energie:** Gebruik maken van een systeem met warmte- en koudeopslag of aardwarmte, oppervlaktewater, afvalwater.
- **Zonne-energie:** Benutten van ruimte die beschikbaar is op dak, gevel en terrein voor het opwekken van elektriciteit (Photo Voltaïsche cel), de opwekking van warmte (zonnecollector) of een combinatie hiervan (PVT panelen).
- **Windenergie:** Windturbine.
- **Warmtenet:** lokaal beschikbaar warmtenet voor aansluiting op duurzame restwarmte

Andere duurzame energietechnieken zijn:

- **Bio-energie:** biomassaboilers/-verwarmingssystemen of Warmtekrachtkoppeling op biomassa of biogas.
- **Energie uit water:** Waterkracht, Getijde-energie, Golfenergie, Osmotische energie.
- **Waterstof:** als opslagbuffer/batterij

Maximeer het gebruik van decentraal opgewekte energie om bestaande energienetten zo weinig mogelijk te belasten en voorkom de export van energie via deze netten. Neem daarom in de afweging voor lokaal beschikbare duurzame energiebronnen de warmte en koudevraag van het gebouw mee (anticyclisch ontwerpen). Overweeg daarin ook een collectief systeem.

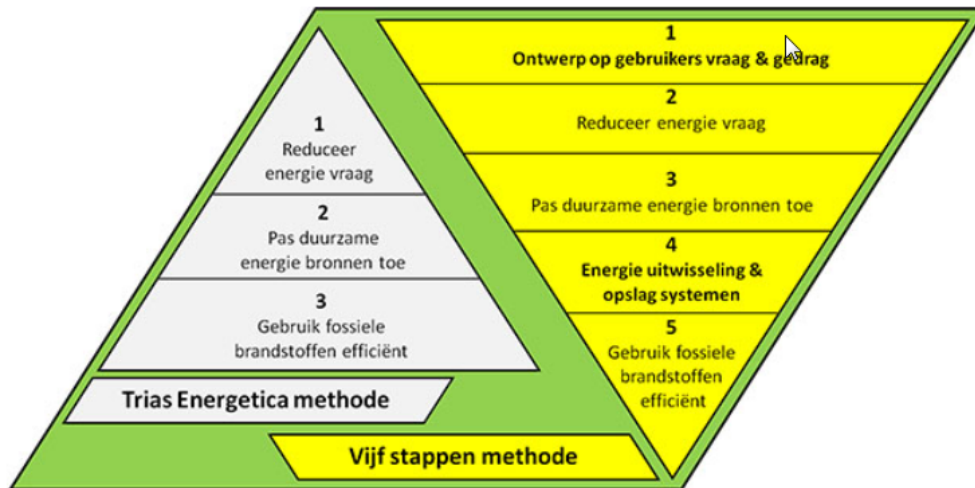
### Gebruik fossiele brandstoffen en energie zo zuinig mogelijk (stap 3)

De doelstelling is om de gebouwen van de toekomst energieneutraal of energieleverend te ontwerpen. De meeste gebouwen zullen niet zelfvoorzienend worden ontworpen, waardoor ze aangesloten blijven op landelijke energienetten (die vooralsnog niet van volledig duurzaam energie zijn voorzien). En ook met duurzame energie moeten we zuinig blijven omspringen.

Maatregelen ter overweging voor het zo efficiënt mogelijk gebruiken van fossiele energie:

- **Hoog rendement installaties:** warmtepompen, LED verlichting, energiezuinige ventilatoren, vochtterugwinning, warmteterugwinning.

Aanvullend op deze strategie kunnen nog twee componenten worden toegevoegd. Door het ontwerp af te stemmen op de gebruiksvraag en het -gedrag wordt ook het aandeel van de gebruiker beter geïntegreerd in het gebouw. Een tweede aanvulling is dat gebruik gemaakt dient te worden van energie-uitwisseling en opslag systemen, omdat duurzame energie niet altijd beschikbaar is op de momenten wanneer het benodigd is. In onderstaand figuur is dit inzichtelijk gemaakt.



Figuur 10: 5 stappen methode [Bron: RoyalHaskoningDHV]

## 2.3 Materiaal

### 2.3.1 Milieu Prestatie Gebouwen (MPG)

Het stimuleren van het gebruik van materialen met een lage milieu-impact gedurende de volledige levenscyclus van het gebouw.

Analoog aan de Trias Energetica strategie zou met betrekking tot materiaalgebruik de volgende drie stappen achtereenvolgens doorlopen moeten worden:

- Beperk het gebruik van nieuwe materialen: Hergebruik bouwmaterialen en maximaliseer hoogwaardige recycling.
- Gebruik duurzame materialen: Gebruik bio-based materialen waar mogelijk
- Selecteer materialen met de laagste milieu impact

Vanaf 1 januari 2013 moet conform het Bouwbesluit / BBL bij elke omgevingsvergunningsaanvraag voor nieuwbouwwoningen en kantoren (> 100 m<sup>2</sup>), een milieuprestatieberekening materialen bijgevoegd worden. De berekening is op basis van de SBK-Bepalingsmethode Milieuprestatie gebouwen en GWW-werken (incl. de Nationale Milieudatabase). De eis vanuit het Bouwbesluit is momenteel een MPG ≤ €0,80 voor woningen en MPG ≤ €1,00 voor kantoren.

Ten behoeve van de vergelijkbaarheid worden de milieueffectscores per thema gewogen en gesommeerd. Vervolgens wordt deze gedeeld door de bruto vloeroppervlakte (BVO) van het gebouw tot één indicator. De weegfactoren en weegmethode (schaduwrijzen) zijn in de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken vastgelegd. De MPG gaat momenteel uit van 11 milieueffecten die vanwege harmonisatie met Europese standaarden worden omgezet naar 19 milieueffecten. Mogelijk gaan ook de weegfactoren in de toekomst veranderen vanwege deze harmonisatie of voortschrijdende inzichten over milieuproblemen.

Voor de levensduur wordt de standaard levensduur van 50 jaar voor utiliteitsgebouwen en 75 jaar voor woningen aangehouden. Het is mogelijk om onder voorwaarden deze verwachte levensduur te

verlengen. Om de levensduur te onderbouwen en meer te reguleren heeft stichting NMD na overleg met ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijk het rapport 'Richtlijn specifieke levensduur – Bedoeld voor toepassing bij de milieuprestatieberekening' laten opstellen. Hierin is een gestaffelde levensduurbenadering uitgewerkt met default-waarden. Ook is een rekenmethodiek uitgewerkt met een vorm van expert judgement wanneer afgeweken wordt van de default waarde.

### 2.3.2 Losmaakbaarheid

Losmaakbaarheid is de mate waarin objecten demonteerbaar zijn op alle schaalniveaus binnen werken en gebouwen. Het doel is dat het object de functie kan behouden door goed onderhoud en/of vervanging en hoogwaardig hergebruik realiseerbaar is. Losmaakbaarheid krijgt pas echt waarde in combinatie met andere factoren, zoals hergebruikspotentie, hoogwaardige recycling en adaptiviteit (flexibiliteit). Er is een meetmethode om tot een losmaakbaarheidsindex te komen, waarbij volledig aangesloten wordt op de meetmethode voor de Milieuprestatie Gebouwen (MPG). Deze methode van Alba Concepts, DGBC en W/E adviseurs is gebaseerd op vier factoren: type verbinding, toegankelijkheid van de verbinding, doorkruising en vorminsluiting. Per bouwelement wordt gekeken hoe het met elk van deze vier factoren gesteld is en dit wordt teruggebracht tot één score. Deze score kan vervolgens gewaardeerd worden in de bestaande systematiek van BREAAAM-NL en GPR Gebouw.

De Building Circularity Index (BCI) – Gebouw is een wetenschappelijk onderbouwde en in de praktijk beproefde meetmethode om de circulaire potentie van een bouwwerk te bepalen. Normaliter worden circulaire aspecten naast elkaar getoond, maar in BCI Gebouw worden meerdere aspecten samengebracht in één score voor de mate van circulariteit van het vastgoedobject. De BCI bestaat uit twee Kritieke Prestatie Indicatoren (KPI's). Deze KPI's zijn Materiaalgebruik en Losmaakbaarheid. De Building Circularity Index bepaalt de circulaire potentie van een bouwwerk in een percentage tussen de 0% en 100%, waarbij 0% volledig lineair en 100% volledig circulair is.

### 2.3.3 Materialenpaspoort / Gebouwpaspoort

Om hergebruik op materiaal-, product-, element- en gebouwniveau te bevorderen worden paspoorten binnen de bouwsector gezien als een belangrijk middel om te komen tot circulaire bouw. Een Gebouwpaspoort is een materialenpaspoort voor een gebouw en vormt een digitale representatie van het betreffende gebouw met een focus op de toegepaste materialen en producten.

Om een paspoort op gebouwniveau (gebouwpaspoort) te genereren wordt in beginsel gebruik gemaakt van twee type databronnen: gebouwwdata (een BIM model) en materiaal en/of productdata.

Hoewel er alternatieven zijn (bijvoorbeeld een materiaallijst of inventarisatie van bestaand vastgoed), is de gebruikelijke en wenselijke basis om een gebouwpaspoort te genereren van het BIM model van het object. Het BIM model bevat veel bruikbare informatie over de toegepaste materialen en/of producten, geometrische data en materiaalclassificaties (NL-SfB). Concreet dienen de elementen in het BIM model tenminste te voldoen aan drie basisvereisten:

1. Materiaal- en/of productbeschrijving: dit geeft inzicht in de toegepaste materialen en/of producten in het gebouw.
2. De NL-SfB classificatiecodering: dit geeft inzicht in de locatie van toegepaste materialen/ producten in het gebouw.
3. De geometrische eigenschappen: dit geeft inzicht in geometrische data van toegepaste materialen/ producten in het gebouw.

Daarnaast is het zeer wenselijk de elementen in het BIM model aan te vullen informatie met betrekking tot losmaakbaarheid en demontage.

Vervolgens wordt het BIM model verrijkt met materiaal en/of productdata. Hierbij kan worden gekozen tussen generieke- of product specifieke databronnen. Product specifieke data is bijvoorbeeld afkomstig van de EPD of LCA analyse van de producent van het product of (op een lager kwaliteitsniveau) van branchedata. Om de betrouwbaarheid en kwaliteit van het paspoort te vergroten

gaat de voorkeur uit om zo veel mogelijk product specifieke data te gebruiken ten opzichte van generieke data.

Met de verrijking van het BIM model met materiaal en/of productdata kan het paspoort worden verrijkt me onder andere, maar niet uitsluitend, de volgende data:

- Productinformatie zoals productnaam, productcode, soortelijk gewicht/volume en materiaalsamenstelling van het product.
- Circulaire eigenschappen zoals (in %) toegepast gerecycled/hergebruikt/(snel) hernieuwbaar materiaal; losmaakbaarheidsinformatie (indien niet vastgelegd in het BIM model); functionele en technische levensduur; te recycelen of hergebruiken materialen aan het einde van de levensduur.
- Milieueigenschappen zoals CO<sub>2</sub> (embodied carbon); uitputting van grondstoffen; watergebruik of toxiciteit.

### 2.3.4 Gezondheidsaspecten materialen

**Het bevorderen van een gezonde en goede kwaliteit van de binnenlucht doordat de gebruikte bouw- en afwerkingmaterialen een lage emissie van schadelijke, 'vluchtige organische verbindingen' en andere schadelijke stoffen veroorzaken.**

Heel wat materialen bevatten vluchtige organische stoffen, waaronder formaldehyde en terpenen. Dergelijke stoffen kunnen zorgen voor geurhinder en/of bijvoorbeeld hoofdpijn en irritaties aan ogen en slijmvliezen veroorzaken. Soms kan je de aanwezigheid van hoge concentraties aan vluchtige organische stoffen ruiken (bv. verflucht), maar er kunnen ook schadelijke hoeveelheden stoffen aanwezig zijn zonder dat je het merkt. Selecteer (bouw) materialen die minder of geen van deze stoffen bevatten en waarvan de emissie van 'vluchtige organische verbindingen' uit de binnen het gebouw toegepaste 'bouw- en afwerkingsmaterialen' voldoen aan de gestelde grenswaarden voor emissies in de NEN-EN 16000- 9:2016.

#### 2.3.4.1 Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	Goed	Uitstekend
<b>Milieu-impact Materiaal</b>	Bouwbesluit / BBL	Paris Proof	Paris Proof en materialenpaspoort en/of volledig demontabel

Tabel 5 : Prestatieniveaus materiaalgebruik.

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	Goed	Uitstekend
<b>Lage emissie bouwmaterialen</b>	Minimaal 60% aantoonbaar	Toegepast en aantoonbaar (onderbouwd met certificaten) op alle bouwmaterialen	Toegepast en aantoonbaar (onderbouwd met certificaten) op alle bouwmaterialen en VOS concentratie binnenlucht is gemeten en lager dan de grenswaarde van de gezondheidsraad

Tabel 6 : Prestatieniveaus lage emissie van materialen.

### 2.3.4.2 Bepalingsmethode:

Berekening van het milieuprofiel met de 'Handleiding Milieuprestatie Gebouwen'.

Op [www.milieudatabase.nl](http://www.milieudatabase.nl) is een lijst met gevalideerde programma's opgenomen die gebruikt kunnen worden voor het bepalen van de milieuprestatie van gebouwen.

- MPG - berekening milieuprestatie op gebouwniveau;
- LCA (Life cycle analysis) - berekening milieuprestatie op productniveau
- MCI (Material Circularity Indicator) – berekening milieuprestatie
- Materialenpaspoort (herkomst en waarde van elk materiaal inzichtelijk)

#### 2.3.4.2.1.1

Voor de beoordeling van de milieubelasting van de gebruikte materialen wordt gebruikgemaakt van de meest recente versie van:

- Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken (thans: geïntegreerde versie 1.1 van maart 2022) gebaseerd op de Europese norm EN 15804+A2
- Nationale Milieudatabase (NMD) [www.milieudatabase.nl](http://www.milieudatabase.nl).

## 2.4 Omgevingsaspecten

Naast de duurzame maatregelen die wij kunnen nemen aan gebouwen zijn er ook aspecten voor de omgeving. Voorbeelden hiervan zijn hittestress, droogte en overstromingen. In de vorige versie van dit handboek stonden eisen gegeven voor waterberging. Deze waren niet meer actueel. Er is daarom gekozen om deze uit deze update van het handboek te laten. Het is een wens vanuit de redactie om deze onderwerpen in volgende updates wel weer uit te kunnen diepen.

## 2.5 Relevante normen en documenten

- Duurzaam Bouwen 'Een praktische inleiding voor Built Environment' (2019) door Jos Lichtenberg & Boom uitgevers Amsterdam
- Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken (Stichting Bouwkwiteit, versie 2.0, Definitief, November 2014).
- NTA 8800 (2023) Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode.
- BRL Breeam NL Nieuwbouw 2020, versie 1.0

Enkele van bovenstaande tekstinformatie zijn tot stand gekomen met hulp van vrij toegankelijke internetbronnen.



## 3 Stedenbouwfysisch comfort

### 3.1 Windhinder

De eisen aan windhinder en windgevaar (paragraaf 3.2) dienen om een verantwoord windklimaat in de gebouwde omgeving te bereiken.

Het windklimaat bij een gebouw wordt meestal bepaald door niet alleen dat gebouw, maar ook door de omringende gebouwen. Zelfs de gebouwen en bomen en struiken in de ruimere omgeving kunnen invloed op het windklimaat hebben. Die omringende gebouwen kunnen zorgen voor beschutting. Hoge gebouwen kunnen ook verantwoordelijk zijn voor een slechter windklimaat bij lagere gebouwen in de omgeving. Een onbeschutte ligging van een hoog gebouw aan de rand van een stad leidt tot een slechter windklimaat dan verwacht mag worden indien dat gebouw in het midden van een grote stad ligt, omringd door andere hogere gebouwen.

Natuurlijk heeft ook de wind invloed op het windklimaat: zo maakt het uit of een gebouw in de kuststrook ligt, waar hogere windsnelheden voorkomen of in het binnenland.

Er zijn geen "nationale" wettelijke eisen of publiekrechtelijke normen inzake windhinder of windgevaar. Wel hebben sommige lokale overheden eisen gesteld aan het windklimaat, veelal als onderdeel van een hoog-bouw-effect rapportage.

#### Windklimaatonderzoek

In de NEN 8100 'Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving' wordt onder andere aangegeven in welke situaties een windklimaatonderzoek noodzakelijk geacht wordt. Dit beslismodel is in tabel 7 weergegeven.

Hoogte en ligging van het bouwplan	Noodzaak van toetsing (windtunnel of CFD)
Beschut* liggende gebouwen tot een hoogte van 15 m.	geen nader onderzoek noodzakelijk
Beschut* liggende gebouwen, hoogte van 15 tot 30 m.  Onbeschut liggende gebouwen tot een hoogte van 30 m.	de hulp van een windhinderdeskundige is noodzakelijk om te beoordelen of er wel of geen onderzoek noodzakelijk is
Gebouwen met een hoogte vanaf 30 m.	nader onderzoek noodzakelijk

Tabel 7: Beslismodel NEN 8100

Om te beoordelen of een bouwwerk beschut ligt, dienen alle obstakels (boomkruinen en gebouwen) in een straal van 300 m rondom het bouwwerk beschouwd te worden. Wanneer deze 20% van de totale oppervlakte beslaan, het bouwwerk niet meer dan 50% boven de gemiddelde hoogte van de obstakels uitsteekt en de afstand tussen het bouwwerk en de obstakels niet groter is dan 10 x de gemiddelde hoogte van de obstakels, ligt het bouwwerk 'beschut'.

Indien een windklimaatonderzoek noodzakelijk geacht wordt, biedt de NEN 8100 de mogelijkheid om eisen aan windhinder (= 'comfort') en windgevaar (zie paragraaf 3.2) te formuleren. Er worden kwaliteitsklassen onderscheiden, waarbinnen de windhindergevoeligheid afhankelijk is van de activiteit die maatgevend wordt geacht voor elk gebied, zie hieronder.

### Criteria voor windhinder

Het criterium voor de beoordeling van windhinder is uit de volgende onderdelen opgebouwd:

Een drempelsnelheid ter beoordeling van windhinder.  
*De drempelsnelheid bedraagt 5 m/s.*

Een overschrijdingskans van deze drempelsnelheid.  
*Hoe vaker de drempelsnelheid van 5 m/s overschreden wordt, hoe slechter het windklimaat ervaren zal worden. Aan de kans dat de drempelsnelheid van 5 m/s overschreden wordt zijn 5 kwaliteitsklassen (A tot en met E) gekoppeld. Het beste windcomfort wordt gevonden in klasse A. Klasse E staat voor het laagste kwaliteitsniveau.*

Windhindergevoeligheid van de activiteit die men op een locatie onderneemt.  
*Bij de criteria ten aanzien van windhinder wordt rekening gehouden met de activiteit die maatgevend of kenmerkend voor een gebied wordt geacht. Een gebied kan gezien worden als een duidelijk afgebakend deel van de openbare ruimte: 'plein' of 'trottoir', maar ook als een nader aan te wijzen zone voor een entree (entreegebied). Afhankelijk van de windhindergevoeligheid van die activiteit wordt een overschrijding van de drempelsnelheid geaccepteerd.*

*Er worden bij de beoordeling van windhinder drie 'activiteiten' onderscheiden:*

- *Doorlopen: Niet / nauwelijks windhindergevoelig, bijvoorbeeld: parkeerterrein, trottoir.*
- *Slenteren: Wel windhindergevoelig, bijvoorbeeld: entree, park, winkelstraat.*
- *Langdurig zitten: Meest windhindergevoelig, bijvoorbeeld: terras, bankje in park.*

Afhankelijk van de activiteit wordt aangegeven of het lokale windklimaat, bij een bepaalde overschrijding van de drempelsnelheid (= kwaliteitsklasse) als goed, matig of slecht voor de activiteit beoordeeld wordt, zoals aangegeven in tabel 8.

#### 3.1.1 Windhindercriteria voor windcomfort conform NEN 8100:

	Kwaliteitsklasse				
	A	B	C	D	E
Kans dat de drempelsnelheid (5 m/s) overschreden wordt [% van aantal uren per jaar]	< 2,5 %	2,5 - 5 %	5 - 10 %	10 - 20 %	> 20 %
Activiteiten					
Doorlopen (niet windhinder gevoelig)	Goed	Goed	Goed	Matig	Slecht
Slenteren (wel windhinder gevoelig)	Goed	Goed	Matig	Slecht	Slecht
Langdurig zitten (meest windhinder gevoelig)	Goed	Matig	Slecht	Slecht	Slecht

Tabel 8: Beoordeling van het windklimaat

Voor het stellen van eisen om kantoorgebouwen kunnen de eisen volgens Tabel 9 Tabel 8 worden aangehouden. Het windklimaat op een terras is met windklimaat A nog niet zo goed als op een terras van een horecaondernemer gewenst zou zijn. Het windklimaat voor een hoofdentree wordt gevraagd in een beperkt gebied, waar de gebruikers van het gebouw staan te wachten tot er toegang wordt verleend, of het gebied waarin zij bij het verlaten van het gebouw zich aanpassen aan het mindere windklimaat op hun verdere route.

Bij nevenentrees, looproutes vanaf een hoofdentree en bijvoorbeeld parkeerterreinen worden beschouwd als niet windhindergevoelig. Daar volstaat een windklimaat wat hoort bij de activiteit 'doorlopen'.

**Prestatieniveaus:**

	kwaliteitsniveau		
	basis (klasse C)	goed (klasse B)	uitstekend (klasse A)
Terras	B	A	A
Hoofdentree	C	B	A
Looproute naar entree, trottoir, parkeerterrein	D	C	B

Tabel 9: Grenswaarden voor het windklimaat

**Bepalingsmethode:**

NEN 8100 (2006) nl: "Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving"

**Aanvulling(en):**

Noodzakelijkheid van windonderzoek: beslismodel

Om snel en eenvoudig de noodzaak van toetsing van een bouwplan ten aanzien van windhinder in te schatten is in de NEN 8100 een beslismodel opgezet. Dit beslismodel is vooral van toepassing indien het ambitieniveau niet zo hoog is: kwaliteitsklasse C of D. Wordt een zeer goed windklimaat nagestreefd (kwaliteitsklasse A of B) dan kan ook voor een bouwplan, waar op grond van het beslismodel volgens de NEN 8100 geen onderzoek noodzakelijk is, een onderzoek naar het windklimaat nodig zijn om de maatregelen te bepalen die nodig zijn om dat hoge ambitieniveau te bereiken.

Windhinder wordt in de norm beoordeeld voor gezonde en vitale mensen. Als een gebouw bedoeld is voor kleine kinderen, invaliden en bejaarden, zou men strengere normen moeten hanteren dan NEN 8100 hanteert.

Geadviseerd wordt om bij een hoog ambitieniveau een windhinderdeskundige een (kwalitatief) vooronderzoek te laten uitvoeren, waarbij nagegaan dient te worden of er een noodzaak is van toetsing van de bouwplannen door een (kwantitatief) windtunnel- of CFD-onderzoek.

## 3.2 Windgevaar

Met windgevaar worden zodanig hoge windsnelheden bedoeld dat mensen ernstige problemen ondervinden tijdens het lopen. Bejaarden, mindervaliden en kinderen lopen een risico te vallen.

### 3.2.1 Criteria voor windgevaar

Voor windgevaar wordt een drempelsnelheid van 15 m/s (uurgemiddelde windsnelheid) aangehouden.

#### Windhindercriteria voor windgevaar conform NEN 8100:

<b>Kans dat de drempelsnelheid (15 m/s) overschreden wordt [% van aantal uren per jaar]</b>	< 0,05%	0,05 - 0,3 %	> 0,3 %
<b>Kwalificatie</b>	geen gevaar, voldoet	beperkt risico	gevaarlijk

Tabel 10 : Criteria voor windgevaar volgens NEN 8100.

Voor het stellen van eisen aan het windgevaar geldt dat gevaar in principe niet toelaatbaar is in gebieden waar personen regelmatig verblijven. De kwalificatie 'beperkt risico' is hooguit acceptabel voor gebieden om kantoorgebouwen waar personen normaliter niet zullen komen. Om die reden is een onderscheid in kwaliteitsniveaus die als goed of uitstekend beschouwd worden niet zinvol. Hooguit kan enig windgevaar worden geaccepteerd indien het zeer grote gevolgen heeft om geen gevaar te bereiken. Omdat een kans van minder dan 0,05% betekent dat nog 4 uur per jaar windgevaar geaccepteerd wordt is ten opzichte van de NEN 8100 nog één grenswaarde toegevoegd. Om kantoorgebouwen kunnen de eisen volgens Tabel 11 worden aangehouden.

#### Prestatieniveaus:

	kwaliteitsniveau		
	juist acceptabel (klasse C)	basis (klasse B)	goed (klasse A)
<b>Terras, hoofdentree</b>	< 0,05%	< 0,01%	0%
<b>Looproute naar entree, trottoir, parkeerterrein</b>	< 0,05- 0,3%	< 0,05%	< 0,01%
<b>Incidenteel toegankelijk gebied</b>	< 0,05- 0,3%	< 0,05- 0,3%	< 0,05%

Tabel 11 : Grenswaarden voor windgevaar: kans dat de drempelsnelheid van 15 m/s overschreden wordt als percentage van het totaal aantal uren per jaar.

#### Bepalingsmethode:

NEN 8100: "Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving".

#### Aanvulling(en):

Een 'beperkt risico' is slechts acceptabel bij niet windhindergevoelig gebruik, te weten de activiteit 'doorlopen' of voor plekken waar geen activiteit zal plaatsvinden (geen entrees, loop- of fietsroutes). Voor de activiteiten slenteren en langdurig zitten is een beperkt risico op gevaar niet acceptabel. Alle

situaties met een overschrijdingskans groter dan 0,3 % van de tijd zijn evident gevaarlijk en behoren te allen tijde te worden vermeden; het publiek mag hier niet aan worden blootgesteld.

### 3.3 Bezinning en beschaduwning

#### Eisen aan beschaduwning (of bezinning) dienen om een goed 'klimaat' te verzekeren.

De eisen die vanwege bezinning voor kantoren kunnen gelden worden gesteld om hinderlijke beschaduwning door het gebouw te voorkomen.

Er zijn geen wettelijke eisen of publiekrechtelijke normen inzake bezinning of beschaduwning.

Gemeenten kunnen eisen: soms als toets voor in principe ieder bouwplan, soms als onderdeel van een hoogbouw-effect rapportage. Doel van die eisen is om hinder door het nieuwe bouwplan door de schaduw die veroorzaakt wordt te beperken.

Omdat bezinning voor woningen gewaardeerd wordt worden de eisen gewoonlijk alleen voor woningen en woonbestemmingen gehanteerd. Een enkele gemeente stelt ook eisen aan de maximale beschaduwning van openbare of semi-openbare buitenruimten bij scholen en kindcentra. De gemeentelijke eisen zijn veelal gebaseerd op de lichte TNO-norm, maar kunnen aangevuld zijn met allerlei bepalingen.

Wanneer een gemeente geen eigen beleid heeft waaraan getoetst wordt kan beschaduwning toch relevant zijn, wanneer gebruikers van bestaande woningen of daarmee gelijk te stellen bestemmingen hinder ondervinden door de beschaduwning van een nieuw gebouw. In de jurisprudentie vanwege planschade bij woningen vanwege beschaduwning wordt (voor zover bekend: altijd) gerefereerd aan de lichte TNO-norm.

De lichte TNO-norm verlangt minimaal 2 mogelijke bezonningsuren per dag in de periode van 19 februari tot en met 21 oktober ter plaatse van het midden van de vensterbank aan de binnenkant van het raam.

De aanvullende bepalingen kunnen betrekking hebben op het berekenen van de mogelijke bezonningsduur voor alleen de uren dat de zonshoogte meer is dan bijvoorbeeld 10°, maar ook op de positie waar de bezinning berekend dient te worden (anders dan in het midden van de vensterbank) en het mogelijk sommeren van de bezonningsduur over voor- en achtergevel.

Beschaduwning bij een woning wordt in een stedelijke omgeving veelal niet alleen door één enkel gebouw veroorzaakt, maar door alle gebouwen. Bij een bezinningsonderzoek wordt dus bepaald hoe lang de bezonningsduur op de gevel van een gebouw of in een gebied is ten gevolge van alle beschaduwende gebouwen.

Voor utiliteitsgebouwen is er geen duidelijke wens voor bezinning. Bezinning van een gevel van bijvoorbeeld een kantoorgebouw wordt niet als wenselijk beschouwd.

Omdat er alleen gemeentelijke eisen zijn, die per gemeente kunnen verschillen en die dienen om hinderlijke beschaduwning door een (kantoor-)gebouw te voorkomen dienen de lokale eisen gehanteerd te worden. Indien er geen gemeentelijk beleid is ten aanzien van het voorkomen van hinderlijke beschaduwning door een bouwplan is het raadzaam om de lichte TNO-norm te hanteren.

**Prestatieniveaus:**

	kwaliteitsniveau		
	basis (klasse C)	goed (klasse B)	uitstekend (klasse A)
<b>Bestaande woningen en woonbestemmingen</b>	Lichte TNO-norm	Lichte TNO-norm	Lichte TNO-norm
<b>Openbare en semi-openbare buitenruimten 1)</b>	Lichte TNO-norm	Lichte TNO-norm	Lichte TNO-norm

Tabel 12 : toetsingscriteria voor bezonning

- 1) Voor zover de gemeente aan de bezonningsduur van die gebieden een eis heeft gesteld

**Bepalingsmethode:**

Lichte TNO-norm voor bezonningsonderzoek (met gemeentelijke aanvullende bepalingen) in combinatie met een bezonningssimulatie.

**Aanvulling(en):**

Er zijn gemeenten die een sommatie van de bezonningsduur van verschillende gevels toestaan voor vertrekken in een woning die daglichtopeningen in verschillende gevels hebben.

### 3.4 Reflectie van (zon-) licht op de gevels van een gebouw

Er zijn verschillende overwegingen om eisen te stellen aan de reflectie van een gebouw. Vaak is glas het meest reflecterende deel van een gevel. De reflectie van (zon) licht is van belang om de volgende redenen:

- Esthetische waardering: een te sterk reflecterend gebouw wordt niet gewaardeerd
- Sterke reflectie van zonlicht op een gevel kan in de omgeving tot hinder of schade leiden
- Reflectie van zonlicht - en dus van de kortgolvlige straling van de zon – beperkt de opwarming van de gevel of het dak van een gebouw, en heeft daarmee een positief effect op het beperken van het warmte eiland effect

Vanwege de esthetische waardering worden eisen aan glas gesteld die mede afhankelijk zijn van de heden geldende opvattingen. In de tweede helft van de vorige eeuw zijn relatief veel reflecterende gebouwen gerealiseerd. De esthetische eisen zijn daarom ook subjectief en geen universeel geldende normen, en geven de opvattingen die in een gegeven periode gehanteerd worden weer.

Sterkte reflectie van zonlicht kan tot schade of hinder leiden. Voorbeelden daarvan zijn wegverkeer, dat gehinderd wordt door reflecterend zonlicht, en in de gevels van gebouwen spiegelend licht, dat tot schade (aan kunststof gevels van belendende gebouwen, bij holle gevels tot schade aan objecten die in het brandpunt staan) leiden. Ook hinder in een gebouw door reflecterend zonlicht kan voorkomen: zowel hinder door de door reflectie op ramen van omliggende gebouwen vallende zonnestraling, die tot een ongewenste interne warmtelast leidt als tot verblinding cq lichthinder bij gebruikers van naastgelegen gebouwen. Voor dit aspect is het niet mogelijk een algemeen geldende eis te formuleren: of hinder of schade door reflectie van (zon-)licht kan optreden ligt aan de oriëntatie van een reflecterende gevel en de positie en gevels van omringende gebouwen – of van wegen of buitenruimte waar hinder of schade niet uitgesloten is.

Om het warmte-eiland effect te beperken is een goede reflectie van de op een gebouw vallende zonnestaling juist wenselijk. Dit aspect hoort bij het hoofdstuk duurzaamheid.

### Eisen aan de reflectiecoëfficiënt van een gebouw (om esthetische redenen).

Er zijn geen wettelijke eisen of publiekrechtelijke normen voor de reflectie van licht door gebouwen. Wel zijn er in het verleden projecten gerealiseerd die tot een zodanige hinder hebben geleid dat er juridische procedures over zijn gevoerd.

#### 3.4.1 Criteria voor de reflectiecoëfficiënt van de gevels van gebouwen:

In Tabel 13 is een classificatie voor de buitenlichtreflectie van gevels opgenomen. De eisen gelden aan de buitenlichtreflectiecoëfficiënt van elk materiaal dat is toegepast als gevelafwerking aan de buitenzijde van het gebouw, er mag geen toetsing aan een gemiddelde lichtreflectiecoëfficiënt plaatsvinden. Voor beglazingen dient de buitenlichtreflectie  $RL_{ext}$  bepaald te zijn volgens EN 410. Klasse D zou alleen toegepast moeten worden wanneer een spiegellende gevel wordt nagestreefd, en aangetoond is dat er geen risico is op schade of hinder door lichtreflectie op het gebouw.

#### Prestatieniveaus:

	Waardeoordeel	Buitenlichtreflectie [%]
<b>Klasse A</b>	Uitstekend	$RL_{ext} \leq 15\%$
<b>Klasse B</b>	Goed	$15 < RL_{ext} \leq 20\%$
<b>Klasse C</b>	Matig	$20 < RL_{ext} \leq 35\%$
<b>Klasse D</b>	Slecht *)	$RL_{ext} > 35\%$

Tabel 13 : Klasse-indeling en waardering van buitenlichtreflectie.

Opmerkingen:

Klasse A is te zien als een basisniveau voor de kwaliteit ten aanzien van de buitenlichtreflectie, waarbij het oordeel goed is. In deze klasse valt het grootste deel van de gebruikelijke beglazing, inbegrepen de (licht-) zonwerende beglazingen.

Klasse B omvat beperkt reflecterende gevelafwerkingen, waaronder de beglazingen die als 'licht reflecterend' beschouwd mogen worden.

Klasse C omvat de reflecterende gevelafwerkingen, waaronder de beglazingen die als 'reflecterend' beschouwd moeten worden. Bij gebouwen die voorzien zijn van gevelafwerkingen die in klasse C vallen kan hinder door lichtreflectie optreden.

Klasse D omvat de hoog reflecterende gevelafwerkingen, waaronder de beglazingen die als 'spiegelend' beschouwd kunnen worden. Bij gebouwen die voorzien zijn van gevelafwerkingen die in klasse D vallen dient aangetoond te worden dat geen schade of ontoelaatbare hinder door lichtreflectie in de omgeving van het gebouw zal optreden.

Er zijn vele typen beglazing die een buitenlichtreflectie van minder dan 15% hebben: het gewone blanke floatglas (zowel enkel als dubbelglas), HR<sup>++</sup>-beglazing en meerdere typen zonwerende beglazing. Ook in de zonwerende beglazingen zijn meerdere glastypen van verschillende fabrikanten leverbaar met een buitenlichtreflectie van minder dan 15% en een absolute zontoetredingsfactor (ZTA-waarde) van niet meer dan 30%.

De buitenlichtreflectie heeft enkel betrekking op de directe (spiegelende) reflectie. Een lichte en mat afgewerkte gevel heeft een buitenlichtreflectie die groter zal zijn dan 30%, maar zal niet leiden tot hinderlijke reflectie.

### 3.5 Buitenluchtkwaliteit

**Slechte luchtkwaliteit is ongewenst als buitenruimten actief worden benut en gebruikers daar een fysieke inspanning leveren.**

In de Wet Milieubeheer (Wm) zijn grenswaarden op basis van blootstellingsduur en uit oogpunt van volksgezondheid vastgelegd. In Nederland is regelgeving omtrent luchtkwaliteit vastgelegd in de Wet milieubeheer en de Regeling beoordeling luchtkwaliteit (Rbl).

Hoe de luchtkwaliteit kan worden gemeten en berekend is aangegeven in de Rbl. Volgens de Regeling en de Wet zijn er geen beperkingen om te bouwen/wonen wanneer de concentraties van de maatgevende stoffen stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>), fijn stof (ook wel PM10: kleine stofdeeltjes, doorsnee tot 10 micrometer) en zwevende deeltjes (ook wel PM2.5 vanaf 2015) onder de grenswaarden blijven. In het geval van voorzieningen voor gevoelige groepen zoals kinderen, bejaarden en zieken zal extra onderzoek moeten uitwijzen dat er geen sprake is van een (dreigende) overschrijding van de grenswaarden.

De Nederlandse (Europese) grenswaarden uit het oogpunt van gezondheid voor fijn stof (jaargemiddelde concentratie) liggen beduidend hoger dan de grenswaarden voorgesteld door de WHO (World Health Organisation). Voor de veel kleinere fracties fijn stof (<PM1) en het voor de gezondheid veel schadelijker ultrafijn stof (PM<sub>0,1</sub>) gelden vanuit de Nederlandse wetgever geen eisen. Ultrafijn stof is een actueel onderwerp in het maatschappelijk debat en van hedendaags wetenschappelijk onderzoek.

In Nederland is de luchtkwaliteit slechter dan in overige Europese landen, dit komt onder andere door de hoge bevolkingsdichtheid en het compacte ruimte gebruik. Op verkeersbelaste zones binnen de Randstad worden de normen voor luchtkwaliteit overschreden.

Voor kantoorlocaties waar mensen maar een deel van de dag verblijven gelden vanuit de Wm geen eisen voor luchtkwaliteit. Volgens het blootstellingscriterium dient de luchtkwaliteit te worden beoordeeld daar waar de bevolking kan worden blootgesteld gedurende een periode die in vergelijking met de middelingstijd van de betreffende luchtkwaliteitseis significant is. Hoewel voor kantoorlocaties uurlijkse en 24-uurs grenswaarden relevant zijn, gezien de middelingstijd, worden deze grenswaarden in Nederland nagenoeg niet overschreden. Uitgezonderd zijn kantoorlocaties boven een drukke auto(snel)weg.

In veel gevallen zal het toch onwenselijk zijn kantoren te vestigen op locaties met een relatief slechte luchtkwaliteit. Werknemers kunnen bijvoorbeeld behoren tot een gevoelige groep, het kantoor heeft een baliefunctie met veel bezoekers, of de zorg van een werkgever voor het bieden van een veilige werkplek. Slechte luchtkwaliteit is ook ongewenst als buitenruimten actief worden benut en gebruikers daar een fysieke inspanning leveren.

Voor het verbeteren van de buitenluchtkwaliteit kan aangesloten worden bij de ontwerp oplossingen van de GGD, waarvan enkele specifiek van toepassing zijn voor kantoren en kantoorlocaties.

Ontwerpoplossingen zijn te onderscheiden in het nemen van bron-, overdracht- en ontvangstmaatregelen.

Bronmaatregelen zijn veelal generieke maatregelen. Denk aan strengere emissie-eisen autoverkeer. Het stimuleren van andere vervoerswijzen en telewerken wordt ook gezien als bronmaatregel, evenals het beperken van parkeervoorzieningen. Overdrachtsmaatregelen zijn maatregelen tussen bron en ontvanger, bijvoorbeeld het natreinigen van de weg. Ontvangstmaatregelen zijn effectief daar waar mensen zich bevinden. Gedacht kan worden aan de ventilatievoorziening van gebouwen, aan geluid- en/of luchtschermen, vliesgevels (bebouwing), hogere gebouwen (dragen bij aan sterkere luchtstroming) en een ruimere opzet van weg-layout.

In de aanvullingen hieronder worden enkele ontwerp oplossingen nader toegelicht. In hoofdstuk 8 Binnenluchtkwaliteit worden zijn de eisen voor de buitenluchtkwaliteit opgenomen.



## Aanvulling(en):

### Schermen

Geluids- en of luchtschermen hebben een positief effect op de luchtkwaliteit in de directe omgeving van de weg. De oplossing is alleen voor rijkswegen en drukke provinciale wegen denkbaar. Binnen het stedelijk gebied zijn schermen veelal ruimtelijk onmogelijk of stuiten op stedenbouwkundige bezwaren.

### Afschermdende gevels

Met een vliesgevel aan een gebouw kan een tussenruimte worden gecreëerd die het gebouw afschermt van lawaai en luchtverontreiniging. Door de tussenruimte te ventileren met 'schone' lucht vanaf de luwe zijde van het gebouw, is het mogelijk om alle daaraan gelegen ruimten en de tussenruimte te voorzien van lucht die aan de eisen voor een goede luchtkwaliteit voldoet.

### Buitenruimten

Voor buitenruimten geldt dat deze op milieubelaste locaties zoveel mogelijk aan de luwe zijde (minst belaste zijde) van het gebouw gesitueerd dienen te worden. Op deze wijze wordt optimaal gebruikgemaakt van de bouwvorm.

### Gebouwvorm

Een aantal stedenbouwkundige principes kunnen de luchtkwaliteit beïnvloeden. Oplossingen voor knelpunten van luchtverontreiniging hebben echter ook (ruimtelijke) nadelen. Hoe hoger gebouwen, hoe harder het op loopniveau gaat waaien. Dit leidt tot lagere concentraties luchtverontreiniging. Het effect op de verblijfswaarde van de openbare ruimte kan vanuit het oogpunt van windhinder echter minder gunstig uitpakken. Bij een stelsel van gebouwen speelt dit mogelijk nog sterker. Met (CFD) computational fluid dynamics kunnen deze effecten gecombineerd in beeld worden gebracht.

### Weg-layout en bebouwing

Bij luchtkwaliteit rondom drukke wegen is de directe fysieke omgeving van belang. Hoe breder de wegen, des te eenvoudiger verdunt luchtverontreiniging door wind. Brede wegen zijn kostbaar vanwege het ruimtebeslag. Nieuwbouw in de directe omgeving van een bestaand kantoor kan de luchtkwaliteit ter plaatse nadelig beïnvloeden doordat een gesloten straatprofiel, canyon vorming ontstaat, waardoor lucht minder gemakkelijk verdunt.

### Groen

In het algemeen geldt dat bomen de luchtkwaliteit in de stad verbeteren vanwege de opname van schadelijke stoffen uit de lucht. In de directe nabijheid van een weg hebben bomen een remmend effect op de windsnelheid waardoor de luchtverontreiniging minder verdunt en de luchtkwaliteit verslechtert. Hoewel bomen schadelijke stoffen uit de lucht opnemen is dit effect kleiner dan de negatieve invloed op de windstroming.

### Tunnels

Bij zeer drukke wegen is een overkapping van de weg of het ondertunnelen van de openbare ruimte een oplossing om de luchtverontreiniging lokaal op te lossen. Omdat bij de tunnelmonden de situatie slechter wordt, zijn aanvullende voorzieningen in de vorm van schermen of mechanische afzuiging noodzakelijk om te voldoen aan de wettelijke grenswaarden.

## **Geluidsbelasting**

Hoge geluidsbelastingen hebben tot gevolg dat de buitenruimten nabij gebouwen minder benut kunnen worden. In de Wet geluidhinder zijn hierover eisen opgenomen. Het ligt buiten de scope van dit handboek om hier verder op in te gaan.

Daarnaast zal bij hoge geluidsbelastingen de geluidswering van de gevel beter moeten zijn om een goed binnenklimaat te kunnen blijven waarborgen. In het hoofdstuk akoestisch comfort wordt hier nader op ingegaan.

## Definities

*Buitenlichtreflectie (RLext):*

*mate waarin een gevel licht reflecteert, bepaald volgens EN 410.*

*PM10 , PM2,5, PM10 en PM0,1:*

*stofdeeltjes met een diameter kleiner dan 10  $\mu\text{m}$ , 2,5  $\mu\text{m}$ , 1,0  $\mu\text{m}$  respectievelijk 0,1  $\mu\text{m}$ .*

*Windhinder:*

*ondervinden van hinder ten gevolge van wind.*

*Windgevaar:*

*optreden van een zodanig hoge windsnelheid dat bij personen in ernstige mate problemen optreden bij het lopen.*

## Relevante normen en documenten

NEN 8100: (2006) "Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving".

Lichte TNO-norm voor bezonningsonderzoek.

Regeling beoordeling luchtkwaliteit (Rbl).

## 4 Gebouwschil en constructie

Veel eisen in dit handboek hebben een relatie met de gebouwschil. De belangrijkste kwaliteitseisen aan de gebouwschil worden in dit hoofdstuk afzonderlijk besproken. Daarbij moet men zich echter blijven realiseren dat ze een onderdeel vormen van een integraal ontwerpproces, waarbij de onderlinge beïnvloeding moet worden bekeken.

De volgende aspecten komen bij de gebouwschil aan de orde:

- Thermische isolatie (niet-transparante en transparante geveldelen) - par. 4.1 en 4.2
- Thermische bruggen - par. 4.3
- Luchtdoorlatendheid en waterdichtheid – par. 4.4, 4.5 en 4.6
- Hygrische kwaliteit (inwendige condensatie) - par. 4.7
- Brandwerendheid - par. 4.8
- Daglichttoetreding en uitzicht (hoofdstuk 5 Visueel comfort)
- Ventilatie (hoofdstuk 8 Binnenluchtkwaliteit)

Het betreft dus een groot aantal eisen uit verschillende invalshoeken. Een ontwerp dat aan alle eisen voldoet is daarom vaak een gecompliceerde en specialistische opgave. Zeker als er verzwarende omstandigheden zijn, zoals luchtvervuiling, een verhoogde geluidbelasting e.d. Het is verstandig deze aspecten gestructureerd te toetsen en de ontwerper van de gebouwschil onderbouwde adviezen aan te leveren om (bouwtechnische 'details' van) de gebouwschil te verbeteren.

Een aantal van bovenstaande aspecten wordt behandeld in aparte hoofdstukken van dit handboek (zie de inhoudsopgave).

### 4.1 Thermische isolatie van niet-transparante geveldelen

De warmteweerstand van de niet transparante geveldelen moet zodanig zijn dat warmteverliezen in het stookseizoen en (bij koeling) koudeverliezen in de zomerperiode worden beperkt.

De prestatie-eisen hebben betrekking op (conform Bouwbesluit):

- De niet transparante delen van een uitwendige scheidingsconstructie van een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte.
- Een constructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte en een kruipruimte, met inbegrip van de op die constructie aansluitende delen van andere constructies, voor zover die delen van invloed zijn op de warmteweerstand.
- Een inwendige scheidingsconstructie die de scheiding vormt tussen een verblijfsgebied, een toiletruimte of een badruimte, en een ruimte die niet wordt verwarmd of die wordt verwarmd voor uitsluitend een ander doel dan het verblijven van mensen.

Om praktische redenen is een (zeer) beperkt deel van de totale oppervlakte aan scheidingsconstructies uitgezonderd van de prestatie-eisen. Dit betreft ten hoogste 2% van de gebruiksoppervlakte van de gebruiksfunctie.

#### 4.1.1.1 Prestatieniveaus:

Thermische Isolatie	Kwaliteitsniveau	
	Basis - Goed	Uitstekend
niet transparante delen	$R_{c,vloer} \geq 3,7 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{c,gevel} \geq 4,7 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{c,dak} \geq 6,3 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_{c,vloer} \geq 6,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{c,gevel} \geq 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{c,dak} \geq 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$

Tabel 14 : Prestatieniveaus thermische isolatie.

De thermische isolatie heeft een directe relatie met EP-indicator 1 en 2, zie paragraaf 2.2.

#### 4.1.1.2 Bepalingsmethode:

NTA 8800: "Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode"

##### 4.1.1.2.1 Aanvulling(en):

Borging thermische kwaliteit gebouwschil: Geadviseerd wordt om tijdens de opleveringsfase van het gebouw een thermografisch onderzoek door een gekwalificeerd bouwfysisch bureau uit te laten voeren, dat voldoet aan de eisen die hieraan zijn gesteld in NEN-EN 13187: "Thermische eigenschappen van gebouwen -Kwalitatieve detectie van thermische onregelmatigheden in de gebouwschil- Infraroodmethode".

De uitvoerende partij dient er vooraf van op de hoogte te zijn dat de betreffende onderzoeken plaatsvinden, omdat alleen dan de gewenste verbetering van de bouw kwaliteit ook zal plaatsvinden.

Daarnaast geldt voor nieuwe gebouwen dat volgens ISSO-publicatie 82.1 (woningbouw) en ISSO-publicatie 75.1 (utiliteitsgebouwen) de thermische kwaliteit gecontroleerd en vastgelegd moet worden met als doel om het goed aanbrengen van isolatiemateriaal te stimuleren. Om de thermische kwaliteit te borgen stellen deze ISSO-publicaties dat tijdens het bouwproces met foto's vastgelegd moet worden dat de isolatie van niet-prefabconstructies goed aansluit. In afwijking hiervan is het toegestaan om na afronding van de bouw met infrarood (IR) de thermische schil wordt vastgelegd. Zijn beide niet vastgelegd, dan moet in de energieprestatieberekening met een 10% lagere isolatiewaarde worden gerekend, met als risico dat het gebouw niet meer aan de energieprestatie-indicatoren voldoet (BENG-indicatoren).

Naast energieverlies door (geïsoleerde) constructies waar een warmteweerstandseis van toepassing is, wordt er via een aansluitdetails (lineaire warmteverliezen) relatief veel energie getransporteerd, veel meer dan de omringende geïsoleerde scheidingsconstructie. Het aandeel van het warmteverlies door deze thermische bruggen op het totale warmteverlies wordt groter naarmate gebouwen beter worden geïsoleerd). Dit kan oplopen tot wel 50% van het totale warmteverlies van een gebouw. Om een kwalitatief goede uitwendige scheidingsconstructie te waarborgen moeten de aanwezige thermische bruggen worden beperkt. Geadviseerd wordt om de projectspecifieke details te toetsen aan de in NTA 8800 bijlage I genoemde voorwaarden.

## 4.2 Thermische isolatie van transparante geveldelen

**De thermische kwaliteit van de transparante geveldelen moet zodanig zijn dat warmteverliezen in de winterperiode en (bij koeling) koudeverliezen in de zomerperiode worden beperkt. Tegelijkertijd moet er in de zomerperiode voor gezorgd worden dat zontoetreding niet tot overmatige opwarming leidt.**

De prestatie-eisen hebben betrekking op ramen, deuren, kozijnen en gelijk te stellen constructieonderdelen.

Omdat de warmteweerstand van ramen en deuren in het algemeen te kort schiet om te voldoen aan de gestelde warmteweerstandeisen (paragraaf 4.1), mag voor dergelijke constructieonderdelen worden volstaan met een lagere isolatiewaarde, uitgedrukt in een warmtedoorgangscoefficient (U-waarde) met een waarde van ten hoogste  $2,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  voor ieder afzonderlijk raam, deur en kozijn. Het gaat dan om het samenstel van kozijn, paneel, glas en afstandhouder. Daarnaast geldt voor alle ramen, deuren en kozijnen in een uitwendige scheidingsconstructie een gemiddelde U-waarde van ten hoogste  $1,65 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

#### 4.2.1.1 Prestatieniveaus:

Thermische Isolatie	Kwaliteitsniveau		
	Bouwbesluit	Goed	Uitstekend
<b>Ramen</b>	$U_{w,\text{maximaal}} \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{w,\text{gemiddeld}} \leq 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{w,\text{gemiddeld}} \leq 1,40 \geq 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{w,\text{gemiddeld}} \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Deuren (dicht)</b>	$U_{w,\text{maximaal}} \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{w,\text{gemiddeld}} \leq 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{w,\text{gemiddeld}} \leq 1,20 \geq 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{w,\text{gemiddeld}} \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabel 15 : Prestatieniveaus warmtedoorgangscoefficiënt ramen en deuren.

#### 4.2.1.2 Bepalingmethode:

NTA 8800: "Energieprestatie van gebouwen – Bepalingmethode"

NEN-EN-ISO 10077-1:2017: "Thermische prestaties van ramen, deuren en luiken. Deel 1 algemeen"

NEN-EN 14351-1:2006/A2:2016: "Ramen en deuren – productnorm – prestatie-eisen"

NEN-EN-ISO 12631:2017: "Thermische eigenschappen van vliesgevels"

#### 4.2.1.2.1 Aanvulling(en):

Tot de transparante geveldelen behoren glas, deur(paneel), kozijn en afstandhouder van het glas.

Er moet beseft worden dat in kantoren met grote glazen geveldelen (verhouding open/dichte delen) een relatief hoog transmissieverlies plaatsvindt. Ter indicatie: een U-waarde van  $1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$  is vergelijkbaar met een  $R_c$ -waarde van  $0,44 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Een relatief goede U-waarde is dus in basis geen relatief goede  $R_c$ -waarde.

Behalve dat er door glas warmte verloren gaat ten gevolge van transmissie wordt er door zoninstraling ook warmte gewonnen. Hoeveel van deze zonnewarmte door het glas heen gaat wordt uitgedrukt in de ZTA-waarde (of ggl-waarde). De gewenste zontoetreding door het glas is sterk afhankelijk van de interne warmtebronnen (IWB) per vierkante meter. Voorbeelden van interne warmtebronnen zijn personen, verlichting en apparatuur. In gebouwen met weinig IWB (o.a. hotels) zijn hogere ZTA-waardes gewenst dan in gebouwen met veel IWB. Om oververhitting en de koudebehoefte in de zomer te beperken wordt geadviseerd eisen te stellen aan temperatuuroverschrijding van het gebouw. In woningbouw wordt dit ondervangen door een zogenaamde TO-juli, voor utiliteitsbouw zijn diverse alternatieve rekenmethoden beschikbaar. Dit is in de hoofdstukken 'duurzaamheid' en 'thermisch comfort' nader toegelicht.

## 4.3 Thermische bruggen

Uit gezondheidsoverwegingen moet de kans op het ontstaan van oppervlaktecondensatie en allergenen ter plaatse van thermische bruggen (koudebruggen) tegengegaan worden. Daarnaast moet warmteverlies door thermische bruggen beperkt worden. Dit warmteverlies is gedefinieerd als een lineair warmtedoorgangscoefficiënt ( $\Psi$ -waarde) en is behandeld in paragraaf 4.1. Dit hoofdstuk betreft het voorkomen van 'koudebruggen'.

Oppervlaktecondensatie wordt tegengegaan door de volledige uitwendige scheidingsconstructie (bouwkundige schil) voldoende thermische kwaliteit te geven. Onderdeel daarvan is het reduceren van thermische bruggen. Daarnaast is de kans op het optreden van oppervlaktecondensatie mede afhankelijk van de vochtproductie/dampspanning in een gebouw. Er wordt onderscheid gemaakt in vier binnenklimaatklassen, onderverdeeld naar dampspanning. Deze klimaatklassen zijn een maat voor de kans op oppervlaktecondensatie. In Tabel 16 zijn de binnenklimaatklassen gedefinieerd.

Binnenklimaatklasse	Gemiddelde dampdruk binnen (Pi) per jaar in Pascal	Soort gebouw/ bouwwerk
I Geringe vochtproductie	$1030 \leq p_i < 1080$	Opslagruimten
II Matige vochtproductie	$1080 \leq p_i < 1320$	Kantoorgebouwen, winkels (zonder luchtbevochtiging in de winter)
III Normale vochtproductie	$1320 \leq p_i < 1430$	Woningen, scholen, bejaardentehuizen en gebouwen met geringe luchtbevochtiging in de winter
IV Hoge vochtproductie	$p_i \geq 1430$	Wasserijen, zwembaden, zuivelfabrieken

Tabel 16 : Binnenklimaatklassen (bron: E. Tammes, B.H. Vos "Warmte- en vochttransport in bouwconstructies").

Of een uitwendige scheidingsconstructie voldoende kwaliteit heeft om oppervlaktecondensatie en warmteverlies tegen te gaan, kan bepaald worden aan de hand van de binnenoppervlaktetemperatuur-factor (f-factor). Daarbij zijn ramen, deuren, kozijnen en daarmee gelijk te stellen constructieonderdelen uitgezonderd.

#### 4.3.1.1 Prestatieniveaus:

Het doel van de f-factor-eis is het voorkomen dat er in gebouwen vochtophoping als gevolg van condensatie optreedt ten gevolge van koude oppervlakten (koudebruggen). Gezien het relatief gunstige binnenklimaat in kantoren (Tabel 16) is de minimumeis uit het Bouwbesluit van  $\geq 0,5$  (factor van de temperatuur) kwalitatief passend.

Deze eis is alleen gebaseerd op het voorkomen van oppervlaktecondensatie. Het tegengaan van energieverlies is daarin niet beschouwd. Het voorkomen van energieverlies is in paragraaf 4.1 behandeld.

#### 4.3.1.2 Bepalingsmethode:

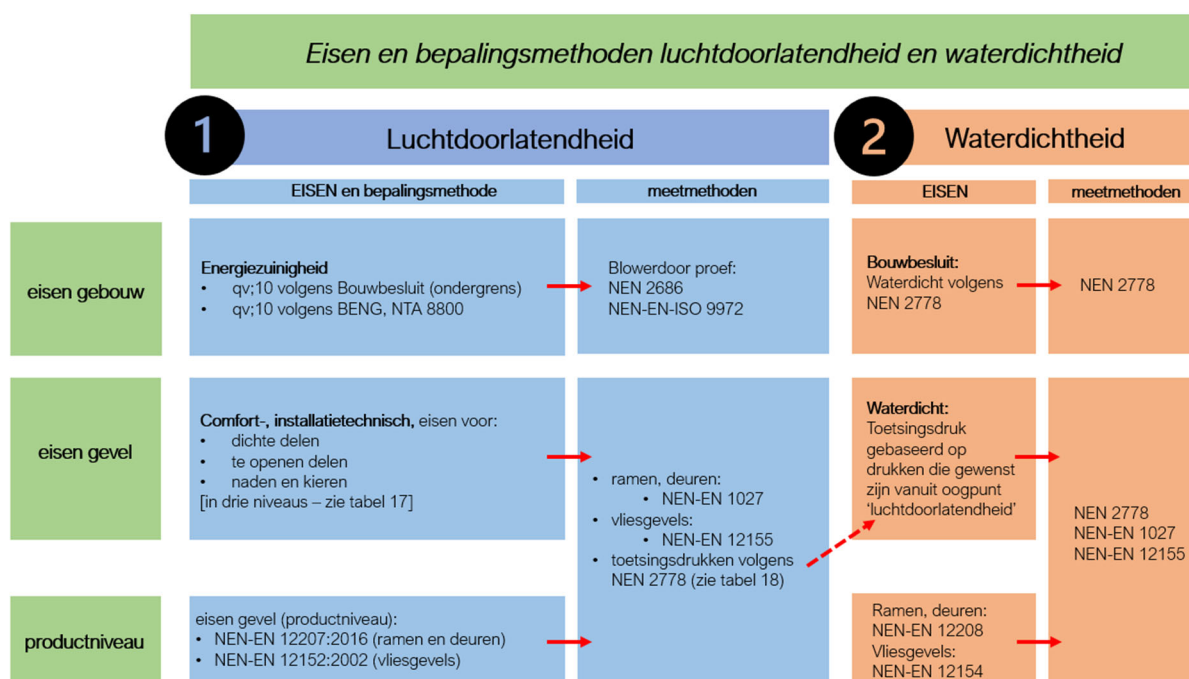
NEN 2778 : "Vochtwering in gebouwen – Bepalingsmethoden".

#### 4.3.1.2.1 Aanvulling(en):

Veel leveranciers beschikken over berekeningen die aantonen dat voldaan wordt aan de in het Bouwbesluit aangegeven f-factor. Ook bij de ISSO-Referentiedetails wordt de f-factor gegeven.

## 4.4 Luchtdoorlatendheid en waterdichtheid

De luchtdoorlatendheid en waterdichtheid van een gebouwschil zijn twee parameters die onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn. Beide disciplines moeten integraal worden benaderd om een goede gebouwschil te kunnen realiseren. In de twee navolgende paragrafen zijn de onderdelen afzonderlijk behandeld. Een totaaloverzicht op gebied van eisen, bepalingmethode en meetmethoden van beide disciplines is opgenomen in onderstaand stroomschema.



Figuur 11: - Eisen en bepalingmethoden luchtdoorlatendheid en waterdichtheid

## 4.5 Luchtdoorlatendheid

Een te bouwen bouwwerk heeft een zodanige luchtdoorlatendheid dat het warmteverlies, en daarmee het energieverbruik, als gevolg van infiltratie en exfiltratie wordt beperkt en tochtklachten worden voorkomen.

Voor de bepaling van de eisen voor de luchtdoorlatendheid wordt onderscheid gemaakt in:

- eisen op gebouwniveau – zie 4.5.1
- eisen op gevelniveau – zie 4.5.2

### 4.5.1 Luchtdoorlatendheid van een gebouw als geheel, Bouwbesluit en BENG

Beperking van de luchtdoorlatendheid is een beoordelingsaspect in het Bouwbesluit 2012. In afdeling 5.1 Energiezuinigheid is onder andere artikel 5.4 “Luchtvolumestroom” opgenomen. In artikel 5.4 wordt gesteld dat de luchtdoorlatendheid van het totaal aan verblijfsgebieden, toiletruimten en badruimten van een gebruiksfunctie, bepaald volgens NEN 2686: Luchtdoorlatendheid van gebouwen - Meetmethode, niet groter mag zijn dan  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $q_{v;10} \leq 200 \text{ dm}^3/\text{s}$  bij 10 Pascal (Pa)). Deze eis wordt gesteld aan alle gebouwfuncties m.u.v. een bouwwerk geen gebouw zijnde. Voor gebouwen groter dan  $500 \text{ m}^3$  geldt de eis per eenheid gebouw van  $500 \text{ m}^3$ .

Bij energieprestatieberekeningen (BENG) moet gerekend worden met een  $q_{v10;lea;ref}$  zoals aangegeven in NTA 8800. Deze waarde is nagenoeg altijd strenger dan de eis in het Bouwbesluit en is bedoeld om het energieverlies door infiltratie verder te beperken.

#### 4.5.1.1 Bepalingmethode:

Voor de meetmethode verwijst het Bouwbesluit naar: NEN 2686: “Luchtdoorlatend van gebouwen - meetmethode”. Voor grote en/of complexe gebouwen wordt vaak de NEN-EN-ISO 9972 gehanteerd in het kader van gelijkwaardigheid.

Voor de bepalingmethode voor de energieprestatieberekening (BENG) verwijst het Bouwbesluit naar: NTA 8800: Energieprestatie van gebouwen – bepalingmethode.

#### 4.5.1.2 Prestatieniveau:

De volgens NEN 2686 bepaalde karakteristieke lucht volumestroom ten gevolge van infiltratie door de gebouwschil ( $q_{v;10;kar}$  per  $m^2$  gebruiksoppervlakte) mag niet groter zijn dan de specifieke lucht volumestroom ( $q_{v;10;lea;ref}$ ) zoals deze in de BENG-berekening is aangehouden. In aanvulling hierop mag de volgens NEN 2686 bepaalde lucht volumestroom van het totaal aan verblijfsgebieden, toiletruimten en badruimten ( $q_{v;10;kar}$ ) niet groter zijn dan  $200 \text{ dm}^3/\text{s}$  per gebouwvolume van  $500 \text{ m}^3$  van het betreffende gebouw (conform de eis in Bouwbesluit 2012).

$q_{v;10;lea;ref}$  conform BENG-berekening (NTA 8800):

In paragraaf 11.2.5 van de NTA wordt op basis van bouwjaar, type gebouw en bouwvorm de  $q_{v;10;lea;ref}$  bepaald. Dit is de zogenaamde forfaitaire waarde. Indien hiervan wordt afgeweken (= lagere  $q_{v;10}$ -waarde) dan zal dit achteraf moeten worden aangetoond met een meting volgens NEN 2686.

De onderstaande 'waarden' (gebaseerd op de NTA 8800) kunnen als eis worden aangehouden.

niveau	Uitleg	$q_{v;10;lea;ref}$	eenheid
Niveau 1	Standaard bouw, geen specifieke aandacht voor luchtdichting	0,42	$\text{dm}^3/\text{s}.\text{m}^2$
Niveau 2	Middenniveau met goede luchtdichting	0,30	$\text{dm}^3/\text{s}.\text{m}^2$
Niveau 3	Richting passiefhuis niveau	0,15	$\text{dm}^3/\text{s}.\text{m}^2$

Tabel 17: Kwaliteitsniveaus maximaal toelaatbare luchtdoorlaat bij de toetsingsdruk

N.B.:

- Omdat de  $q_{v;10;lea;ref}$  gerelateerd is aan  $m^2$  verwarmd gebruiksoppervlak kan bij een afwijkende verhouding vloeroppervlak/inhoud de vereiste luchtdichtheid op gebouwniveau (en daarmee de gewenste kwaliteit) afwijken. Een voorbeeld is een hoge sport- of fabriekshal met alleen een begane grondvloer. Hiermee dient in de verdere uitwerking van het gebouw rekening te worden gehouden.
- De  $q_{v;10;lea;ref}$  van  $0,42 \text{ dm}^3/\text{s}.\text{m}^2$  kan als 'bovengrens' (=haalbaar zonder bijzondere voorzieningen) worden gezien. Wordt een lagere  $q_{v;10;lea;ref}$ -waarde in de BENG-berekening aangehouden ( $< 0,42 \text{ dm}^3/\text{s}.\text{m}^2$ ) dan moet de haalbaarheid nader worden onderbouwd. In bijvoorbeeld de details moeten eenduidige luchtdichtingsmaatregelen worden getroffen. Ook de verhouding  $m^2$  vloer /gebouwvolume zal in deze beschouwing moeten worden meegenomen.

#### 4.5.1.2.1 Aanvulling(en):

De eisen die het Bouwbesluit stelt (maximaal  $200 \text{ dm}^3/\text{s}$  per  $500 \text{ m}^3$  gebouwvolume) laten relatief grote luchtverliezen toe. Dit past niet bij de huidige comfort- en energieprestatie-eisen. Ook is de Bouwbesluit eis ingehaald door de huidige bouwpraktijk. Toetsing aan de waarde die in de BENG-berekening is aangehouden is relevanter en zal in de regel maatgevend zijn.

Waarborging luchtdichtheid gebouwschil: de waarborging van de luchtdichting moet minimaal in het ontwerp en de bijbehorende tekeningen/details tot uiting komen en eenduidig door de ontwerpende partijen doorgevoerd zijn. Geadviseerd wordt de luchtdichting ook gedurende het bouwproces te borgen, bijvoorbeeld door middel van luchtdichtheidsadviezen en instructies van de leverancier, inspecties op de bouw, proeven etc.

Vervolgens wordt geadviseerd om minstens tijdens de opleveringsfase van het gebouw een luchtdoorlatendheidsmeting uit te laten voeren die voldoet aan de eisen die hieraan zijn gesteld in NEN 2686 "Luchtdoorlatendheid van gebouwen - Meetmethode" of NEN-EN-ISO 9972.

Voor uitvoeringsaanbevelingen wordt verwezen naar:

- SBR publicatie 'Luchtdicht bouwen; theorie – ontwerp – uitvoering' (2013)

- SBR publicatie 'Luchtdicht Bouwen 2; metalen gevel- en daksystemen voor de utiliteitsbouw' (2018)



## 4.5.2 Luchtdoorlatendheid van de gevel

In aanvulling op de bovengenoemde eisen (Bouwbesluit en BENG, zie paragraaf 4.5.1) is het uit bouwfysisch en comforttechnisch oogpunt (denk aan de voorkoming van tocht) aan te raden om strengere eisen te stellen aan de luchtdoorlatendheid van de gevel.

De eisen worden uitgedrukt in  $\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$  voor een maatgevend gevelfragment en in  $\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^1$  voor de luchtdoorlatendheid van naden en kieren afzonderlijk. De luchtdoorlatendheidseisen worden strenger naarmate het gebouw hoger wordt. Op grotere hoogte is de windsnelheid immers groter en zullen windeffecten onvoorspelbaarder zijn. Dit wordt gerealiseerd door de toetsingsdruk afhankelijk te maken van de gebouwhoogte. De maximaal toelaatbare waarde voor de luchtdoorlatendheid in  $\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$  en  $\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{m}^1$  blijft hetzelfde.

Hoewel de eisen zijn geformuleerd voor “gevels” zorgen ze voor een voldoende beperking van de luchtdoorlatendheid van de gebouwschil als geheel, omdat ervan wordt uitgegaan dat de het dak c.q. de begane grondvloer volledig luchtdicht is. *Voor de begane grondvloer vanwege eisen aan de vloer die in het Bouwbesluit zijn opgenomen (zie artikel 3.21 ‘Wering van vocht van buiten’) en voor het dak aangezien dit vaak een bitumineuze- of kunststof dakbedekking betreft die volledig wordt verkleefd. Een aandachtspunt zijn wel de beoordeling van de aansluitingen tussen gevels, vloeren en daken.*

Voor transparante- of te openen delen in daken (daklichten, glazen overkapping van ruimten, daktoegangen) kunnen dezelfde eisen worden gehanteerd als voor de gevel worden toegepast.

### 4.5.2.1 Prestatieniveaus:

In Tabel 18 zijn de verschillende kwaliteitsniveaus voor de luchtdoorlatendheid van gevels en gevelelementen weergegeven.

De bijbehorende toetsingsdrukken zijn weergegeven in Tabel 19. Deze toetsingsdrukken komen overeen met de NEN 2778 (Vochtwering in gebouwen). Deze norm gaat onder andere over “Waterdichtheid van gevels”. Hoewel de daarvoor opgenomen toetsingsdrukken natuurlijk primair voor de beoordeling van de waterdichtheid zijn afgeleid, wordt ervan uitgegaan dat ze ook een goede basis vormen voor het beoordelen van de luchtdoorlatendheid van de gebouwschil. Voor gebouwen in hoogstedelijk gebied (waarbij de windeffecten worden versterkt door nabijgelegen gebouwen) en/of bepaalde kustgebieden kan een bijstelling van de toetsingsdruk noodzakelijk zijn, bijvoorbeeld als dit blijkt uit windtunnelonderzoek.

Gevelonderdeel <sup>3</sup>	Kwaliteitsniveaus <sup>1,2</sup>			
	Basis	Goed	Uitstekend	Classificatienorm
Te openen ramen en deuren	<b>Klasse 4</b> 3 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> 0,75 m <sup>3</sup> /h/m <sup>1</sup>	<b>Klasse 5</b> 1,2 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> 0,30 m <sup>3</sup> /h/m <sup>1</sup>	<b>Klasse 6</b> 0,6 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> 0,15 m <sup>3</sup> /h/m <sup>1</sup>	NEN-EN 12207
Kozijnen zonder te openen delen, vliesgevels, elementengevels o.g. (exclusief te openen delen)	<b>Klasse A4</b> 0,45 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> 0,15 m <sup>3</sup> /h/m <sup>1</sup>	<b>Klasse A5</b> 0,18 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> 0,06 m <sup>3</sup> /h/m <sup>1</sup>	<b>Klasse A6</b> 0,09 m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> 0,03 m <sup>3</sup> /h/m <sup>1</sup>	NEN-EN 12152
Overige naden in gevelelementen en bij bouwkundige aansluitingen	0,15 m <sup>3</sup> /h/m <sup>1</sup>	0,06 m <sup>3</sup> /h/m <sup>1</sup>	0,03 m <sup>3</sup> /h/m <sup>1</sup>	-

Tabel 18: Kwaliteitsniveaus maximaal toelaatbare luchtdoorlaat bij de toetsingsdruk

- 1) De genoemde luchtdoorlatendheidsklassen (A)5 en (A)6 zijn nog niet bestaand in de betreffende classificatienormen. Vanuit eigen onderzoek van het WTCB/Buildwise wordt aangetoond dat maar liefst 87% van de kozijnen met te openen ramen voldoet aan een luchtdoorlatendheidsklasse 4 (zie het bijbehorende artikel [https://www.buildwise.be/media/ktfbb5xi/contact\\_nl\\_01\\_2012.pdf](https://www.buildwise.be/media/ktfbb5xi/contact_nl_01_2012.pdf) op blz. 18 en 19). Het NVBV volgt de aanbeveling van het WTCB/Buildwise om een nadere onderverdeling te maken in een nieuwe klasse (A)5 en (A)6. De procentuele kwaliteitsverbetering van respectievelijk 60% en 80% bij de nieuwe klassen (A)5 en (A)6 is bij zowel de te openen ramen als gevels zonder te openen ramen doorgevoerd.
- 2) De genoemde luchtdoorlatendheid in m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> en m<sup>3</sup>/h/m<sup>1</sup> is bij een referentiedruk van 100 Pascal (zie NEN-EN 12207 en NEN-EN 12152). Per project dient door de bouwfysisch adviseur nog een vertaalslag gemaakt te worden waarbij de luchtdoorlatendheid wordt bepaald bij de voor het project benodigde minimale toetsingsdruk. De minimaal benodigde toetsingsdruk kan afgelezen worden uit tabel 2 van de NEN 2778. Op basis van de volgende formule uit de bovengenoemde normen kunnen de luchtdoorlatendheden op basis van de toetsingsdrukken als volgt worden omgerekend:

$$Q = Q_{100} \left( \frac{P}{100} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Where:

Q<sub>100</sub> is the reference air permeability at a test pressure of 100 Pa

Q is air permeability at a test pressure P

- 3) De in de tabel geformuleerde eisen zijn voor de frequent voorkomende delen bij een project, zoals kozijnen met en zonder te openen delen, deuren, houtskeletbouw constructies etc. Voor specifieke onderdelen in het project kunnen specifieke eisen gesteld worden, zoals ventilatieroosters, tourniquets, schuifdeuren, toegangsdeuren in verkeersruimten op de begane grond etc. De eisen die hieraan gesteld worden vragen een nadere beoordeling van de bouwfysisch adviseur.

Op de volgende pagina zijn toetsingsdrukken weergegeven die horen bij Tabel 18. Een nauwkeurige verdeling van de toetsingsdrukken zoals in NEN 2778 wordt gegeven, is voor het beoordelen van de luchtdoorlatendheid minder relevant. Daarom zijn in de tabel lijnen aangegeven waarboven een vaste toetsingsdruk geldt. Voor alle situaties boven de eerste lijn geldt een toetsingsdruk van 150 Pa, boven de tweede 300 Pa en zo verder. Daarmee ontstaat een serie toetsingsdrukken die goed aansluit bij de productnormen voor Ramen en deuren, respectievelijk vliesgevels.

Voor de uitleg van de windgebieden alsmede de wijze waarop 'bebouwd', 'onbebouwd' en 'kust' wordt bepaald, wordt verwezen naar de NEN 2778. In beginsel moet altijd 'onbebouwd' worden aangehouden tenzij rekenkundig wordt onderbouwd dat 'bebouwd' aangehouden moet worden of dat een project zich binnen een kustregio bevindt (rekenregels: zie NB.4 uit NEN-EN 1991-1-4).

Hoogte dakrand boven maaiveld	WINDSNELHEIDSGEBIED							
	Gebied I			Gebied II			Gebied III	
	kust	onbebouwd	bebouwd	kust	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd
8	330	240	150	250	170	150	150	150
10	340	260	150	270	190	150	150	150
15	380	310	180	300	220	150	170	150
20	410	340	230	320	250	180	200	150
25	430	370	270	340	280	210	220	170
30	450	400	300	350	300	240	230	200
35	470	420	330	360	320	260	250	210
40	480	440	360	370	340	280	260	230
45	490	450	380	380	350	300	280	250
50	500	470	400	390	360	320	290	260
55	510	480	420	400	380	330	300	270
60	520	500	440	410	390	350	310	280
65	530	510	460	410	400	360	320	290
70	540	520	470	420	410	370	330	300
75	550	530	490	430	420	380	330	310
80	560	540	500	430	430	400	340	320
85	560	550	520	440	440	410	350	330
90	570	560	530	440	440	420	360	340
95	580	570	540	450	450	430	360	350
100	580	580	550	460	460	430	370	360
110	590	590	570	470	470	450	380	370
120	610	610	600	490	490	470	390	380
130	620	620	610	500	500	480	400	390
140	640	640	630	510	510	500	410	410
150	650	650	650	520	520	510	420	420
160	660	660	660	530	530	520	430	430
170	670	670	670	540	540	540	440	440
180	680	680	680	560	550	550	450	450
190	690	690	690	560	560	560	450	450
200	700	700	700	570	570	570	460	460
225	720	720	720	590	590	590	480	480
250	740	740	740	600	600	600	490	490
275	760	760	760	620	620	620	510	510
300	770	770	770	640	640	640	520	520

Tabel 19: Toetsingsdrukken voor de luchtdoorlatendheid, afkomstig uit NEN 2778: 2015, met de klasse-indeling van dit Handboek met waarden van 150, 300, 450, 600 en >600 Pa, overeenstemmend met de klasse-indeling van de Europese productnormen.

#### 4.5.2.2 Bepalingsmethode:

De beproevingsmethode voor ramen en deuren is vastgelegd in NEN-EN 1026, die voor vliesgevels in NEN-EN 12153. Voor soortgelijke gevelconstructies kunnen bovengenoemde normen worden gehanteerd.

Voor het bepalen van de luchtdoorlatendheid van een representatief deel van de gevel van een groter gebouw, kan achter dat geveldeel een schot worden geplaatst dat goed wordt afgedicht tegen de omringende constructie, zodat alleen dat gedeelte van de gevel wordt beproefd. De meetmethode komt overeen met de testen die voor ramen, deuren en vliesgevels in laboratorium worden uitgevoerd: NEN-EN 1026 en NEN-EN 12153.

#### 4.5.2.2.1 Aanvulling(en):

Voor uitvoeringsaanbevelingen wordt verwezen naar:

- SBR publicatie 'Luchtdicht bouwen; theorie – ontwerp - uitvoering (2013)

- SBR publicatie 'Luchtdicht Bouwen 2; metalen gevel- en daksystemen voor de utiliteitsbouw' (2018)

Om de luchtdichtheid van de gebouwschil te waarborgen wordt geadviseerd om tijdens de uitvoering en in de opleveringsfase metingen zoals hierboven beschreven uit te voeren op een representatief geveldeel, inclusief de aansluiting op andere bouwcomponenten.

## 4.6 Waterdichtheid

**De gebouwschil dient waterdicht te zijn tegen alle vochtinvloeden van buiten.**

### 4.6.1 Waterdichtheid gebouwschil

Waterdicht betekent dat niet alleen dat hemelwater niet door mag dringen tot het binnenmilieu, maar ook dat oppervlaktewater en grondwater door onder andere capillair transport niet het binnenoppervlak van de uitwendige scheidingsconstructie mag bereiken.

Het Bouwbesluit stelt de eis dat de uitwendige scheidingsconstructie waterdicht moet zijn, dit betekent dat water niet 'zichtbaar' mag zijn aan de binnenzijde en dat het vastgelegde evenwichtsvochtgehalte niet mag worden overschreden. Op posities in constructies waar wel water kan komen moet het gecontroleerd afgevoerd worden naar buiten (bijvoorbeeld binnen kozijn- of spouwconstructies). De bepalingsmethoden om dit vast te stellen staan in de NEN 2778 "Vochtwerking in gebouwen – Bepalingsmethoden".

#### 4.6.1.1 Prestatieniveaus:

- Water mag niet 'zichtbaar' zijn aan de binnenzijde of locaties waar vanuit een gecontroleerde waterafvoer niet mogelijk is (bijvoorbeeld een gesloten spouwconstructie).
- Het hygroscopisch evenwichtsvochtgehalte mag niet worden overschreden.
- Aanvullend t.o.v. het toetsingscriterium in het NEN 2778 geldt dat hemelwater ook niet mag komen op plekken die daar niet voor bedoeld zijn. Denk hierbij aan de binnenzijde van een raamspanning, onder glaslatten waar vandaan het water niet meer weg kan, e.d.

#### 4.6.1.2 Bepalingsmethode:

**Eindsituatie** (toetsing volgens Bouwbesluit):

NEN 2778: "Vochtwerking in gebouwen – Bepalingsmethoden".

**Laboratorium-methode ramen en deuren:**

NEN-EN 1027: "Ramen en deuren - Waterdichtheid – Beproevingsmethode

**Laboratorium-methode vliesgevels:**

NEN-EN 12155: "Vliesgevels - Waterdichtheid - Laboratoriumbeproeving onder statische druk

De toetsingsdrukken zijn gebaseerd op de indeling conform NEN 2778. Zie Tabel 19.

**4.6.1.2.1 Aanvulling(en):**

In de praktijk wordt vooral de beregeningsproef gebruikt. Voor of achter een gevelement wordt een 'proefkast' gebouwd die op onderdruk wordt gezet. Vervolgens wordt gedurende een bepaalde tijd een bepaalde hoeveelheid water tegen de gevel gesproeid en wordt de onderdruk over de tijd gezien verhoogd. Vanzelfsprekend is de constructie niet waterdicht als het gesproeide water aan de binnenzijde doordringt of als er water wordt geconstateerd op delen die droog behoren te zijn. De meting wordt uitgevoerd volgens de NEN 2778 of een relevante testnorm zoals de NEN-EN 1027 of NEN-EN 12155.

Om achteraf schades te voorkomen moeten de details van de gebouwschil zorgvuldig en risicogericht ontworpen worden. De NPR 2652: "Vochtwering in gebouwen - Wering van vocht van buiten en wering van vocht van binnen - Voorbeelden van bouwkundige details" geeft aanwijzingen, die zijn overgenomen in de ISSO-Referentiedetails.

In sommige situaties is het risico op lekkages in de toekomst groot. Niet alleen testen (op basis van de NEN 2778 o.g.) vlak voor oplevering is dan voldoende. Ook testen van mock-ups (onderdelen van gevelementen) en eventuele kwaliteitsborging in de uitvoeringsfase wordt dan aanbevolen. Risicovolle situaties zijn die situaties waarin is of wordt afgeweken van standaard oplossingen en details en/of de locatie om aanvullende voorzieningen vraagt.

Het gaat hier bijvoorbeeld om situaties als:

- locaties dicht bij de kust of open water;
- hoogbouw (>50 m);
- nieuwe (innovatieve) gevelsystemen;
- achterover-/vooroverhellende gevels;
- afwijkende vormen, zoals uitkragende constructies.

Aanbevolen wordt om tijdig een gevelspecialist in te schakelen- voor de beoordeling van de geveldetails en advisering over het testen van mock-ups.

## 4.7 Hygrische kwaliteit – inwendige condensatie

**In situaties waar materialen in de constructies zijn opgenomen die hun prestaties verliezen ten gevolge van vochtophoping (bijvoorbeeld hout) of waar vochtophoping tot lekkage kan leiden moeten maatregelen getroffen worden.**

Aan de basis van een goede hygrische kwaliteit en daarmee het voorkomen van inwendige condensatie staat een goede luchtdichting. Door een luchtdichte schil aan de warme zijde van de constructie te realiseren wordt vochttransport door convectie voorkomen. Om vervolgens vochttransport door dampdiffusie te voorkomen is een dampremmende laag van voldoende kwaliteit nodig. Wat "voldoende" kwaliteit is, is een afweging en beoordeling van risico's. Onder welke condities ontstaat er een risico op inwendige condensatie, hoe aannemelijk is het dat deze condities optreden en hoe ernstig zijn de gevolgen van (enige) condensvorming? De risicofactoren die hierbij ten minste meegenomen moeten worden:

- Constructieopbouw: hoe meer dampopen de (warme) binnenzijde van de constructie en hoe meer dampdicht de (koude) buitenzijde van de constructie, hoe groter het risico.

- Binnenklimaat: de hoeveelheid vocht die door de constructie kan diffunderen wordt bepaald door de temperatuur en relatieve vochtigheid (RV) in het gebouw. Het is hierbij aan te raden uit te gaan van een negatief scenario, dus een hoge temperatuur en hoge RV voor de functie van het gebouw. In tabel 15a is een voorbeeld gegeven van een negatief scenario voor een kantoorgebouw.
- Vochtgevoeligheid van materialen in de constructie: enige condensatie is in de meeste constructies niet te voorkomen. Afhankelijk van de materialen die zijn toegepast moet beoordeeld worden of deze bestand zijn tegen de optredende condensvorming. Zie hiervoor het prestatieniveau.
- Verhouding tussen condensatie en droging: de cyclus van condensatie en droging in een constructie moet over een periode van meerdere jaren worden doorgerekend. In de balans moet er sprake zijn van meer droging dan condensatie. Een opbouw van vocht moet te allen tijde worden voorkomen.
- Risico op lekkage: als de condensatie van vocht in de constructie kan leiden tot lekkage aan de binnenzijde is inwendige condensatie in enige vorm niet toegestaan.
- Bijzonderheden: denk hierbij aan ruimten met verhoogde temperatuur en/of vochtproductie zoals douche- of wasruimten. Denk bijvoorbeeld ook aan het risico op nachtelijke uitstraling.

Om de noodzaak voor en de kwaliteit van de dampremmende laag te bepalen is meestal een rekenkundige ondersteuning nodig. Denk hierbij aan programma's als Glaser, Match, Wufi, Glasta of gelijkwaardig.

#### 4.7.1.1 Prestatieniveau (beoordelingscriteria)

Vocht dat tijdens de condensatieperiode condenseert in de constructie moet weer verdwijnen tijdens de droogperiode (zomer) (geen accumulatie van vocht).

Als richtlijn kan het volgende binnen- en buitenklimaat worden gehanteerd (tabel 20 en tabel 21). Voor de buitentemperatuur is uitgegaan van het KNMI, weerstation De Bilt, de normalen voor het tijdsbestek 1981-2010.

	Jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
<b>Te [°C]</b>	3,1	3,3	6,2	9,2	13,1	15,6	17,9	17,5	14,5	10,7	6,7	3,7
<b>rv [%]</b>	88	85	81	76	74	77	77	78	84	86	88	89

Tabel 20 : *Buitenklimaat*

Voor het binnenklimaat is uitgegaan van NEN-EN 13788, bijlage B. Een gebouw met hoge bezetting.

	Jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	Dec
<b>Ti [°C]</b>	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	21,3	22,0	21,9	20,8	20,0	20,0	20,0
<b>rvi [%]</b>	52	53	55	57	60	63	64	64	62	59	55	54

Tabel 21 : *Binnenklimaat kantoorgebouw met hoge bezetting (bovengrens klimaatklasse II)*

Raadpleeg productinformatie om na te gaan wat het maximale vochtgehalte in het product mag zijn. Als algemene richtlijn kan worden aangehouden dat het vochtgehalte niet meer mag bedragen dan volgt uit onderstaande toetscriteria:

Materiaal	max. hoeveelheid. [g/m <sup>2</sup> ]
Capillair, niet-hygroscopisch materiaal o.a. baksteen vorstbestendig	1000. $\Psi_c \cdot d$
steenachtig, vorstbestendig, buitenzijde dampremmende laag	50. $\Psi_c \cdot d$
Capillair, niet-hygroscopisch materiaal o.a. baksteen niet vorstbestendig	500. $\Psi_c \cdot d$
Hygroscopisch weinig capillair materiaal hout en organische materialen	30. $\rho_m \cdot d$
niet vochtbestendig verlijmd materiaal en dergelijke	50
niet hygroscopisch en niet capillair materiaal (kunststof, metaal) waartegen condensatiedruppel blijven hangen	verticale constructie 200 horizontale constructie 500

N.B. Deze grenswaarden gelden voor het totaal van na de zomer achtergebleven vocht en het vocht wat in de winter erbij komt.

Tabel 22 : Toelaatbare hoeveelheid vocht.

Toename door inwendige condensatie met:

- $\Psi_c$  kritisch watergehalte [vol %]
- $\rho_m$  de soortelijke massa van het materiaal [kg/m<sup>3</sup>]
- d dikte van de materiaallaag [m]

#### 4.7.1.2 Bepalingsmethode:

Dampdiffusieberekening (Glaser, Match, Wufi, Glasta, of gelijkwaardig). Stel berekeningen op over een periode van ten minste 5 jaren om het risico op vochtophoping te kunnen analyseren.

#### 4.7.1.2.1 Aanvulling(en):

Let ook op garantievoorwaarden van leverancier en (onder)aannemers. Zo stellen bijvoorbeeld dakdekkers als randvoorwaarde dat een dampremmende folie onder de isolatie noodzakelijk is, ook als zou dit rekenkundig niet noodzakelijk zijn.

De in deze paragraaf opgenomen onderdelen zijn oordelen vanuit gebruikssituatie. Maar uitvoeringsaspecten zijn ook van grote invloed op de hygrische kwaliteit van een scheidingsconstructie. Een voorbeeld daarvan is bouwvocht. Voorkom grote hoeveelheden bouwvocht. Te veel bouwvocht leidt tot hoge stookkosten de eerste jaren en kan in bepaalde situaties tot grote schade leiden.

## 4.8 Brandwerendheid

In geval van brand moet veilig gevlucht kunnen worden en de omvang van de brand moet beperkt worden om verdere schade aan de omgeving en het milieu te minimaliseren. In dit hoofdstuk is het totale brandcompartiment beschouwd en is expliciet op het gedrag van brand bij een gevelsysteem ingegaan.

### 1.1.1 WBDBO en sterkte bij brand van een brandcompartiment

Over het algemeen is de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag (WBDBO) tussen compartimenten 30 of 60 minuten. Tot 13 m. hoogte is een buitenwand ten minste 30 minuten brandwerend van binnen naar buiten. Boven de 20 meter geldt een eis van 60 minuten. De verschillende brandoverslagtrajecten worden berekend en er wordt nagegaan of brandwerende

voorzieningen (zoals brandwerend glas) moeten worden getroffen. Aan de gevel en het dak worden eisen gesteld t.a.v. de brandwerendheid. Indien een gebouw verdeeld is in brandcompartimenten dan kunnen de gevel en het dak een rol spelen om de benodigde brandscheiding te realiseren. Ook de opbouw van de gevelconstructie zelf (ter plaatse van de compartimentscheidende vloer) is daarbij van belang. Verder kunnen er risicovolle brandoverslagtrajecten zijn naar omliggende gebouwen, die maatregelen vereisen. In dat geval vragen raamopeningen aandacht in het ontwerp.

#### 4.8.1.1 Prestatieniveaus:

Bouwbesluiteisen: WBDBO: 30 (vluchtweg) of 60 minuten (brandcompartimenten).

#### 4.8.1.2 Bepalingmethode:

NEN 6068: "Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten".

##### 4.8.1.2.1 Aanvulling(en):

Naast brandoverslag dienen de gevel- en dakdetails ook geanalyseerd te worden op branddoorslagtrajecten. De details worden dan voorzien van brandwerende materialen om dit tegen te gaan. Vaak is deze eis gecombineerd met de vereiste akoestische ontkoppelingen en dienen deze materialen ook een bepaalde akoestische kwaliteit te bezitten. In het Bouwbesluit zijn eisen opgenomen waaraan de materialen aan het oppervlak van de gebouwschil moeten voldoen met betrekking tot 'vlieg vuur' en de bijdrage tot de brandvoortplanting.

Tenslotte bestaat de mogelijkheid dat de gevel en het dak onderdeel zijn van de hoofdconstructie (hiervoor zijn eisen opgenomen van 30, 60, 90 of 120 minuten brandwerendheid, zie Bouwbesluit). Ook dan moeten er maatregelen worden getroffen om het bezwijken van de constructie ten gevolge van brand tegen te gaan door deze constructie afdoende te beschermen. Er moet rekening mee gehouden worden dat een instortende constructie een andere hoofdconstructie 'mee kan slepen'.

Soms vormt een te goede brandweerstand een bezwaar, bijvoorbeeld als een glazen vliesgevel voor een gebouw is ontworpen. De constructieve eisen zorgen voor dik en gelaagd glas. Indien dit niet snel genoeg bezwijkt bij brand gaat de spouw fungeren als brand- en rookkanaal.

## 4.8.2 Gedrag van brand bij een gevelsysteem.

Het is voor een gevelconstructie belangrijk om te beoordelen wat het brandgedrag zal zijn van de toegepaste materialen onder invloed van een uitlaande brand (onder verhitting door zowel straling als vlamcontact). De brand op de gevel kan afkomstig zijn van een uitlaande brand uit een compartiment of aangeboden worden via een zogenaamde containerbrand(scenario). Onder dit laatste scharen we brandbare onderdelen die tegen een gevel aan kunnen worden gezet, zoals transportmiddelen met elektronische of fossiele verbranding, vuilcontainers en de niet uit te sluiten vorm van vandalisme en calamiteiten (bijv. vuurwerk dat in een open gevelstructuur terecht komt of wordt gestopt).

### Brandklasse van de gevel

De brandklasse van een gevelconstructie wordt volgens de prestatie-eisen in het Bouwbesluit bepaald volgens de classificatienorm EN 13501-1, die daarvoor de testresultaten van enkele testmethoden gebruikt. Van deze testmethoden is de EN 13823 (2010+A1:2014) de zogenaamde "SBI testmethode" maatgevend voor de bepaling van de relevante brandklasse B, C of D.

Voor de vaststelling van de brandklasse van een gevelconstructie, wordt een gevelconstructie tot en met 200 mm geveldiepte, gerekend vanaf de absolute voorzijde van de gevelbekleding tot in de gevelconstructie, beproefd en beoordeeld. Dit wordt het zogenaamde end-use testniveau genoemd.

Belangrijke aanvullende voorwaarde voor een wenselijk (en op de test aansluitend) gedrag bij brand is dat hierbij voorkomen moet worden dat brandvoortplanting via de spouw de prestatie van de gevel



(de behaalde brandklasse via de SBI testmethode) als geheel tenietdoet en de gevel, met inbegrip van het brandgedrag in de spouw, de beoogde prestatiedoelstelling niet meer haalt.

De redenatie achter deze aanvullende voorwaarde is dat de detaillering van project specifieke overgangssituaties in de testsituatie veelal niet is of wordt beproefd, maar hierop wel een zeer relevante invloed kan hebben. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan neggedetailering van een raam in een gevel. Het kan bijv. voorkomen dat diepe sleufopeningen, om ventilatie van een geventileerd gevelsysteem mogelijk te maken of door grote geveluitkraging in een ontwerp, dicht worden gezet door middel van kunststof of aluminium waterslag of kaders. Beide materiaalsoorten zijn echter niet stabiel genoeg om de geslotenheid van de spouw te borgen in het geval van een uitlaande brand en smelten al in een vroeg stadium van de uitlaande brand weg, waardoor spouwbrandbrand al relatief kort na het uitslaan van de brand uit een gevelopening opstart.

Bij samengestelde gevels (gevelopbouw die bestaat uit meerdere deelcomponenten die samen de gevelopbouw vormt) komt het projectmatig vaak voor dat er snel afwijkingen optreden ten opzichte van een geteste situatie. Dit moet worden voorkomen omdat anders geen uitspraak mogelijk is over het al dan niet voldoen aan brandklasse B in de gebruikssituatie.

### **Voorkomen spouwbrand in de gevel**

Het is relevant te bewaken dat het hebben van een brandklasse niet gelijk staat aan het voorkomen van een spouwbrand. Het ontstaan van een spouwbrand vindt vaak later plaats dan het genormaliseerde tijdstip voor het vaststellen van de warmteproductie voor een beoordeling van de behaalde brandklasse (conform de classificatiegrenzen zoals gedefinieerd in de classificatienorm EN 13501-1) van het betreffende gevelsysteem. Een gevel met een bepaalde brandklasse is daarmee niet gevrijwaard van brandontwikkeling in een spouw.

Zoals eerder genoemd duurt de thermische belasting in de SBI-test 20 minuten (1200 sec.). De tijdspanne die echter nodig is om een brand te signaleren en te melden, tot en met het moment van (blus)water op het vuur betreft minimaal 30 min. Zie citaat uit "IFV-Basis-voor-brandveiligheid (versie 12-2017)":

*Het Bouwbesluit is een regelgericht document om slachtoffers te voorkomen en te voorkomen dat een brand zich uitbreidt naar een ander perceel. De algemene uitgangspunten ervan:*

- *Binnen 15 minuten na ontstaan van een brand moet deze zijn ontdekt, de door de brand bedreigde personen en de brandweer moeten zijn gealarmeerd.*
- *Binnen 15 minuten na die alarmering moeten de door brand bedreigde personen zonder hulp van de brandweer kunnen vluchten.*
- *De brandweer is aanwezig en operationeel binnen 15 minuten na het melden van de brand.*
- *De brandweer moet de brand binnen 60 minuten na ontstaan onder controle hebben, hetgeen inhoudt dat voorkomen wordt dat de brand verder uitbreidt. Op dat moment moeten de laatste door de brand bedreigde personen met behulp van de brandweer zijn gered.*

Dit houdt in dat er voorspellingsgat van ten minste 10 min. zit tussen een testbeëindiging en de benodigde tijd voor de aankomst van de brandweer om (blus)water op het vuur te krijgen. Ten opzichte van de genormaliseerde tijdstippen voor waardebeoordeling van de geproduceerde warmte in de test betreft dit zelfs 20 min. (THR wordt na 600 sec. bepaald). Een spouwbrand kan derhalve in een ononderbroken geventileerde gevel of gevelisolatiesysteem met een hoog brandbare content van een laag smeltemperatuur sterk en onbeheerst ontwikkelen, zonder dat dit direct aan de gevelvoorzijde zichtbaar is.

Naast brandklasse moeten daarom ook aanvullende gevolgeffekten die in de gevelconstructie kunnen ontstaan beoordeeld worden. Per project ontstaat er een toepassingsafhankelijk scenario, die specifiek in overeenstemming moet zijn met het betreffende gevelontwerp. Het kan om deze reden zinvol zijn om een indicatieve c.q. oriënterende SBI-test volgens de EN 13823 uit te laten voeren van de ontwerpgevel in de toepassing, waarbij er ook langer wordt doorgetest. Hierdoor wordt er snel een goed beeld gegenereerd van het toepassingsafhankelijke brandscenario met vertaling naar de werkelijke situatie en kan er hierop ook beter worden geanticipeerd.

#### 4.8.2.1 Prestatieniveaus:

Onderstaand zijn, in het verlengde van het bovenstaande verhaal, drie ontwerpniveaus gedefinieerd die aansluiting vinden op de behoeftes uit de markt. Niveau 1 betreft het laagste niveau in aansluiting op het Bouwbesluit en waarvoor de minimaal benodigde bewijslast voor toepassing en accordering voor geveltoepassing wordt gevraagd. Niveau 3 betreft het hoogste niveau die uitgaat van een brandstofarme spouwsituatie in het gevelontwerp. Via niveau 2 kan op basis van brandonderzoek maatwerk worden geleverd, die een beter beeld genereert over het gevelgedrag bij brand, met inbegrip van het realiseren van een verbeterde beheersbaarheid van (spouw)brand, dan met niveau 1 kan worden bereikt.

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	Goed	Uitstekend
<b>Karakteristieke geluidswering uitwendige scheidingsconstructie</b>	Ontwerpniveau: Bouwbesluit	Ontwerpniveau: Verbeterde beheersbaarheid bij brand	Ontwerpniveau: Brandstofarm

Tabel 23 : Ontwerpniveaus gedrag van brand bij een gevelsysteem

#### 4.8.2.2 Bepalingsmethode:

NEN-EN 13501-1:2019 Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - Deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag

NEN-EN 13823:2020+A1:2022 Reaction to fire tests for building products - Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item

#### 4.8.2.2.1 Aanvulling(en):

## 4.9 Definities

- **Brandwerendheid:** Tijd die een constructie nodig heeft om een brand tegen te houden.
- **f-factor:** factor die wordt berekend bij toepassing van de ter plaatse voorgeschreven waarde van de overgangsweerstand  $R_i$ , met behulp van de formule:  $f_{ri} = (\theta_{s,i} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$ .
- **Inwendige condensatie:** wanneer warme lucht, die relatief veel waterdamp bevat, in een constructie afkoelt, zal waterdamp op zeker moment condenseren. Dit kan ontstaan door dampdiffusie of convectie.
- **Thermische brug (koudebrug):** een gedeelte in een geïsoleerde constructie waar een grotere warmtetransmissie plaatsvindt dan in de rest van de constructie.
- **Oppervlaktecondensatie:** wanneer warme lucht, die relatief veel waterdamp bevat, in contact komt met een oppervlak met een lagere temperatuur, zal de waterdamp op dit koude oppervlak condenseren.

## 4.10 Relevante normen en documenten

- NEN 1068: (2012) "Thermische isolatie van gebouwen – Rekenmethode".
- NEN 2686: (1988/A2:2008) "Luchtdoorlatendheid van gebouwen – Meetmethode".
- NEN 2778: (1991/A4:2011) "Vochtwering in gebouwen – Bepalingsmethoden".
- NEN 6068: (2008/C1:2011) "Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten".
- NEN-EN 13187: (1998) "Thermische eigenschappen van gebouwen – Kwalitatieve detectie van thermische onregelmatigheden in de gebouwschil – Infraroodmethode".
- NPR 2652: (2008) "Vochtwering in gebouwen - Wering van vocht van buiten en wering van vocht van binnen - Voorbeelden van bouwkundige details".
- SBR-praktijkboek Bouwfysica. SBR-publicatie Luchtdicht Bouwen.
- SBR-referentiedetails.

## 5 Visueel comfort

### 5.1 Daglichttoetreding

Daglichttoetreding op de werkplek en het niveau van het daglicht is belangrijk voor het functioneren van mensen. De gewaarwording van daglicht bepaalt de biologische stimulatie. Gebrek aan daglicht kan leiden tot slaapstoornissen, concentratiegebrek en depressies. Daglicht speelt dus een essentiële rol in het welbevinden van mensen. Het is het samenspel van een aantal facetten van daglicht die dit bepalen. Voor het effect van het daglicht zijn namelijk zowel de sterkte (hoeveelheid lux), de lichtkleur, frequentie en duur van de blootstelling van belang. Voor een goed en gezond gebouw is het tevens van belang om de aspecten daglichttoetreding en zon- en lichtwering goed op elkaar af te stemmen.

#### 5.1.1.1.1.1 Daglichtfactor

De kwaliteit van daglichttoetreding kan worden bepaald aan de hand van de te realiseren daglichtfactor. De daglichtfactor is de verhouding tussen de verlichtingssterkte op een punt in het vertrek ten opzichte van de horizontale verlichtingssterkte in het vrije veld. In de berekeningen wordt uitgegaan van een CIE-bewolkte hemel (CIE overcast sky). In formulevorm geldt:

$$DF = E_{ruimte} / E_{vrije\ veld} \times 100\%$$

Waarin:

- DF = daglichtfactor [%]
- E = (horizontale) verlichtingssterkte [lux]

#### 5.1.1.1.1.2 Daglichtfactor $D_T$

Bij de NEN EN 17037 (opvolger van NEN 2057) wordt de streef (target) daglichtfactor  $D_T$  benoemd. Dit is de minimale daglichtfactor die voor 50% van de ruimte moet worden gehaald. Dit is de nieuwe Europese maat voor daglichtfactor in de regelgeving. In de Europese norm wordt als afgeleide van een verlichtingssterkte van 300 lux gedurende 50% van de tijd voor Nederland een streefdaglichtfactor van 2.1% genoemd. Omdat er wel wat randvoorwaarden ontbreken is voor Nederland een praktijkrichtlijn opgesteld (NPR 4057) met een uitgebreide toelichting.

Voor de Nederlandse regelgeving is door NEN een beleidsstudie uitgevoerd waaruit een voorstel volgt om voor de regelgeving van equivalent daglichtoppervlak  $A_e$  over te gaan naar  $D_T$ . Eerste stap is om beleidsneutraal over te gaan, dat niveau is voor kantoren minimaal (0.4%) en hier niet als basis gedefinieerd. Dit in het verlengde van het kwaliteitsniveau zoals dat ook in vorige versies van dit handboek was opgenomen. In de NPR 4057 zijn ook aanbevelingen gedaan voor de vervolgstap, dat is hier als "goed" is gedefinieerd. In de Nederlandse regelgeving worden belemmeringen buiten het eigen perceel niet meegenomen, voor deze kwaliteitseisen moeten deze wel worden meegenomen.

#### 5.1.1.1.1.3 UDI en EDI

Voor "uitstekend" zijn extra parameters toegevoegd omdat dan een bredere benadering van de daglichtkwaliteit gewenst is, zoals UDI (Useful Daylight Illuminance, waarbij het uurlijkse lichtniveau wordt bekeken aan de hand van klimaatdata en zowel te lage als te hoge daglichtniveau's worden meegewogen, tussen 100 en 2000 lux, op minimaal 50% van het oppervlak moet voldoen) en de melanopic EDI (verticale verlichtingssterkte op het oog, waarbij met name naar melatonine wordt gekeken, minimaal 250 lux).

Er worden vier UDI-waarden gedefinieerd:

1. Onvoldoende UDI (bijvoorbeeld minder dan 100 lux) vertegenwoordigt verlichtingsniveaus die als onvoldoende worden beschouwd zonder elektrische verlichting.
2. Aanvullende UDI (bijv. 100 lux – 500 lux) vertegenwoordigt aanvaardbare daglichtniveaus die moeten worden geïntegreerd met elektrische verlichting.

3. Autonome UDI (bijv. 500 lux – 2.500 lux) vertegenwoordigt acceptabele daglichtniveaus. Elektrische verlichting zou het grootste deel van de dag niet nodig zijn. Het bereiken van een hoog percentage autonome UDI vertegenwoordigt een overwegend dagverlichte ruimte tijdens bezette perioden en verblinding wordt gecontroleerd.
4. Overschrijding UDI (bijv. boven 2.500 lux) vertegenwoordigt overmatige hoeveelheden daglicht en een bron van verblinding. Dit scheidt de verwachting dat jaloezieën nodig zouden zijn.

#### 5.1.1.1.1.4 Lichtreflectiefactoren

Bij de bepaling van de daglichtfactor mogen ten hoogste de volgende lichtreflectiefactoren van de ruimteafwerking in rekening worden gebracht:

- Wanden: 0,5.
- Plafond: 0,7.
- Vloer: 0,2.

Het doel van deze voorwaarde is dat na oplevering aanpassingen aan de kleur van de vloer en wanden kunnen worden gedaan. Indien hogere reflectiefactoren gehanteerd worden, zal bij een keuze voor donkerdere kleuren van vloer en wanden, niet langer voldaan worden aan de tijdens de ontwerpfase berekende daglichtfactoren.

#### 5.1.1.1.1.5 Glaseigenschappen

Voor een kwalitatief goede daglichttoetreding worden de volgende glaseigenschappen vereist:

- $R_{a,glas}$  (kleurweergave-index):  $\geq 80\%$ ; ter voorkoming van een sombere en storende daglichtkleur.
- $L_{r,bi}$  (reflectiefactor glas binnen):  $\leq 15\%$ ; ter voorkoming van storende reflecties en spiegelingen, vooral tijdens donkere dagen in het winterseizoen.

### 5.1.1.2 Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	Basis <sup>(1)</sup>	Goed	Uitstekend
<b>Kantoren</b>			
Werkplek langdurig verblijf	$\geq 1,5\%$	$\geq 2,1\%$	$\geq 3,5\%^{(1)}$
Werkplek kortdurend verblijf	$\geq 0,1\%$	$\geq 0,4\%$	-
<b>Onderwijs</b>	$\geq 1,5\%$	$\geq 2,1\%$	$\geq 3,5\%^{(1)}$
<b>Gezondheidszorg<sup>(2)</sup></b>	$\geq 0,5\%$	$\geq 1,5\%$	$\geq 2,1\%$
<b>Wonen</b>			
Woning	$\geq 1,5\%$	$\geq 2,1\%$	$\geq 3,5\%^{(1)}$
Woongebouw (appartementen)	$\geq 1,0\%$	$\geq 1,5\%$	$\geq 2,1\%$

Tabel 24 :Prestatieniveaus voor de streefdaglichtfactor ( $D_T$ ) op de werkplek  
 $D_T$  is de minimale daglichtfactor die voor 50% van de ruimte moet worden behaald

Nb.: De prestatie wordt gemeten op een horizontaal vlak op een hoogte van 850 mm.

- (1) Het basisniveau is in deze tabel niet gelijk aan het Bouwbesluit, voor sommige functies is een hoger basisniveau gekozen.
- (2) Deze eisen zijn voor kortdurende zorg, bij langdurende zorg wordt geadviseerd om de eisen voor woningbouw te hanteren.

### 5.1.1.3 Bepalingsmethode:

- Ontwerpfase: berekenen met behulp van daglichtsimulatieprogramma's bij een CIE-bewolkte hemel conform NEN-EN 17037 en NPR 4057 inclusief eventuele belemmeringen buiten het eigen perceel. Hierbij wordt ook de uiteindelijk toe te passen LTA in de berekening meegenomen. Standaard waarde is LTA = 60%.
- Gebruiksfase: door verschillen en variatie is meten in de praktijk niet goed mogelijk. Verificatie is door middel van de voorgeschreven specificaties

#### 5.1.1.3.1 Aanvulling(en):

Een werkplek voor langdurig verblijf is een werkplek waar concentratietaken en beeldschermtaken elkaar afwisselen.

- Een werkplek voor kortdurend verblijf is een werkplek waar personen in de regel niet langer dan 2 uur verblijven.
- De werkplek betreft het gehele vertrek, met uitzondering van een randstrook van 500 mm.

Naast de gegeven eisen zijn er meer criteria die een goed verlichtingsniveau bepalen. Aanvullend kan gebruik gemaakt worden van UDI en melanopic EDI en zorg voor voldoende dynamiek in het daglicht (licht via meerdere gevels, atrium).

De basis van NEN-EN 17037 is een verlichtingssterkte door daglicht van 300 lux in 50% van de ruimte uitgaande van een bewolkte hemelkoepel. De daglichtfactor van 2,1 % is daar een afgeleide van en zo volgt de 3.5% uit een verlichtingssterkte van 500 lux. Bij verlichtingssterkte doet ook oriëntatie er toe, dus zo kan er nog gericht op daglicht worden ontworpen aan de hand van een uitgebreide daglichtsimulatie. Daarbij zullen zongeorieerde vertrekken beter scoren, maar ook de zonwering moet in deze berekening worden meegenomen. Dat biedt kansen om gedetailleerd te rekenen middels de SDA (spatial daylight autonomy zoals ook gebruikt bij LEED en WELL), maar maakt het voor de bouwpraktijk wel extra ingewikkeld. Wel is hierdoor een brede afweging inclusief de licht- en zonwering mogelijk.

Voor grote ruimten, zoals bijvoorbeeld schoollokalen, kunnen de eisen voor goed en uitstekend tot relatief grote glasoppervlakten leiden. Hiervoor moet in het ontwerp een zorgvuldige afweging worden gemaakt tussen de verschillende aspecten.

## 5.2 Uitzicht

**Contact met de buitenomgeving vanuit de werkplek heeft een belangrijke psychisch invloed op het welbevinden. Hierbij dient gedacht te worden aan herkenning van beelden, waarnemen van buitenklimaat, oriëntatievermogen in een gebouw, groen en dergelijke.**

Net als voor de daglichteisen moet 'uitzicht' op werkplekniveau worden beoordeeld. Werkplekken voor langdurig verblijf moeten uitzicht naar de omgeving bieden. Bij werkplekken voor kortdurend verblijf is uitzicht niet strikt noodzakelijk. Voor de eisen voor langdurig verblijf is uitgegaan van de NEN-EN 17037 en de uitwerking in NPR 4057.

Elementen die de kwaliteit van het uitzicht bepalen zijn:

- Waarnemen van het weer;
- Waarnemen van de omgeving buiten;
- Bij uitzicht op binnengebieden: het kunnen waarnemen van beweging
- Gevoel voor ruimtelijkheid;
- Waarnemen van natuurlijke elementen, zoals groen en bomen;
- Privacy.

Een randvoorwaarde voor een goede uitzichtkwaliteit is dat het uitzicht door de zichtopening helder, niet vervormd en neutraal van kleur kan worden waargenomen.

De kwaliteit van het uitzicht volgt volgens de NEN-EN 17037 uit drie parameters:

1. de horizontale zichthoek
2. de zichtafstand
3. het aantal lagen dat vanaf ten minste 75 % van de gebruiksruimte te zien is.

De parameter met het laagste niveau is maatgevend voor de uitzichtkwaliteit van de zichtopening. De zichtopening met de hoogste uitzichtkwaliteit is bepalend voor het resulterende niveau van het uitzicht per binnenruimte. In NEN-EN 17037 staan een vereenvoudigde verificatiemethode en verschillende diagrammen voor het beoordelen van het uitzicht. De norm bevat ook een geavanceerde verificatiemethode. Bij beide methoden wordt verder gekeken dan het eigen perceel. Er wordt ook rekening gehouden met verder weg gelegen gebouwen, bomen en andere objecten in het uitzicht.

### 5.2.1.1 Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	basis	goed	uitstekend
werkplek; kortdurend verblijf	uitzicht niet noodzakelijk	uitzicht naar buiten of binnengebieden	uitzicht naar buiten
Werkplek; langdurend verblijf	Tenminste de landschapslaag (stedelijk en/of natuur) is zichtbaar	De landschapslaag en een extra laag (hemel of grond)	Alle lagen zichtbaar (hemel, landschap, grond)
	Horizontale zichthoek > 14 gr	Horizontale zichthoek > 28 gr	Horizontale zichthoek > 54 gr
	Afstand van uitzicht buiten $\geq$ 6,0m	Afstand van uitzicht buiten $\geq$ 20,0m	Afstand van uitzicht buiten $\geq$ 50,0m

Tabel 25 : Prestatieniveaus voor uitzicht.

#### 5.2.1.1.1 Aanvulling(en):

- Uitzicht naar buiten: hiervan is sprake als er een vrij en direct uitzicht is naar buiten, waarbij wordt uitgekeken op landschap (niet alleen de hemelkoepel) of objecten inclusief gebouwen dichtbij en veraf.
- Uitzicht naar binnengebieden: bij uitzicht op een atrium, binnenplaats, binnentuin of binnenplein dient deze te zijn voorzien van enige aankleding, zoals groenvoorziening, plantenbakken, meubilair, kunstvoorwerpen en dergelijke.

## 5.3 Kunstlicht

Voor het uitvoeren van werkzaamheden (visuele prestatie) is een minimaal verlichtingsniveau met daarbij behorende goede kleurweergave op de werkplek vereist.

### Verlichtingssterkte

De benodigde verlichtingssterkte (in lux) op de werkplek is afhankelijk van het type werk dat in de ruimte verricht wordt. De onderstaande eisen per soort werkzaamheid zijn gebaseerd op de Nederlandse norm EN 12464-1:2021 en het PvE Gezonde kantoren (2021) van TVVL en Binnenklimaat Nederland. Naast de horizontale verlichtingssterkte op het bureaublad is er voldoende verticale verlichtingssterkte nodig voor een prettige waarneming van o.a. gezichten.

De kleurweergave-index, (Ra [-]), is de objectieve maat voor de kleurweergave van een lichtbron. Aan de hand hiervan kan worden beoordeeld of de kleuren van de omgeving, voorwerpen en mensen

voldoende natuurlijk en realistisch worden weergegeven. De maximale prestatie voor de kleurweergave is  $R_a = 100$ . Sinds de doorbraak van ledverlichting is voor een echt goede kleurweergave bovendien een minimum-eis aan de weergave van de kleur rood (de R9-waarde) nodig.

### 5.3.1.1 Prestatieniveaus:

soort ruimte, taak of activiteit	verlichtingssterkte op werkplek [lux]			Ra [-]		
	Basis	Goed	Uitstekend	Basis	Goed	Uitstekend
archiveren, kopiëren, e.d.	300	300	500	80	80	80
normaal beeldschermwerk op kantoor; vergaderen en videoconferencing	500	Basis + 150 op de wanden + 100 op het plafond	Goed + individuele bureaulampen tot 1000	80	80	90 of 80 met R9 waarde > 50%
receptiebalie	300	Basis + cilindrische verlichtingssterkte 100	Goed + individuele bureaulampen tot 750	80	80	90 of 80 met R9 waarde > 50%
Archieven (algemene verlichting)	200	200	300	80	80	80

Tabel 26 : Eisen aan de verlichtingssterkte op het werkvlak, de wanden en het plafond voor kwaliteitsklasse A, B en C.

### Gelijkmatigheidsindex

Minimaal 0,40 (archiveren, kopiëren etc. en in archieven. Op het werkvlak (bureaublad)  $\geq 0,60$  als basis in kantoorruimten en receptiebalies. Voor ambitieniveau *Goed*: 0,75. Hierbij mag eventueel een randzone gehanteerd worden die niet wordt meegerekend, maar ALLEEN als het is uitgesloten dat de randzone als taakgebied zal worden gebruikt.

De gelijkmatigheid is de verhouding van de minimum verlichtingssterkte tot de gemiddelde verlichtingssterkte op een oppervlak.

### 5.3.1.2 Bepalingsmethode:

- In de ontwerpfase op basis van berekeningen, met richtwaarden uit de NEN-EN 12464-1:2021 en.
- In de gebruiksfase meten conform NEN 1891:2016-nl "Licht en verlichting - Meten van verlichtingsprestaties".

#### 5.3.1.2.1 Aanvulling(en):

### Beïnvloedingsmogelijkheden

De kunstverlichting dient in elke ruimte tenminste afzonderlijk aan- of uitgeschakeld te kunnen worden en dient bij voorkeur per stramen of ruimte regelbaar te zijn en/of dimbaar te zijn en in delen aan en uit te schakelen.

### Hinderlijke flicker

Kies leddrivers (of ledarmaturen met geïntegreerde driver) met een flickerfrequentie van minimaal 100 Hz en met een flickerpercentage < 8% conform IEE standard 1789 (prestatieklasse C). Voor klasse B is dit 100Hz / 3% en voor klasse A minimaal 1250Hz of een DC-driver (gelijkstroom). Als alternatief kan een flickerwaarde  $PstLM \leq 1,0$  worden gehanteerd conform de bepalingen in NEMA 77-2017.

## 5.4 Luminantieverdeling, zon- en helderheidswering

Wanneer er te veel contrast is tussen de verschillende kijkvlakken dan heeft dit grote invloed op het visueel comfort van de kantoormedewerker. Daarom worden er eisen gesteld aan de verdeling van luminanties (helderheden). De toetreding van daglicht en direct zonlicht mogen voor de gebruikers geen hinder veroorzaken door te grote helderheidsverschillen, verblinding of reflecties.

Luminantie is de maat voor wat mensen als helderheid ervaren en wordt uitgedrukt in  $cd/m^2$ . In de NEN-EN 12464 is er een verschil gemaakt tussen kijkvlakken waar een werknemer naar kijkt, te weten:

- Taakvlak: de directe werkplek, bijvoorbeeld het computerscherm of het toetsenbord.
- Directe omgeving: de onderdelen die te zien zijn voor de werknemer wanneer deze werkzaam is, bijvoorbeeld de wand tegenover de werkplek.
- Periferie: de onderdelen die zichtbaar zijn wanneer de medewerker rondkijkt in de ruimte, bijvoorbeeld de deur, het raam en de wand achter de werkplek.

De verblijfsruimten dienen te worden voorzien van afdoende middelen om zon- en daglicht te kunnen temperen om zo min mogelijk hinder van helderheidsverschillen, verblinding, spiegelingen of reflecties te veroorzaken. Dit vraagt om een zorgvuldige keuze van soort en richting verlichtingsarmaturen en om een diffuse algemene verlichting. Speciale aandacht dient uit te gaan naar werkplekken met beeldschermgebruik (toepassen lage luminanties), waarbij het mogelijk moet zijn het daglicht te temperen (dag-lichtregeling).

Algemeen wordt aangenomen dat contrastverschil tot ongeveer 1:10 geschikt is voor vrijwel alle gebruikers. Hinderlijke verblinding kan optreden bij een luminantieverschil van meer dan 1:30. Over het algemeen kan het menselijk oog een groter contrast aan als het wordt veroorzaakt door daglicht (1:60 tot 1:100) dan door kunstlicht (1:30).

De mate van lichthinder kan variëren van hinderlijk (discomfort glare) tot verblindend (disability glare) waarbij er daadwerkelijk sprake is van verminderd zicht. NEN-EN 17037 spreekt over verblinding voor de gehele range van lichthinder. In 5.4 en bijlage E van NEN-EN 17037:2018 worden aanbevelingen gegeven voor de bescherming tegen verblinding.

In ruimten waarin de gebruiker zich niet gemakkelijk kan verplaatsen, bijvoorbeeld in geval van een werkplek, kan het nuttig zijn om de effecten van verblinding gedetailleerd te beschouwen, met de DGP methode. In andere gevallen is de vereenvoudigde methode (zie 8.3 van NPR 4057) voldoende.

Concreet komt het neer op het toepassen van een goede lichtwering (klasse 2 glare control NEN EN 14501 bij niveau basis, klasse 3 bij niveau goed en uitstekend) bij alle zon-georiënteerde gevels en daken. Let bij noordgevels ook op eventuele reflecties van tegenoverliggende gebouwen.

Prestatieniveaus:	Kwaliteitsniveau		
	Basis	goed	uitstekend
Werkplek; langdurend verblijf	Mate van verblinding: hinderlijk	Mate van verblinding: waarneembaar	Mate van verblinding: niet waarneembaar
	Visueel comfort minimaal	Visueel comfort gemiddeld	Visueel comfort hoog
	$0,40 < DGP_{e<5\%} \leq 0,45$	$0,35 < DGP_{e<5\%} \leq 0,40$	$DGP_{e<5\%} \leq 0,35$

Tabel 27 : Eisen aan helderheidswering voor kwaliteitsklasse A, B en C.

Direct zonlicht op de werkplek moet kunnen worden geweerd.





#### 5.4.1.1 Bepalingsmethode:

- In de ontwerpfase op basis van berekeningen, met richtwaarden uit de NEN-EN 12464-1.
  - Bepaling DGP conform NEN-EN 17037 en NPR 4057
- In de gebruiksfase meten conform NEN 1891 "Binnenverlichting – Meetmethoden voor verlichtingssterkten en luminanties".

## 6 Thermisch comfort

Het thermisch binnenklimaat (temperatuur) op de werkplek heeft invloed op het comfort en de productiviteit van de werknemers. Thermisch comfort geeft aan in hoeverre men tevreden is over het thermisch binnenklimaat. Bij een slecht thermisch binnenklimaat zijn er klachten als te koud, te warm, sterk wisselende temperaturen, tocht, asymmetrische koudestraling of warmtestraling, koude voeten, te warme voeten, te grote temperatuurgradiënt (temperatuurverschil) tussen hoofd en voeten. Thermisch comfort kan, samen met andere binnenmilieufactoren, de productiviteit van mensen beïnvloeden. Zo kan bijvoorbeeld in kantoorruimten de productiviteit 10-20% lager zijn ten opzichte van de situatie in kleinere kantoorruimtes waar het binnenmilieu door de gebruikers kan worden beïnvloed. (bron: Kurvers en Leijten, Binnenklimaat en adaptief thermisch comfort, 2021).

Er bestaan in Nederland geen expliciete wettelijke eisen voor het thermisch binnenklimaat in gebouwen. In Bouwbesluit en Arbo regelgeving worden alleen globale aanwijzingen gegeven. De meest recente richtlijnen staan in het “PVE Gezonde Kantoren”, zie 6.1.1. Deze richtlijnen zijn gebaseerd op publicatie 74 van ISSO “Thermische behaaglijkheid”, zie 6.1.2. Daarnaast zijn er nieuwere inzichten ten aanzien van “Adaptief Thermisch Comfort”, zie 6.1.3.

Het beoordelen van een ontwerp van gebouw en installatie gebeurt doorgaans met behulp van temperatuursimulatieberekeningen. In 6.1.4 wordt een aantal aandachtspunten gegeven voor de uitvoering van dit soort berekeningen.

Naast algemene thermische behaaglijkheid kan er ook sprake zijn van plaatselijke thermische (on)behaaglijkheid. Dit treedt op als slechts een deel van het lichaam te sterk afkoelt of opwarmt. Koude voeten bij een lage vloertemperatuur of te veel warmtestraling door stralingspanelen zijn daarvan voorbeelden. Ook te grote temperatuurgradiënten in de ruimte, door een verschil in temperatuur tussen hoofd en voeten, kan tot een onbehaaglijke situatie leiden, zie 6.2.

De eisen/richtwaarden in dit hoofdstuk hebben betrekking op alle kantoorwerkplekken en daarmee overeenkomende situaties. Met een werkplek wordt bedoeld een plek waar men gedurende langere tijd, bijvoorbeeld meer dan een uur, verblijft. Er wordt geen onderscheid gemaakt in cellenkantoren, kantoorruimten, vaste werkplekken, flexibele werkplekken zoals bij innovatieve kantoorconcepten, vergaderruimten en aanlandplekken die voor korte tijd gebruikt worden. Voor andere situaties dan kantoorwerk geven de richtlijnen een zeker aanknopingspunt.

### 6.1 Gewenste binnentemperaturen

De luchttemperatuur, stralingstemperatuur, luchtsnelheid en luchtvochtigheid bepalen het thermisch binnenklimaat. Samen met het activiteitsniveau en de kledingisolatie beïnvloeden zij de thermische behaaglijkheid.

De eisen/richtlijnen voor en classificatie van de kwaliteit van het thermisch binnenklimaat, uitgedrukt in de operationele temperatuur, zijn tot nu toe sterk gestoeld geweest op de inzichten verkregen via klimaatkamer onderzoek met proefpersonen, waarbij naast de binnenklimaatparameters ook het activiteitsniveau van de proefpersonen en de kledingweerstand werden betrokken. Een als neutraal, niet koud, niet warm, ervaren thermische omgeving werd hierbij als comfortabel aangemerkt. De laboratoriumsituatie lijkt, behalve in gebouwen met volledige airconditioning, echter niet op de werkelijkheid in gebouwen waar de gebruikers zelf invloed hebben op het klimaat, kunnen wisselen van plek in het gebouw, enz. Uit veldonderzoek in gebouwen in verschillende landen en continenten blijkt verder dat mensen “adapteren” aan de aangeboden binnenklimaatomstandigheden en dat ook de verwachting op basis van het weer van de lopende periode invloed heeft op de ervaring van het binnenklimaat.

In “Binnenklimaat en Adaptief Thermisch Comfort” (Kurvers & Leijten, 2021) wordt het verband tussen gebouwontwerp en thermische adaptatie uitgebreid besproken. Grootchalig veldonderzoek in de afgelopen 25 jaar, onder andere het wereldwijde ASHRAE RP-884 onderzoek (De Dear, Brager & Cooper, 1997) en het in Europa gehouden SCATs-onderzoek (McCartney, 2002; Nicol & Humphries,

2005) en vervolgonderzoek op de gegevens uit de uit deze projecten voortgekomen databases, heeft geleid tot nieuwe inzichten.

Deze laten zien dat strak handhaven van temperatuurgrenzen niet leidt tot een hoger thermisch comfort, zie artikel “Af van strak handhaven temperatuur” (Van der Linden 2022). Veel belangrijker is het dat de gebouwgebruikers mogelijkheden hebben om zelf het binnenklimaat naar eigen behoefte te beïnvloeden, bijvoorbeeld door het instellen van de thermostaatknop, het openen en sluiten van ramen, enz. Ook is het belangrijk dat mensen zonder bezwaar hun kleding kunnen aanpassen aan de heersende klimaatomstandigheden. Daarnaast wennen mensen tot op zekere hoogte aan de temperaturen waaraan ze worden blootgesteld, zowel buiten als binnen. In gebouwen waar het binnenklimaat gerelateerd is aan het buitenklimaat wennen de gebruikers aan de temperaturen als ze logisch en voorspelbaar zijn. Dus in de zomer vinden mensen hogere temperaturen comfortabel dan in de winter. Deze adaptatie is zowel fysiologisch (lichaamsprocessen), psychologisch (ervaringen met temperaturen sturen je verwachtingen) als gedragsmatig (je past je kleding aan, doet een raam open of laat zonwering naar beneden). In 6.1.3 worden uitgangspunten gegeven voor het inrichten van een gebouw, rekening houdend met “adaptief thermisch comfort”.

De grenswaarden voor de ruimtetemperaturen worden uitgedrukt in operationele temperatuur, die is samengesteld uit de lucht- en gemiddelde stralingstemperatuur. Deze waarde is een maat voor het gecombineerde effect op de thermische behaaglijkheid. Grenswaarden voor de operationele temperatuur conform het PVE Gezonde Kantoren en ISSO 74, staan in 6.1.1 en 6.1.2. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een classificatie. Gezien de inzichten rond adaptief thermisch comfort (zie 6.1.3) is het echter de vraag of een classificatie met strikte temperatuurgrenzen wel zin heeft. Uit veldonderzoek blijkt dat de theoretische binnenklimaatklassen in werkelijkheid niet door de gebruikers worden ervaren, maar een “hogere klasse” leidt wel tot een hoger energiegebruik.

## 6.1.1 Richtwaarden binnentemperatuur conform PVE Gezonde Kantoren

De temperatuur in ruimten dient niet te hoog en niet te laag te zijn.

6.1.1.1 De richtwaarden operationele temperatuur in de kantoor situatie (PVE Gezonde Kantoren) zijn gebaseerd op de in ISSO 74 gegeven richtlijnen en de daarbij beschreven achtergrond, zie 6.1.2.

		Kwaliteitsniveau		
		voldoende (klasse C)	goed (klasse B)	zeer goed (klasse A)
		activiteit: voornamelijk zitten (1,2 à 1,4 met)		
operatieve temperatuur	winter (alle gebouwen) daggemiddelde buitentemperatuur > -5 °C (bij klasse A > -10 °C)	minimaal 19°C	minimaal 20 °C en naregeling per vertrek <sup>1)</sup>	minimaal 21 °C en naregeling per vertrek <sup>1)</sup> en in het geval van een open kantoor mogelijkheden voor individuele beïnvloeding <sup>2)</sup>
	zomer (bij actieve koeling) daggemiddelde buitentemperatuur < 25 °C (bij klasse A < 30 °C)	Maximaal 27 °C	maximaal 26 °C	maximaal 24,5 °C en naregeling per vertrek <sup>3)</sup>
	zomer (passieve koeling)	conform ISSO 74 klasse C, α gebouwen	conform ISSO 74 klasse B, α gebouwen	conform ISSO 74 klasse B, α gebouwen  Er is voorzien in indirecte handmatige naregeling <sup>4)</sup>

Tabel 28: Grenswaarden ruimtetemperatuur zomer en winter, voor kantoor / vergaderruimte.

- 1) Naregeling per vertrek +/- 2 °C rond een setpoint van 21 °C reactiesnelheid 1 °C per half uur.
- 2) Mogelijkheid voor individuele beïnvloeding van de situatie door verwarmde stoel en/of bureaublad (winter) en in bureau geïntegreerd koelsysteem of dergelijke (zomer).
- 3) Naregeling per vertrek +/- 2 °C rond een setpoint van 24,5 °C reactiesnelheid 1 °C per half uur.
- 4) Indirecte naregeling van de temperatuur in de zomer zoals zonwering die handmatig aangepast kan worden en voorzieningen om de luchtsnelheid plaatselijk en tijdelijk te verhogen.

### 6.1.1.2 Bepalingsmethode:

- NEN-EN-ISO 7726:2001 en NEN-EN-ISO 7730:2005

#### 6.1.1.2.1 Opmerkingen:

De gegeven temperaturen in bovenstaande tabel kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt voor de beoordeling van temperatuursimulatieberekeningen (zie ook 6.1.4), of bij een eerste beoordeling van een praktijkgeval. Voor het stellen van eisen in een p.v.e. wordt aanbevolen temperatuurgrenzen te gebruiken die ook rekening houden met adaptatie van mensen aan wisselende temperaturen en mogelijkheden voor aanpassen van de omgeving en de eigen kleding. De manier waarop dat gebeurt in ISSO 74 “Thermische behaaglijkheid” (2014) wordt beschreven in 6.1.2. De laatste inzichten staan in 6.1.3.

## 6.1.2 Beoordeling binnentemperatuur volgens ISSO 74 (2014)

**Door een goed samenspel van gebouw, gebouwinstallaties, regelingen en het te verwachten gebruik van het gebouw moet tijdens de gebruiksuren een acceptabel/goed binnenklimaat worden gerealiseerd.**

Bij de in ISSO publicatie 74 “Thermische Behaaglijkheid” (2014) gegeven eisen/richtwaarden wordt ook al de mogelijkheid geboden om rekening te houden met adaptatie van gebouwgebruikers aan wisselingen in buiten- en binnenklimaat. Maar ook hier worden kwaliteitsklassen gehanteerd die zijn ingedeeld op basis van het “voorspelde percentage ontevredenen”. In afwijking van de eisen in de overige paragrafen van dit handboek zijn er voor het thermisch binnenklimaat in ISSO 74 verder vier kwaliteitsklassen gedefinieerd in plaats van drie (Tabel 28).

### 6.1.2.1 Prestatieniveaus:

Klasse	Voorspeld percentage ontevredenen	Toepassing
A	Max. 5%	Hoog verwachtingspatroon met mogelijkheid van persoonlijke beïnvloeding. Kies dit kwaliteitsniveau bijvoorbeeld als sprake is van nieuwbouw op een A-locatie
B	Max. 10%	Verhoogd verwachtingspatroon. Kies dit kwaliteitsniveau als sprake is van reguliere nieuwbouw of bijvoorbeeld als referentieniveau bij metingen in relatief nieuwe, bestaande gebouwen
C	Max. 15%	Standaard verwachtingspatroon. Kies dit kwaliteitsniveau als sprake is van renovaties of bijvoorbeeld als referentieniveau bij metingen in oudere gebouwen
D	Max. 25%	Minimaal verwachtingspatroon. Kies dit kwaliteitsniveau in bijzondere situaties, bijvoorbeeld als referentieniveau bij metingen in monumenten.

Tabel 29: Klasse-indeling kwaliteit binnenklimaat, afhankelijk van het percentage ontevredenen.

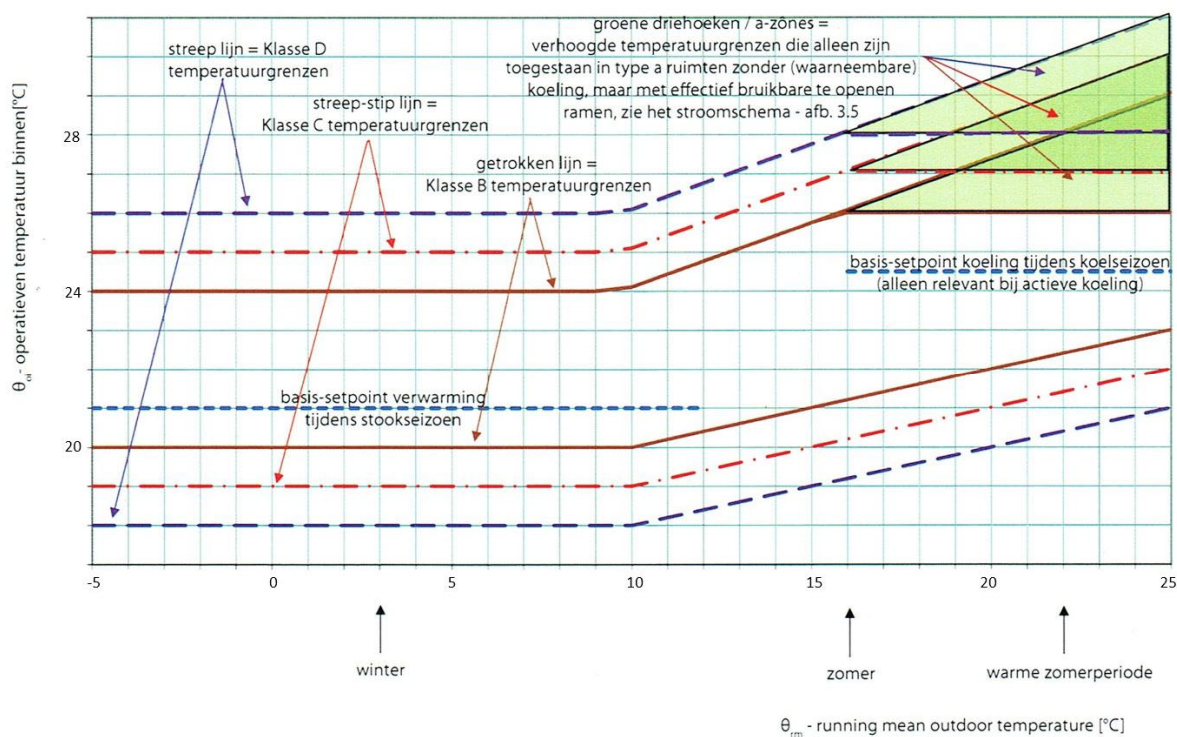
### 6.1.2.2 Bepalingsmethode:

- ISSO 74: "Thermische behaaglijkheid" (2014)
- ISSO 32: "Uitgangspunten temperatuursimulatieberekeningen" (2010)

Voor het vaststellen van de bij de verschillende kwaliteitsklassen passende binnentemperaturen wordt in ISSO 74 onderscheid gemaakt tussen "gebouwen met te openen ramen en geen actieve koeling" ( $\alpha$ -grenzen) en "gebouwen met volledige airconditioning" ( $\beta$ -grenzen). Voor de verschillende klassen gelden binnentemperatuurgrenzen (operatieve temperatuur) die afhankelijk zijn van de "running mean outdoor temperature",  $\theta_{rm}$  in  $^{\circ}\text{C}$ <sup>1)</sup>. De verwachting die mensen van het klimaat hebben zijn mede gebaseerd op de ervaring met het weer van de afgelopen dagen.

Zodra er geen sprake is van volledige air-conditioning kunnen de  $\alpha$ -grenzen worden gehanteerd. Voor de beoordeling of een gebouw hiervoor in aanmerking komt gaat het met name om de afwezigheid van (merkbare) koeling en aanwezigheid van vrij te gebruiken te openen ramen, individuele bedienbaarheid van de installaties, de afwezigheid van een kledingvoorschrift, enz. Zie hiervoor ook bij "Het beoordelen van adaptieve mogelijkheden" in 6.1.3.

In Figuur 12 wordt een samenvatting gegeven van de bij de verschillende kwaliteitsklassen en "gebouwtypen" ( $\alpha$  of  $\beta$ ) te hanteren temperatuurgrenzen.



**Figuur 12: Eisen (grenzen) voor de operatieve temperatuur binnen, in relatie tot de running mean outdoor temperature (zie ISSO 74), met aanvullend een weersafhankelijke setpointindicatie.**

De klasse A-grenzen zijn niet apart aangegeven in deze afbeelding omdat ze gelijk zijn aan de grenzen van klasse B. Bij klasse A geldt als aanvullende eis dat er een mogelijkheid is tot persoonlijke beïnvloeding van het binnenklimaat (regeling).

Om onevenredig grote installaties en onnodig energiegebruik te voorkomen is het verstandig om tijdens en vlak na een hittegolf (één tot twee dagen) gedurende een paar uur per dag een overschrijding van de  $\beta$ -bovengrenzen (horizontale lijnen rechts in de grafiek) toe te laten. Een hittegolf wordt hier gedefinieerd als meerdere dagen met een running mean outdoor temperature van meer dan  $22^{\circ}\text{C}$ .

In het programma van eisen moet dit punt, als men hiervan wil uitgaan, expliciet worden opgenomen. Primair gelden de temperatuurgrenzen zoals die in de figuur zijn gegeven.

<sup>1)</sup> De running mean outdoor temperature (RMOT) beschrijft de temperatuur van de voorgaande dagen. Aansluitend aan de internationale literatuur staat deze in ISSO 74 als volgt beschreven, waarbij wordt 7 dagen teruggekeken.

$$\theta_{rm} = 0,253 \cdot [\theta_{ed-1} + 0,8 \cdot \theta_{ed-2} + 0,8^2 \cdot \theta_{ed-3} + 0,8^3 \cdot \theta_{ed-4} + 0,8^4 \cdot \theta_{ed-5} + 0,8^5 \cdot \theta_{ed-6} + 0,8^6 \cdot \theta_{ed-7}] \quad [^{\circ}\text{C}]$$

waarbij

$\theta_{rm}$  = running mean outdoor temperature (RMOT)

$\theta_{ed-1}$  = gemiddelde van de maximum en minimum buitentemperatuur gisteren

$\theta_{ed-2}$  = gemiddelde van de maximum en minimum buitentemperatuur eergisteren

enz.

De factor 0,8 is een constante die de snelheid definieert waarmee wordt aangegeven hoe sterk eerdere dagen mee blijven tellen. Meestal wordt hiervoor deze waarde van 0,8 aangehouden.

#### 6.1.2.2.1 Opmerking

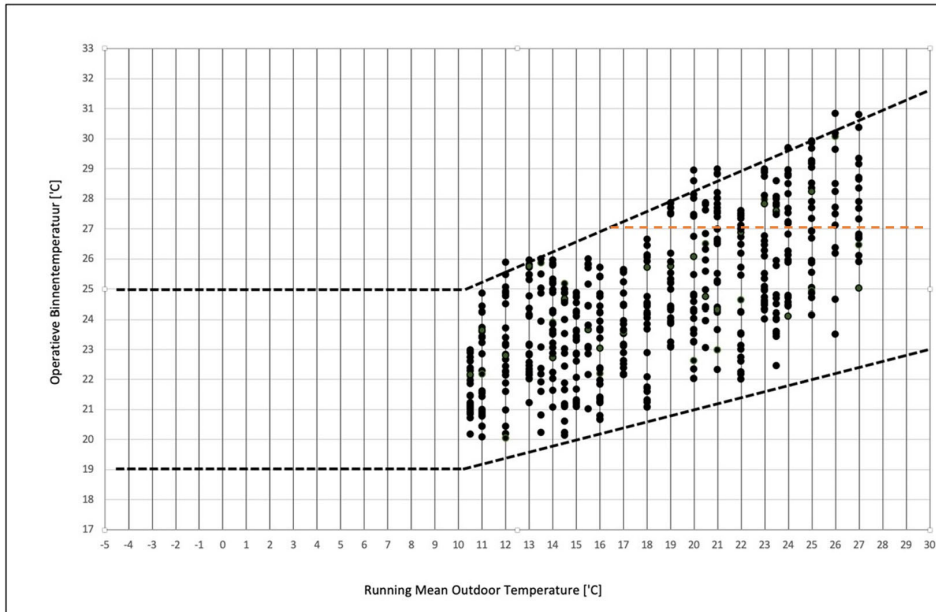
Thermische behaaglijkheid is een relatief complexe materie. Hier zijn alleen de eisen weergegeven met een zeer beknopte toelichting. Voor verdere definities zie ISSO 74.

### 6.1.3 Richtlijnen adaptief thermisch comfort

In het boek “Binnenklimaat en Adaptief Thermisch Comfort” (Kurvers & Leijten, 2021) worden de nieuwste inzichten ten aanzien van de manier waarop mensen adapteren aan een aangeboden buiten- en binnenklimaat besproken.

Het blijkt dat er geen echt verschil in waardering voor het binnenklimaat is tussen de verschillende klassen zoals die worden aangegeven in en ISSO 74:2014 en NEN-EN 16798-1: 2019.

Voor een goed thermisch binnenklimaat is het voldoende als de operationele binnentemperatuur binnen de grenslijnen van klasse C in ISSO 74 (zie ook 6.1.2) of die van categorie II in NEN-EN 16798). Zie figuur 13, afkomstig uit Kurvers & Leijten, 2021.



*Figuur 13: Temperatuursimulatie in natuurlijk geventileerd gebouw, met de grenslijnen van ISSO 74 klasse C, met een beperkt aantal overschrijdingen die toelaatbaar mogen worden geacht. Kurvers & Leijten, 2021. De gekleurde horizontale lijn geldt voor gebouwen waar adaptieve mogelijkheden helemaal afwezig zijn (volledige airconditioning).*

Vanaf  $T_{rm} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ , wordt de bovengrens van het comfortgebied bepaald uit:

$$T_{\text{bovengrens}} = 0.33 T_{rm} + 21.8 \text{ }^\circ\text{C}$$

Het is niet nodig dat de temperaturen strak binnen de lijnen blijven. Een beperkte overschrijding is toegestaan. Voor het beoordelen daarvan wordt de methode zoals die is vastgelegd in CIBSE TM52 (2013) gebruikt. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van de gegeven formule voor  $T_{\text{bovengrens}}$ . De overschrijdingen van de bovengrens worden getoetst aan drie criteria. Wanneer gelijktijdig aan alle drie criteria voldaan wordt, hoeft het ontwerp, ondanks de overschrijdingen niet verworpen te worden. In CIBSE TM52 (2013) wordt nog gesteld dat deze toegelaten overschrijdingen alleen gelden voor “free-running” gebouwen en alleen voor de periode van 1 mei tot 30 september. Inmiddels blijkt uit ASHRAE database II en de analyses en publicaties die daarop zijn gebaseerd dat ook hybride gebouwen en voor een deel ook gebouwen met volledige airconditioning zich adaptief gedragen en op deze manier kunnen worden beoordeeld. Verder onderzoek op dit gebied is echter op zijn plaats.

De overschrijding  $\Delta T$  is het verschil tussen de berekende of gemeten operatieve temperatuur  $T_{op}$  en de temperatuur van de bovenkant van het behaaglijkheidsgebied,  $T_{\text{bovengrens}}$ , bij de bij die waarneming geldende buitentemperatuur  $T_{rm}$ .

$$\Delta T = T_{op} - T_{\text{bovengrens}}$$

$\Delta T$  wordt afgerond op hele graden (bijvoorbeeld  $\Delta T$  tussen 0.5 en 1.5 wordt  $1^\circ\text{C}$ ). Het gaat alleen om overschrijdingen, dus  $\Delta T$  kan niet negatief worden.

De drie voorwaarden voor de toelaatbaarheid van overschrijdingen worden hieronder gegeven.

#### 1. Begrenzing aantal overschrijdingsuren van meer dan $1^\circ\text{C}$

Het aantal uren  $H_e$  dat  $\Delta T$  groter of gelijk is aan  $1^\circ\text{C}$  gedurende de periode mei – september mag niet meer zijn dan 3% van het totaal aantal gebruiksuren per jaar.

#### 2. Begrenzing van de mate van overschrijden

Naast een grens aan het **aantal** uren wordt er ook een criterium gesteld aan de **mate van** overschrijding.

Per dag mag de gewogen overschrijding  $W_e$  niet meer bedragen dan 6:

$$W_e = (\sum h_e) \times WF$$
$$= (h_{e0} \times 0) + (h_{e1} \times 1) + (h_{e2} \times 2) + (h_{e3} \times 3)$$

waarbij de weegfactor  $WF = 0$  als  $\Delta T \leq 0$ , anders  $WF = \Delta T$  en  $h_{ey}$  is de tijd (h) wanneer  $WF = y$ .

Voorbeeld: Bij een temperatuursimulatie is gedurende een bezetting van 8 uur, om het half uur, een temperatuur berekend. Er zijn 16 waarden, van tien ervan is  $\Delta T = 0$  of negatief ( $WF = 0$ ), van drie is  $\Delta T = 1$  ( $WF = 1$ ), van twee is  $\Delta T = 2$  en van een is  $\Delta T = 3$  ( $WF=3$ ), dus:

$$W_e = \frac{1}{2} [(10 \times 0) + (3 \times 1) + (2 \times 2) + (1 \times 3)] = 5$$

(aan de voorwaarde wordt voldaan)

### 3. Maximum toelaatbare waarde van de overschrijdingen

Tenslotte wordt er een absoluut maximum aan de operationele binnentemperatuur gesteld van:

$$\Delta T \leq 4^\circ\text{C}$$

Boven deze waarde zijn geen normale adaptieve maatregelen mogelijk om thermisch comfort te herstellen. Deze laatste voorwaarde (3) is een bescherming tegen mogelijke toekomstige hittegolven<sup>1</sup>. De waarden voor  $H_e \leq 3\%$  en  $W_e \leq 6$  zijn gebaseerd op praktijkstudies en voor een uitgebreide beschrijving en onderbouwing van deze methode wordt verwezen naar CIBSE TM52 (2013).

#### Beoordelen van adaptieve mogelijkheden

Er zijn nog geen checklisten of dergelijke om een oordeel te kunnen geven over de aanwezige adaptieve mogelijkheden. Maar in wezen spreekt een en ander voor zich. Het gaat om de mogelijkheid om gebruik te maken van zaken als

- Te openen ramen
- (Buiten)zonwering
- Buitendeuren
- Binnendeuren
- Thermostaten
- Gordijnen/ lichtwering
- Plaatselijke verwarmingsapparaten
- Plaatselijke (plafond- of tafel-) ventilatoren

Het zal duidelijk zijn dat het nodig is om de persoonlijke of gebouwgebonden beïnvloedingsmogelijkheden niet uitsluitend te baseren op de aanwezigheid van de adaptieve mogelijkheden, maar juist op de bruikbaarheid en de effectiviteit ervan, op basis van beoordelingen van de daadwerkelijke gebruikers. Een goed voorbeeld hiervan wordt gegeven in Boerstra (2016). In vragenlijsten die gebruikt werden om de oorzaken van klachten in specifieke kantoorgebouwen te onderzoeken, werd onder andere gevraagd naar:

- De aanwezigheid van een temperatuurregeling;
- Indien aanwezig, de effectiviteit van de temperatuurregeling;
- De aanwezigheid van een te openen raam;
- Indien aanwezig, de mogelijkheid om het te openen raam naar eigen inzicht in te stellen.



## 6.1.4 Aandachtspunten bij de thermische behaaglijkheidsberekeningen

- Behaaglijkheidsberekeningen dienen te worden uitgevoerd conform de uitgangspunten van ISSO 74 en ISSO 32. Berekeningen dienen te zijn uitgevoerd met een dynamisch temperatuursimulatieprogramma dat voldoet aan de keurmerkeisen van ISSO.
- Indien een kantoor **gebouw/klimaatype  $\alpha$**  heeft, dan dient:
  - elk representatief evelement ter breedte van een 2-persoonsvertrek (vaak “kantoor-moduulmaat” 3,6 m) ten minste een regelbaar te openen deel (raam, klep, rooster, of gelijkwaardig) te bevatten waarvan de opening op meerdere fixeerstand (incl. kierstand) of traploos instelbaar is;
  - de effectieve doorlaat van deze opening minimaal 0,5 m<sup>2</sup> te zijn per moduul. In verband met eventuele aanpassing van vertrekken (verplaatsen van wanden) is het zinvol om per travee (vaak 1,8 m) een te openen deel aan te brengen. De effectieve doorlaat  $A_{\text{eff}}$  dient te worden bepaald conform par. 5.4.3 van NEN 1087. Hierbij wordt  $A_{\text{eff}}$  bepaald uit de netto doorlaat van de opening:  $A_{\text{eff}} = A_{\text{netto}} \times J(\psi)$ ; ISSO 74 houdt verder een minimale netto doorlaat aan van  $A_{\text{eff}} = 0,15 \text{ m}^2$ .
  - meer dan 90% van de gebruikers geen “dress code” te hebben en zodoende de mogelijkheid hun kleding af te stemmen op het weer en op het binnenklimaat (clo-waarde tussen 0,5 en 1,0)
  - de temperatuur individueel regelbaar te zijn tussen 20 à 24°C (winter) en bij actieve koeling tussen 23°C à  $T_{\text{atg}}$  (zomer).
- Indien een **kantoor gebouw/klimaatype  $\beta$**  heeft, dan:
  - dienen compenserende maatregelen te worden getroffen voor een betere waardering van het binnenklimaat door gebruikers:
  - Als eis voor de regelbaarheid van de temperatuur geldt  $\pm 2^\circ\text{C}$  per vertrek, met een reactietijd van minimaal 1°C per half uur.
  - Deze eis geldt voor 90% van de werktijd.
  - Ook is de regelbaarheid van de zontoetreding (door van binnenuit bedienbare zonwerende voorzieningen aan de buitenzijde) een vereiste. Met zonwerend glas kan niet altijd voldoende zonwering bereikt worden. Daarnaast blijft sowieso (aan de binnenzijde) een lichtwering nodig.
  - wordt een zwaardere klasse voor de kwaliteit van de binnenlucht vereist (zie hoofdstuk “luchtkwaliteit”).
  - Dient actieve koeling minimaal in staat te zijn de warmtetoevoer van ventilatielucht te compenseren met de volgende parameters:
    - > 45 m<sup>3</sup>/h per persoon,
    - $T_{\text{e,max}} = 35^\circ\text{C}$  en
    - $T_{\text{inblaas}} \leq 25^\circ\text{C}$ :
    - 85 W per persoon (voelbare warmte).

Verder geldt:

- Berekeningen dienen te zijn gebaseerd op uurlijkse gemiddelde waarden van het buitenklimaat van het referentieklimaatjaar uit NEN 5060 met 5% overschrijdingskans. Voor gebouwen waar toekomstbestendigheid voor strengere klimaateisen een belangrijk issue is, kan in afwijking hiervan bijvoorbeeld het referentieklimaatjaar uit NEN 5060 met 1% of 2% overschrijdingskans worden overwogen. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze klimaatjaren onderling verschillen qua luchttemperatuur en zonbelasting. De keuze van het klimaatjaar met 1% overschrijdingskans leidt daardoor niet per definitie tot een beter thermisch binnenklimaat als het klimaatjaar met 2% overschrijdingskans.
- Om oververhitting ten gevolge van de luchtverversing door luchtbehandeling in warme zomers te voorkomen, dient tot een buitenluchttemperatuur van 35°C de inblaasluchttemperatuur niet hoger te worden dan 25°C.
- Voor de beglazing moeten betrouwbare gegevens gehanteerd worden die de werkelijkheid zoveel mogelijk benaderen (geen schatting, maar bijv. door de leverancier gespecificeerde waarden, gebaseerd op metingen of berekeningen). Zonwerende eigenschappen van voorzieningen die niet bij de oplevering aanwezig zijn, mogen niet worden meegenomen in de ATG-beoordeling.
- Voor materiaalgegevens zoals warmtegeleidingscoëfficiënten, warmtecapaciteit, dichtheid en absorptie van zonne-energie dient te worden uitgegaan van genormeerde of algemeen geaccepteerde waarden (NTA 8800, ISSO 21, SBR 9).
- In de “0-stand” voor naregeling (dus zónder naregeling) moet aan de klimaateisen kunnen worden voldaan.

- Een gebruiksduur van 8 uur (van 8.00-12.00 uur en van 13.00-17.00 uur) als er geen andere gegevens bekend zijn. Anders rekenen met de reële gebruikstijd, ook al i.v.m. de toekomstbestendigheid van het gebouw.
- Er mag worden afgeweken van de interne warmtelasten conform ISSO 32 mits dit goed is onderbouwd (bijvoorbeeld een lager verlichtingsvermogen dan 11,5 W/m<sup>2</sup>).

## 6.2 Plaatselijk (dis)comfort

### 6.2.1 Temperatuurgradiënt

Voor kantooractiviteiten in de leefzone van een verblijfsruimte, bepaald conform NEN 1087<sup>1)</sup>, moet onder ontwerpcondities gedurende de gebruikstijd in zowel winter- als zomerperiode het temperatuurverschil tussen enkels en hoofd beperkt blijven. De meetpunten liggen voor:

- zittende personen op 0,1 en 1,1 m boven de vloer en
- staande personen op 0,1 en 1,7 m boven de vloer.

#### 6.2.1.1 Prestatieniveaus

	kwaliteitsniveau		
	basis (klasse C)	goed (klasse B)	uitstekend (klasse A)
Verticale temperatuurgradiënt [°C]	< 4	< 3	< 2

Tabel 30: Grenswaarden verticaal verschil in luchttemperatuur tussen hoofd en enkels (resp. 1,1 en 0,1 m boven de vloer (bron NEN-EN-ISO 7730).

#### 6.2.1.2 Bepalingsmethode:

- Meting conform NEN-EN-ISO 7726/7730

### 1.1.2 Vloertemperatuur

Voor kantooractiviteiten in de leefzone (verblijfszone) van een verblijfsruimte, moet gedurende de gebruikstijd de vloertemperatuur binnen grenzen liggen: niet te hoog (te warme voeten) en niet te laag (koude voeten).

Bij vloerverwarmingssystemen en in zones waar men weinig vertoeft zijn oppervlaktetemperaturen tot 29°C toelaatbaar en eveneens in sanitaire ruimten en buiten de leefzone. De leefzone (waar personen kunnen zich bevinden) sluit een strook van 1,0 m uit langs de gevel<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> N.B. De norm NEN 1087 wordt aangepast. Daarbij komt naar verwachting ook een andere definitie van de leefzone.

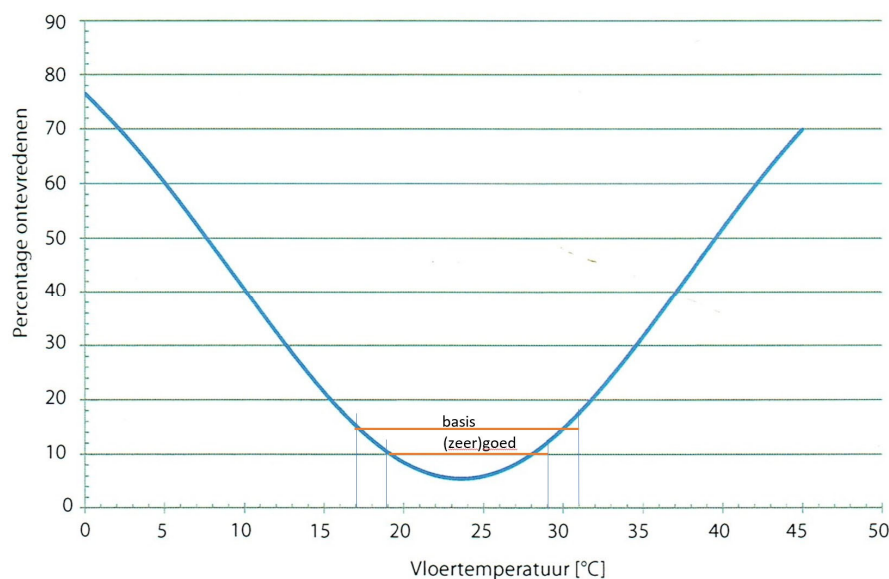
Incidenteel mag de oppervlaktetemperatuur beneden de grenswaarde (17-19°C) liggen, waarbij de temperatuur van 19°C wel uiterlijk 3 uur na aanvang van de gebruikstijd moet worden bereikt.

Bij gerede twijfel of oppervlaktecondensatie optreedt, dienen berekeningen van oppervlaktetemperaturen van vloeren uitgevoerd te worden. Bij vloerverwarming worden oppervlaktetemperaturen conform ISSO 49 aangehouden. Indien noodzakelijk moet een berekening met een dynamisch rekenmodel worden uitgevoerd.

### 6.2.1.3 Prestatieniveaus:

	kwaliteitsniveau		
	basis (klasse C)	goed (klasse B)	Zeer goed (klasse A)
Vloertemperatuur [°C] - ISSO 74 - NEN-EN-ISO 7730 - PVE Gezonde Kantoren	zie figuur 17 17 - 31 ≥ 17	zie figuur 17 19 - 29 ≥ 19	zie figuur 17 19 - 29 ≥ 19

Tabel 31: Grenswaarden vloertemperatuur, zie ook figuur 14.



Figuur 14: Relatie vloertemperatuur en percentage ontevredenen volgens ISSO 74 (2014), met daarin ingetekend de kwaliteitsklassen conform NEN-EN-ISO 7730.

### 6.2.1.4 Bepalingsmethode:

- Meting conform NEN-EN-ISO 7726/7730

## 6.2.2 Stralingsasymmetrie

Voor kantooractiviteiten in de verblijfszone van een verblijfsruimte, dient bij de verschillende kwaliteitsklassen te worden voldaan aan de volgende condities:

- De horizontale stralingsasymmetrie ten gevolge van ramen of andere koude verticale oppervlakken moet kleiner zijn dan de maximum grenswaarde (ten opzichte van een klein verticaal vlak, 0,6 m boven de vloer).
- De verticale stralingsasymmetrie ten gevolge van een (ver)warm(d) plafond moet kleiner zijn dan de maximum grenswaarde (ten opzichte van een klein horizontaal vlak, 0,6 m boven de vloer).
- In geval van klimaatsystemen, zoals plafondkoelsystemen, betonkernactivering (BKA), e.d., die functioneren door middel van warme plafonds, koude wanden (ook glasvlakken), koude plafonds en/of warme wanden, geldt als maximum grenswaarde de waarden genoemd in de volgende tabel. Deze waarde wordt gemeten ten opzichte van een klein verticaal (voor wanden) of horizontaal (voor plafonds/vloeren) vlak, 0,6 meter boven de vloer.

### 6.2.2.1 Prestatieniveaus:

	basis (klasse C)	goed (klasse B) en zeer goed (klasse A)
Warm plafond	< 7	< 5
Koude wand (glas)	< 13	< 10
Koud plafond	< 18	< 14
Warme wand	< 35	< 23

Tabel 32: Grenswaarden stralingstemperatuurasymmetrie, conform NEN-EN-ISO 7730 en PVE Gezonde Kantoren.

### 6.2.2.2 Bepalingsmethode:

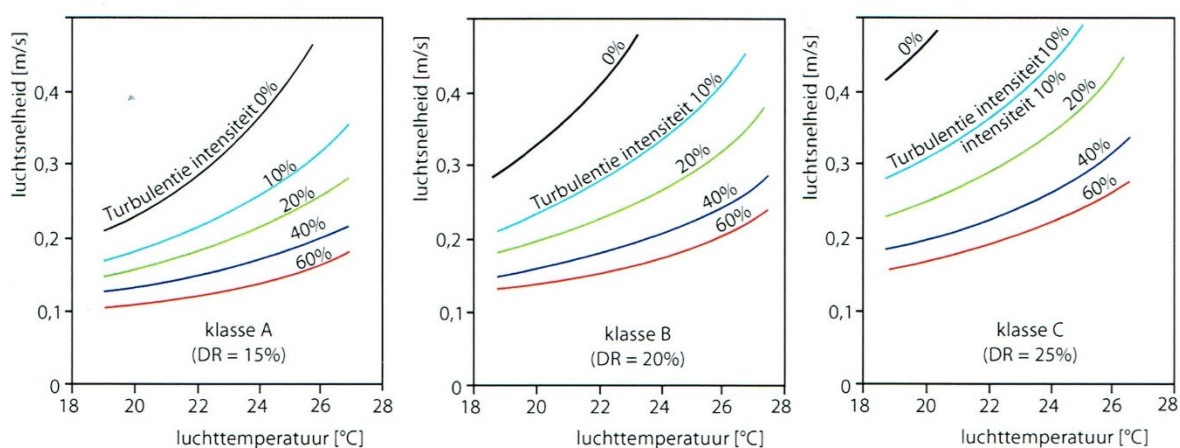
NEN-ISO 7726: "Ergonomie van de thermische omgeving - Instrumenten voor het meten van fysieke grootheden"

### 6.2.3 Luchtsnelheid

Voor kantooractiviteiten in de verblijfszone van een verblijfsruimte en daarmee gelijk te stellen activiteiten, moet onder ontwerpcondities gedurende de gebruikstijd worden voldaan aan de volgende condities:

- voor zowel de winter- als de zomerperiode moet de gemiddelde luchtsnelheid kleiner zijn dan de grenswaarde zoals die bepaald kan worden uit onderstaande grafieken (Figuur 16).

De Draught Rate (DR), een maat voor het "voorspelde percentage ontevreden gebruikers van de ruimte" wordt bepaald uit de (gemeten) turbulentiegraad ( $T_u$ ) van de luchtsnelheid. De  $T_u$  geeft aan in hoeverre de momentane luchtsnelheid varieert rond de gemiddelde luchtsnelheid. De  $T_u$  en de luchttemperatuur bepalen samen de maximaal toelaatbare gemiddelde luchtsnelheid volgens de grafieken "Snelheidscriteria volgens NEN-EN-ISO 7730", zoals die zijn overgenomen uit ISSO 74 (2014), zie figuur 15.



Figuur 15: Toelaatbare gemiddelde luchtsnelheden als functie van luchttemperatuur en turbulentie-intensiteit bij drie kwaliteitsklassen (ISSO 74, gebaseerd op NEN-EN-ISO 7730)

### 6.2.3.1 Prestatieniveaus:

	Kwaliteitsniveau		
	Basis	Goed	Zeer goed
Maximaal toegestane DR-waarde			
- NEN-EN-ISO 7730	≤ 30%	≤ 20%	≤ 10%
- PVE Gezonde Kantoren	≤ 30%	≤ 20%	≤ 20%

Tabel 33: Classificatie hinderpercentage door tocht, uitgedrukt in Draught Rating (DR-waarde) overeenkomende met het percentage gehinderden volgens ISSO 74, NEN-EN-ISO 7730 en PVE Gezonde Kantoren

Voor het bepalen van de grenswaarde voor de toelaatbare luchtsnelheid uit de grafieken van Figuur 16 kan men wat betreft de turbulentie-intensiteit  $T_u$  uitgaan van de volgende waarden (ISSO 74): Clean rooms  $T_u < 10\%$ ; kantoorruimten met mechanische ventilatie  $T_u = 40 - 60\%$ . Daarmee komt de toelaatbare luchtsnelheid voor de genoemde kantoorruimten bij 22 °C voor klasse B op ca. 0,15 m/s.

N.B. Bij geopende voorzieningen voor zomerventilatie t.b.v. warmteafvoer gelden deze eisen niet.

### 6.2.3.2 Bepalingsmethode:

- NEN-EN-ISO 7730: "Klimaatomstandigheden - Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekeningen van de PMV en PPD-waarden en lokale thermische behaaglijkheid" (2005)

## 6.2.4 Luchtvochtigheid

In verblijfsruimten geldt een maximale relatieve vochtigheid (RV) om overmatige transpiratie tegen te gaan.

Acceptabel is wanneer dit in 90% van de kantoortijd gerealiseerd wordt.

### 6.2.4.1 Prestatieniveaus:

	Relatieve luchtvochtigheid (RV):
In verblijfsruimten	geen ondergrens ofwel de relatieve vochtigheid volgt uit de absolute vochtigheid van de buitenlucht. Soms wordt als ondergrens nog r.v. $\geq 30\%$ gehanteerd, maar die kan niet worden gemotiveerd vanuit door de gebouwgebruikers waargenomen behaaglijkheid.
In verblijfsruimten	≤ 70%

Tabel 34: Eisen aan de relatieve luchtvochtigheid.

### 6.2.4.2 Bepalingsmethode:

- meten

#### 6.2.4.2.1 Aanvulling(en):

Voor ruimten met apparatuur gelden specifieke eisen (fabrikant). Voor archieven gelden eveneens strengere eisen.

## 6.3 Overige eisen

### 6.3.1.1.1.1 Bouwregelgeving

In het Bouwregelgeving staan geen eisen die het thermisch comfort rechtstreeks aansturen.

Wel wordt gesteld dat de toevoerluchtsnelheid van verse lucht in de leefzone niet meer dan 0,2 m/s mag zijn, bepaald volgens NEN 1087, om tochtverlast tegen te gaan. Deze eis geldt alleen voor voorzieningen ten behoeve van de basisventilatie.

### 6.3.1.1.1.2 Arbowet

De Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet) stelt dat de werkgever ernaar moet streven de arbeidsomstandigheden zo goed mogelijk te maken, tenzij dit redelijkerwijs niet haalbaar is. De Arbowet stelt geen specifieke eisen ten aanzien van het thermisch binnenklimaat op de werkplek.

### 6.3.1.1.1.3 ARBO-besluit

Het Arbobesluit stelt minimumeisen aan het thermisch binnenklimaat op de werkplek:

„Rekening houdend met de aard van de werkzaamheden die door de werknemers worden verricht en de fysieke belasting die daar het gevolg van is, veroorzaakt de temperatuur op de arbeidsplaats geen schade aan de gezondheid van de werknemers. Normaliter doet zich deze situatie in de kantooromgeving niet voor.

### 6.3.1.1.1.4 Arboregelingen

Er is geen Arbobeleidsregel specifiek over thermisch binnenklimaat. Wel bevat arbobeleidsregel 6.1 diverse bepalingen aangaande hitte- en koudebelasting. Normaliter doet zich deze situatie in de kantoren niet voor.

## 6.4 Definities

- Absolute luchtvochtigheid: Hoeveelheid waterdamp in een bepaalde hoeveelheid lucht, uitgedrukt in gram water per m<sup>3</sup> lucht.
- Buitentemperatuur (gewogen gemiddelde), de “running mean outdoor temperature ( $\theta_{rm}$ )”: wordt gebruikt bij het bepalen van de adaptieve temperatuurgrenzen. Langs de x-as staat  $\theta_{rm}$  deze waarde wordt bepaald uit het gemiddelde van het dagmaximum en dagminimum van de voorafgaande dagen, zie ISSO 74 (2014).
- Draught Rating (DR-waarde): Het percentage ontevreden, gehinderd door tocht, te bepalen volgens NEN-EN-ISO 7730. Voor de bepaling van de DR moet de turbulentie-intensiteit ( $T_u$ ) van de luchtsnelheid worden gemeten. De  $T_u$  betreft de mate van schommeling van de ware luchtsnelheid rond de gemiddeld gemeten luchtsnelheid. De turbulentie-intensiteit en de temperatuur bepalen de toelaatbare gemiddelde luchtsnelheid.
- Gebruikstijd: Periode dat het kantoorvertrek wordt gebruikt voor de functie waarvoor het is bedoeld.
- Leefzone: (NEN 1087): Deel van het verblijfsgebied waarin wordt voldaan aan de gestelde ontwerpcriteria ten aanzien van comfort, dat zich bevindt binnen een hoogte vanaf de vloer tot 1,8 m hoogte, afstand vanuit de uitwendige scheidingsconstructie van 1,0 meter en afstand vanuit de inwendige scheidingsconstructie van 0,2 meter. In de aanpassingen aan de norm waaraan wordt gewerkt (2022) wordt de definitie van de leefzone naar verwachting aangepast.
- Metabolisme: Activiteitsniveau.
- Relatieve luchtvochtigheid: De relatieve luchtvochtigheid geeft aan hoeveel procent waterdamp zich ten opzichte van de maximale hoeveelheid waterdamp in de lucht bevindt bij een bepaalde temperatuur en luchtdruk.
- Stralingsasymmetrie (warmte): Het op één punt in een ruimte waargenomen verschil tussen ontvangen warmtestraling vanuit verschillende richtingen. Volgens NEN-ISO 7726 is de stralingsasymmetrie het verschil tussen de vlakstralingstemperatuur van twee tegenovergestelde zijden van een klein vlak. Wanneer iemand door koude- of warmtestraling aan één zijde veel sterker

afkoelt of juist wordt verwarmd dan aan de andere, dan is sprake van stralings(temperatuur)asymmetrie.

- Stralingstemperatuur (gemiddelde): De uniforme Oppervlaktetemperatuur van een denkbeeldige zwarte omhulling waarmee een gebouwgebruiker dezelfde hoeveelheid stralingswarmte zou uitwisselen als in de werkelijke niet-uniforme omgeving waarin die gebouwgebruiker zich bevindt. De gemiddelde stralingstemperatuur van een binnenruimte wordt in de praktijk vaak globaal vastgesteld door de gemiddelde waarde te bepalen van de (gewogen) oppervlaktetemperaturen van wanden, vloer en plafond.
- Temperatuur (lucht): de temperatuur van de lucht in de ruimte. Dit is de temperatuur die een afgeschermd thermometer meet.
- Temperatuur (operatieve)  $T_{op}$ : Waarde, samengesteld uit de lucht- en de gemiddelde stralingstemperatuur, die een maat is voor het gecombineerd effect op de thermische behaaglijkheid. Een meer wetenschappelijke definitie luidt: 'De uniforme Temperatuur van een denkbeeldige zwarte omhulling waarmee een gebouwgebruiker dezelfde hoeveelheid stralings- en convectiewarmte zou uitwisselen als in de werkelijke niet-uniforme omgeving waarin die gebouwgebruiker zich bevindt.
- Temperatuur (oppervlakte): De temperatuur die heerst aan het oppervlak van een vast lichaam.
- Temperatuur (vlakstraling): de uniforme temperatuur van een ruimte waarvoor de invallende straling op een zijde van een klein vlakje dezelfde is als in een niet uniforme omgeving. Het beschrijft de straling in één richting.
- Thermische behaaglijkheid: Die toestand waarin de mens tevreden is over zijn thermische omgeving en geen voorkeur heeft voor een warmere of koudere omgeving. Het is het oordeel in hoeverre men het thermisch binnenklimaat comfortabel vindt.
- Tocht: ongewenste afkoeling van een deel van het lichaam ten gevolge van een luchtstroming. Tocht is vooral voelbaar aan lichaamsdelen die niet door kleding zijn bedekt, bijvoorbeeld het hoofd, de enkels en de nek.

## 6.5 Relevante normen en documenten

- “Binnenklimaat en Adaptief Thermisch Comfort” (Kurvers & Leijten, 2012), zie <https://klimapedia.nl/publicaties/adaptief-thermisch-comfort/> en voor de nieuwere Engelse versie <https://klimapedia.nl/publicaties/indoor-climate-and-adaptive-thermal-comfort/>.
- “Af van strak handhaven temperatuur” (van der Linden 2021/22, Bouwfysica 2022-1 en TVVL Magazine 2022-1), zie ook <https://klimapedia.nl/publicaties/af-van-strak-handhaven-binnentemperatuur/>.
- Handboek Binnenmilieu van de RIVM.
- ISSO 32: (2010) Uitgangspunten temperatuursimulatieberekeningen.
- ISSO 49: (2004) Kwaliteitseisen vloer- en wandverwarming en vloer- en wandkoeling.
- ISSO 74: (2014) Thermische behaaglijkheid.
- ISSO: Kleintje Binnenklimaat.
- NEN 1087: (2001) Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor nieuwbouw.
- NEN 5060: (2008) Hygrothermische eigenschappen van gebouwen – Referentieklimaatgegevens.
- NEN-EN-ISO 7730: (2005) Klimaatomstandigheden - Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekeningen van de PMV en PPD-waarden en lokale thermische behaaglijkheid.
- NEN-ISO 7726: (2001) Ergonomie van de thermische omgeving - Instrumenten voor het meten van fysische grootheden.
- NEN-EN 15251: (2007) Binnenmilieu gerelateerde input parameters voor ontwerp en beoordeling van energieprestatie van gebouwen voor de kwaliteit van binnenlucht, het thermisch comfort, de verlichting en akoestiek (Engels)
- NEN-EN 16798-1: (2019) Energieprestatie van gebouwen - Deel 1: Invoergegevens voor het binnenklimaat voor ontwerp en beoordeling van energieprestatie van gebouwen met betrekking tot binnenluchtkwaliteit, thermisch binnenklimaat, verlichting en akoestiek - Module M1-6

## 7 Akoestisch comfort

Een goed akoestisch comfort dient de volgende doelen:

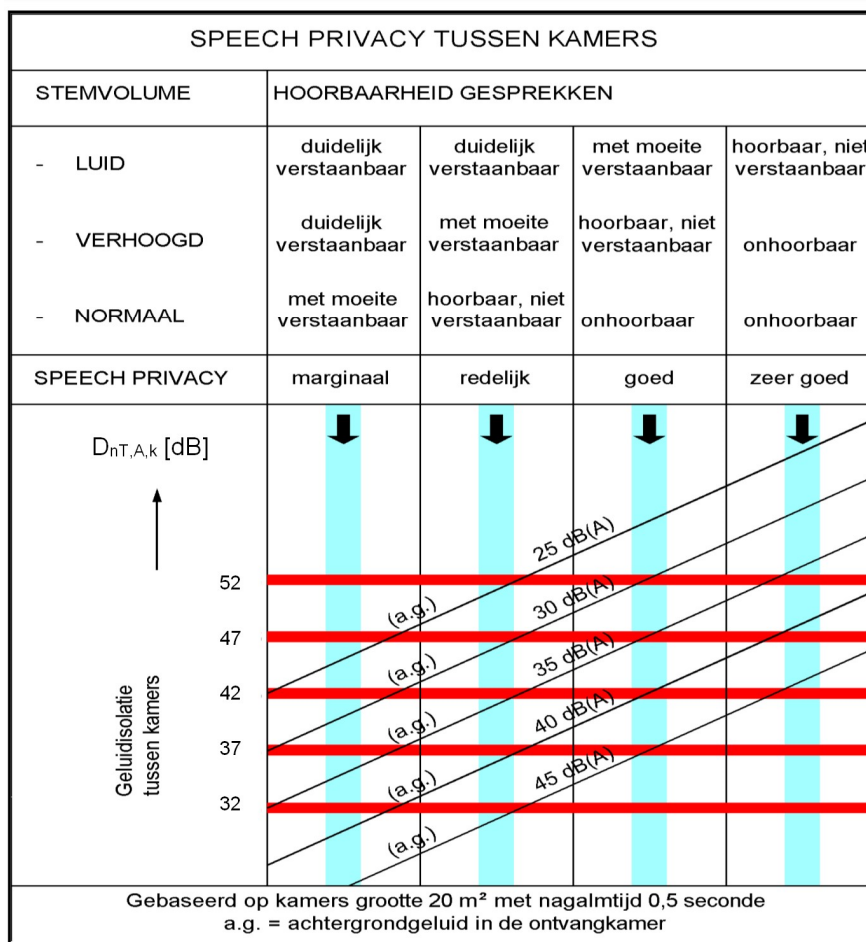
- Goede speechprivacy (beschermen van vertrouwelijk informatie).
- Goede spraakverstaanbaarheid/akoestiek.
- Tegengaan van hinder door geluiden van buitenaf (van binnen of buiten het gebouw).

Dit kan worden bereikt met een goed doordacht ontwerp, met een voor het gebruik geschikte indeling en ordening van functies en een juiste materialisatie van ruimtescheidingen en inrichtingselementen.

### 7.1 Samenhang geluidsaspecten

Ten behoeve van een goed akoestisch comfort zullen de verschillende geluidsaspecten op elkaar afgestemd dienen te worden. Denk hierbij onder andere aan de geluidsisolatie tussen ruimten, de geluidsafname in ruimten en de ruimteakoestiek.

Meerdere geluidsaspecten hebben invloed op ieder van de drie doelen van een goed akoestisch comfort. In figuur 16 is de invloed zichtbaar gemaakt die de geluidsisolatie tussen ruimten en het achtergrondgeluidsniveau hebben op speechprivacy.



Figuur 16 : Speechprivacy tussen verschillende ruimten. Af te lezen is bijvoorbeeld dat bij een geluidsisolatie van 52 dB en een achtergrondgeluidsniveau in de ontvangstruimte van 30 dB(A) een goede speechprivacy is bereikt. (Let op: In plaats van  $D_{nT,A}$  wordt hier  $D_{nT,A,k}$  gehanteerd)



### 7.1.1 Speechprivacy

Het gebruik van de speechprivacy als criterium heeft als voordeel dat in een rumoerige omgeving niet een overdreven goede, en in een erg stille omgeving niet een te slechte akoestische scheiding wordt gekozen.

Voor het stemvolume kan aangehouden worden:

- normaal: 55-60 dB(A).
- verhoogde stemvolume: 65 dB(A).
- luid: 70 dB(A).

### 7.1.2 Achtergrondgeluidsniveau

In kleinere kantoren is een achtergrondgeluidsniveau (bijvoorbeeld ruis van installaties) van 35-40 dB(A) gewenst, maar zeker niet hoger dan 40 dB(A) omdat dit door de gebruikers over het algemeen als hinderlijk wordt ervaren. Een lager niveau dan 35 dB(A) is echter evenmin wenselijk omdat dan eisen aan de geluidsisolatie van de scheidingsconstructie zodanig hoog worden dat hier met normale verplaatsbare scheidingswanden niet aan kan worden voldaan.

In een open kantoorlandschap is een ruisachtig installatiegeluidsniveau van circa 40 dB(A) normaal gesproken zonder meer aanvaardbaar, omdat door de gebruikers zelf een geluidsniveau wordt veroorzaakt dat naar verwachting 40-45 dB(A) zal bedragen. Een aanmerkelijk lager niveau is zelfs niet gewenst omdat dan de maskering van gesprekken vermindert en dus de akoestische privacy ook minder is. Een gesprek is over het algemeen niet verstaanbaar indien het niveau van het gesprek circa 10 dB of meer onder het achtergrondniveau ligt. Bij een achtergrondgeluidsniveau van bijvoorbeeld 45 dB(A) betekent dit dus dat het niveau van het gesprek lager dient te zijn dan 35 dB.

## 7.2 Geluidsisolatie tussen besloten ruimten

**Onder de geluidsisolatie van een scheidingsconstructie wordt verstaan de mate waarin de aan één zijde van de scheidingsconstructie opvallende geluidenergie weer wordt afgestraald aan de andere zijde van de scheidingsconstructie.**

Er kan onderscheid gemaakt worden in luchtgeluids- en contactgeluidsisolatie.

Aan de geluidsisolatie van vertrekscheidende constructies worden in het algemeen hogere eisen gesteld dan aan die van gangwandconstructies, omdat gangen als akoestisch minder kritische (verkeers) ruimten zijn te kwalificeren. Bovendien wordt de geluidsisolatie van een gangwand in het algemeen beperkt door de aanwezigheid van een deur.

Indien in een ruimtescheidende constructie over meer dan 40% van het oppervlak doorzichtglas wordt toegepast, zal door het zicht op de naastgelegen activiteiten doorgaans een beperktere speechprivacy geaccepteerd worden. Een reductie van 2 dB van de geluidsisolatie is in dergelijke situaties acceptabel en ook realiseerbaar. Genoemde getalswaarden zijn gestoeld op praktijkervaringen.

In de volgende tabel worden de prestatie-eisen ten behoeve van het akoestisch comfort in de besloten werkomgeving aangeduid. Daarbij is uitgegaan van de eerdergenoemde achtergrondgeluidsniveaus. Als deze lager zijn, zijn navenant strengere richtlijnen van toepassing.

### 7.2.1.1 Prestatieniveau:

situatie	Akoestische richtlijnen besloten ruimten, per categorie				
	1	2	3	4	5
luchtgeluidsniveaoverschil naar verblijfsruimten ( $D_{nT,A}$ in dB)	$\geq 45$	$\geq 42$	$\geq 39$	$\geq 39$	$\geq 39$
luchtgeluidsniveaoverschil naar verkeersruimten ( $D_{nT,A}$ in dB)	$\geq 36$	$\geq 33$	$\geq 27$	$\geq 27$	$\geq 27$
luchtgeluidsniveaoverschil naar verblijfsruimten via wand met deur ( $D_{nT,A}$ in dB)	-	$\geq 33$	$\geq 33$	$\geq 33$	$\geq 33$
luchtgeluidsniveaoverschil naar sanitair ( $D_{nT,A}$ in dB)	$\geq 48$	$\geq 48$	$\geq 48$	$\geq 48$	$\geq 48$
luchtgeluidsniveaoverschil naar overige ruimten ( $D_{nT,A}$ in dB)	$\geq 45$	$\geq 42$	$\geq 39$	$\geq 33$	$\geq 33$
contactgeluidsniveau naar verblijfsruimten ( $L_{nT,A}$ in dB) (incl. vloerafwerking)	$\leq 57$	$\leq 57$	$\leq 57$	$\leq 57$	$\leq 57$
contactgeluidsniveau naar verkeersruimten ( $L_{nT,A}$ in dB) (incl. vloerafwerking)	$\leq 67$	$\leq 67$	$\leq 67$	$\leq 67$	$\leq 67$
contactgeluidsniveau voor huurders- of gebruikersscheiding ( $L_{nT,A}$ in dB) (incl. vloerafwerking)	$\leq 52$	$\leq 52$	$\leq 52$	$\leq 52$	$\leq 52$
luchtgeluidsniveaoverschil voor huurders- of gebruikersscheiding ( $D_{nT,A}$ in dB)	$\geq 50$	$\geq 50$	$\geq 50$	$\geq 50$	$\geq 50$

Tabel 35 : Prestatie-eisen voor de geluidsisolatie van scheidingsconstructies.

- categorie 1: hoge speechprivacy  
Ruimten met hoge speechprivacy als gevolg van de functie, met een min of meer vaste structuur van ruimtescheidingen (bijvoorbeeld in vergadercentra).
- categorie 2: verhoogde speechprivacy  
Ruimten met verhoogde speechprivacy als gevolg van de functie in een flexibele werkomgeving (mede gerelateerd aan hetgeen realiseerbaar is met flexibele scheidingsconstructies).
- categorie 3: besloten werkplek/ concentratieplek (1-4 pers.)  
Besloten werk- of concentratiewerkplekken met kleine bezetting. Voor combinatie van bel/concentratiewerkplekken is de richtlijn voor het luchtgeluidsniveaoverschil 45 tot 50 dB, afhankelijk van het gebruik en installatiegeluidsniveau.
- categorie 4: geclusterde werkplek (4-8 pers.)  
Besloten ruimte met werkplekken met een gemiddelde bezetting.
- categorie 5: overlegplek callcenter  
Besloten overlegplek in een callcenter.

### 7.2.1.2 Bepalingsmethode:

- NEN 5077:2019 "Geluidwering in gebouwen – Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie en geluidsniveaus veroorzaakt door installaties"

#### 7.2.1.2.1 Aanvulling(en)

- Onder de verkeersruimte wordt verstaan een besloten ruimte, bedoeld voor het bereiken van een andere ruimte. In een verkeersruimte dienen zodoende geen bureaus te staan. De verkeersruimte dient goed op tekening aangegeven te worden.
- Bij verkeersruimte wordt de geluidsisolatie bepaald over dat deel van de verkeers- en verblijfsruimte dat zich tot 3 m uitstrekt ten opzichte van de wand. Daarmee wordt bijvoorbeeld voorkomen dat een wand te licht wordt gedimensioneerd bij grote ruimten en gebruikers dichtbij die wand onvoldoende worden beschermd.

### 7.3 Geluidsafname open werkplekken

**De speechprivacy in open werkplekken is afhankelijk van de afstand tussen bron en ontvanger, akoestische afwerkingen en het heersende achtergrondgeluidsniveau.**

Een op normale toon gevoerd gesprek heeft een niveau van circa 55-60 dB(A) op 1 m afstand. Op grotere afstand van de spreker daalt dit niveau. In het vrije veld (buiten) is de afname 6 dB(A) per afstandsverdubbeling. In een open kantoorlandschap zonder geluidsafschermend voorzieningen zoals schermen is een afname van 5 dB(A) per afstandsverdubbeling het maximaal haalbare.

Op 15 m afstand is er sprake van bijna 4 afstandsverdubbelingen en dus een verzwakking van 20 dB(A). Dit resulteert in een geluidsniveau van 35 – 40 dB(A). Dit is doorgaans gelijk aan het heersende achtergrondniveau, waardoor een gesprek op 15 m nog verstaanbaar is. In situaties zonder geluidswerende voorzieningen betekent dit dat tot afstanden van 15 - 30 m gesprekken gehoord en deels verstaan kunnen worden.

Bij een situatie tussen werkplek-clusters met andersoortige activiteiten is een grotere afname wenselijk. Met verdiepingshoge tussenschermen en open 'gangwanden' is een afname van maximaal 8 á 9 dB(A) per afstandsverdubbeling haalbaar.

Bovenstaande leidt tot richtlijnen voor het achtergrondgeluidsniveau, geluidsafname, stemgeluidsniveau en afstand waarop spraak hinderlijk is die in de onderstaande tabel zijn opgesomd.

### 7.3.1.1 Prestatieniveau:

Richtwaarde	Type openwerkplek		
	Categorie 1	Categorie 2	Categorie 3
	Activiteiten met veel communicatie via telefoon of beeld (call center)	Activiteiten met voornamelijk samenwerking binnen het cluster met werkplekken	Activiteiten met weinig samenwerking
Achtergrondgeluidsniveau $L_{Aeq,T}$ op werkplek tijdens activiteiten	$\leq 55$ dB	$\leq 52$ dB	$\leq 48$ dB
Geluidafname per afstandsverdobbeling $D_{2,s}$	$\geq 7$ dB	$\geq 7$ dB	$\geq 7$ dB
Geluidsniveau voor spraak op 4 m afstand van de spreker $L_{p,A,S,4 m}$	$\leq 48$ dB	$\leq 48$ dB	$\leq 48$ dB
Distraction distance $r_D$	$< 5$ m	$< 5$ m	$< 5$ m

Tabel 36 : Akoestische parameters op kantoorplekken

#### 7.3.1.1.1.1.1 Inrichting open kantoorruimten

De aangehouden richtlijnen voor de categorieën waarbinnen de open kantoorruimten zijn ingepast (in praktische zin) leiden tot de navolgende aanbevelingen, ook gericht op de bedrijfsmatige organisatie:

- De werkzaamheden (op het gebied van concentratie en geluidproductie) van bij elkaar te situeren personen dienen zoveel mogelijk gelijksoortig te zijn.
- Besprekingen van 4 of meer personen dienen bij voorkeur niet in de open kantoorruimte te worden uitgevoerd.
- Het aantal werkplekken in een open werkgebied moet bij voorkeur tot een groepsgrootte van maximaal 4 tot 8 personen beperkt te blijven.
- Geluidproducerende activiteiten en apparaten dienen separaat te worden ondergebracht dan wel met geluidsabsorberende wanden/schermen afgeschermd te worden van de werkplekken.
- De looproutes dienen bij voorkeur afgeschermd te worden van de werkplekken middels kasten of wanden met een hoogte van circa 1,4 m.
- Alle bureaugroepen in de open werkruimte kunnen van elkaar afgeschermd worden met geluidsabsorberende schermen. Deze dienen tenminste 400 mm boven het bureaublad uit te steken, maar niet veel hoger, zodat het visuele contact tussen medewerkers gehandhaafd blijft.
- Grote open werkplekken dienen te worden voorzien met een plafondbewerking van een hoge geluidsabsorptie ( $\alpha_w \geq 0,85$ ) ter vermijding van reflecties via het plafond.

### 7.3.1.2 Bepalingsmethode:

- NEN-EN-ISO 3382-3:2022 en "Akoestiek - Meting van de ruimte akoestische parameters – Deel 3: Kantoorruimten"

### 7.3.1.2.1 Aanvulling(en):

#### 7.3.1.2.1.1.1 STI-waarde

Vooralsnog is in het Handboek afgezien van een kwalificatie van de spraakdiscretie in open ruimten in de vorm van een Speech Transmission Index (STI-waarde). In de definitie van de STI kan indien gewenst de maskering van het achter-grondgeluidsniveau worden opgenomen, met en zonder aanwezigheid van mensen. Voor de STI-waarde als maat voor spraakverstaanbaarheid dan wel spraakdiscretie kan een van de twee onderstaande tabellen worden gehanteerd. De tabellen komen uit verschillende normen. Er is nog geen overeenstemming over de te hanteren waarden.

Spraakverstaanbaarheid	STI [-]	Spraakdiscretie
Uitstekend	> 0,75	Geen
Goed	0,60 – 0,75	Laag
Acceptabel	0,45 – 0,60	Normaal
Matig	0,35 – 0,45	Hoog
Slecht	< 0,30	zeer hoog

Tabel 37 : STI-waarden en bijbehorende beoordeling van spraakverstaanbaarheid. De waarden zijn afkomstig uit de NEN-EN-ISO 9921:2003 annex F.

De vertaling naar spraakdiscretie (en afleiding) is een interpretatie. Het verdient aanbeveling om de STI-waarden te combineren met onderlinge afstand tussen bron en ontvanger, zoals dat in NEN-EN-ISO 3382-3:2022 en wordt gedaan met de parameters rD (distraction distance) en rP (privacy distance).

Spraakdiscretie	STI [-]
Geen	> 0,50
geen, maar minder afleiding	0,20 – 0,50
goed en geen afleiding	< 0,20

Tabel 38 : STI-waarden en bijbehorende beoordeling van spraakdiscretie (en afleiding). De waarden zijn afkomstig uit de NEN-EN-ISO 3382-3:2022 en.

## 7.4 Ruimteakoestiek

### Een goede akoestische beleving wordt ondersteund door een bij de functie van de ruimte passende nagalmtijd.

In de volgende tabel wordt de maximum nagalmtijd weergegeven. Het gaat hier om de nagalmtijd, gemiddeld over de octaafbanden met middenfrequenties van 250 t/m 2000 Hz. Onderscheid wordt gemaakt in ingerichte en niet-ingerichte ruimten. In niet-ingerichte ruimten zijn wel scheidingswanden, vloerbedekking en plafonds aanwezig.

Daarnaast dienen hinderlijke flutterecho's vermeden te worden om een goede ruimteakoestiek te kunnen realiseren.

### 7.4.1.1 Prestatieniveau:

Soort ruimte	Maximale nagalmtijd (T in s)						
	Besloten ruimten					Open ruimten	
			Categorie 1	Categorie 2	Categorie 3	Categorie 4	Categorie 5
	Belcel/-cockpit	Concentratie cellen / belplekken	hoge speech-privacy <sup>(1)</sup>	verhoogde speech-privacy <sup>(2)</sup>	besloten werkplek (1-4 pers.)	open geclusterde werkplek (4-8 pers.)	open overlegplek callcenter
ingerichte ruimte	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
niet-ingerichte ruimte	0,5	0,6	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6

Tabel 39 : Richtlijnen voor de nagalmtijd voor kantoorfuncties.

- (1) Ruimten met hoge speechprivacy als gevolg van de functie, met een min of meer vaste structuur van ruimtescheidingen (bijvoorbeeld in vergadercentra).
- (2) Ruimten met verhoogde speechprivacy als gevolg van de functie in een flexibele werkomgeving (mede gerelateerd aan hetgeen realiseerbaar is met flexibele scheidingsconstructies).

### 7.4.1.2 Bepalingsmethode:

- NEN-EN-ISO 3382-2:2008 “Akoestiek – Meting van de ruimte akoestische parameters – Deel 2: Nagalmtijd in gewone ruimtes”

#### 7.4.1.2.1 Aanvulling(en):

Gekozen is voor een gemiddelde nagalmtijd van 250 – 2000 Hz. Deze is gerelateerd aan de normaal gesproken aanwezige geluidproductie in kantooromgevingen en de relatief eenvoudige configuraties van dergelijke omgevingen. Voor ruimten  $\leq 25 \text{ m}^2$ , geldt daarnaast een eis voor de 125 Hz octaafband die maximaal 1,2 maal de gemiddelde nagalmtijd bedraagt.

## 7.5 Richtlijnen overige akoestische aspecten

### 7.5.1 Achtergrondgeluidsniveau van buitengeluid en installaties

Het achtergrondgeluidsniveau bepaalt mede het akoestisch comfort.

In de volgende tabel worden het maximale equivalente achtergrondgeluidsniveau weergegeven ten gevolge van buitengeluid ( $L_{Aeq}$ ) en ten gevolge van de technische installaties ( $L_{i,A}$ ). Deze laatste getalswaarde dient eveneens aangehouden te worden als richtlijn voor de in de ruimten aanwezige apparatuur. Opgemerkt wordt dat gebouwinstallaties vaak door de weersomstandigheden en bezetting worden gestuurd en als gevolg daarvan het installatiegeluidsniveau fluctueert.

Het maximale equivalente achtergrondgeluidsniveau van de technische installaties betreft het totaal aan installatiegeluid van alle continu in werking zijnde installaties en het gemiddeld aanwezige buitengeluid tijdens het kantoorgebruik. Voor niet continue bronnen, bijvoorbeeld liften en sanitair/vuilwaterafvoer, geldt de eis per bron, gemeten conform NEN5077:2019 (dus o.b.v.  $L_{iA,max}$ ).

### 7.5.1.1 Prestatieniveaus:

Bron	Besloten ruimten			Open ruimten	
	Categorie 1	Categorie 2	Categorie 3	Categorie 4	Categorie 5
	hoge speechprivacy <sup>(1)</sup>	verhoogde speechprivacy <sup>(2)</sup>	besloten werkplek/ concentratieplek(1-4 pers.)	open geclusterde werkplek (4-8 personen)	open overlegplek callcenter
i geluiddruk niveau t.g.v. buitengeluid (industrie-, spoor-, weg-, luchtvaartlawaai) ( $L_{Aeq}$ in dB)	< 35	< 40	< 40	< 40	< 45
j installatie-geluid-druk niveau ( $L_{IA}$ in dB)	< 35	< 35	< 35	< 40	< 40

Tabel 40 : Richtlijnen voor het achtergrondgeluidsniveau van buitengeluid en installaties.

- (1) Ruimten met hoge speechprivacy als gevolg van de functie, met een min of meer vaste structuur van ruimtescheidingen (bijvoorbeeld in vergadercentra).
- (2) Ruimten met verhoogde speechprivacy als gevolg van de functie in een flexibele werkomgeving (mede gerelateerd aan hetgeen realiseerbaar is met flexibele scheidingsconstructies).

### 7.5.1.2 Bepalingsmethode:

- NEN 5077:2019 'Geluidwering in gebouwen – Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie en geluidsniveaus veroorzaakt door installaties'

## 7.5.2 Toeslag tonaal geluid

Voor de toetsing van geluid moet ook rekening gehouden worden met bijzondere kenmerken in het geluid, die vanwege hun karakter als extra hinderlijk worden beschouwd. Vaak is dit tonaal en/of impulsachtig geluid.

Indien op de beoordelingslocatie tonaal en/of impulsachtig geluid waargenomen wordt, moet een toeslag van 5 dB(A) op het gemeten equivalente geluidsniveau ( $L_{Aeq\ 63-8kHz}$ ) toegepast worden. Deze toeslag is gebaseerd op de NPR 3438 – "Ergonomie - Geluidhinder op de arbeidsplaats - Bepaling van de mate van verstoring van communicatie en concentratie".

## 7.5.3 Geluidproductie ten gevolge van weersinvloeden

Geluidproductie door de gevel/luifel (zoals kraken, tikken, fluitgeluiden of tonale geluiden) ten gevolge van weersinvloeden (windbelasting, temperatuurwisselingen en bezonning) dient te worden voorkomen.

Uitzondering kan worden gemaakt voor de navolgende geluidvormen mits aan de hierna genoemde voorwaarden wordt voldaan.

- Geluid van regen en hagel op gevel- respectievelijk dakdelen dient in kantoren en andere werk-respectievelijk verblijfsruimten (rekening houdend met de diverse indelings-mogelijkheden en uitgaande van een standaarddiepte van 5,4 m en een nagalmtijd van 0,5 s) de 45 dB(A) niet te overschrijden (maximale geluidsniveaus).
- Windgeluiden met een ruisachtig karakter bij windsnelheden tot circa 5 m/s (gemeten op 10 m hoogte vrije veld meteostation) dienen in binnenruimten het achtergrondgeluidsniveau ten gevolge

van verkeer en/of technische installaties of een geluidsniveau van circa 35 dB(A) niet te overtreffen.

#### 7.5.3.1 Prestatieniveaus:

- Geluidsniveau ten gevolge van regen  $\leq 45$  dB(A).
- Geluidsniveau ten gevolge van wind (ruis)  $\leq$  circa 35 dB(A).

#### 7.5.3.2 Bepalingsmethode:

- NEN 5077:2019 "Geluidwering in gebouwen – Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie en geluidsniveaus veroorzaakt door installaties" (hoewel deze niet direct de genoemde grootheden bepaalt, kan gebruik gemaakt worden van de wijze waarop installatiegeluid wordt vastgelegd)

### 7.5.4 Geluidemissie niet in pandige installaties

Als er installaties aan de buitenzijde van een gebouw geplaatst worden (bijvoorbeeld op het dak) dan dienen deze installaties geen geluidoverlast te veroorzaken. Dit geldt zowel naar de omgeving toe als naar de eigen binnenruimten.

Ter beperking van de geluidoverlast door technische installaties naar de omgeving, worden in het kader van de Wet milieubeheer eisen gesteld. De hieronder benoemde prestatieniveaus gelden voor de geluidsbelasting op de eigen gevels.

#### 7.5.4.1 Prestatieniveaus:

- $L_{A\text{ eq}} \leq 55$  dB(A) bij te openen delen.
- $L_{A\text{ eq}} \leq 60$  dB(A) zonder te openen delen.

#### 7.5.4.2 Bepalingsmethode:

- NEN-EN-ISO 16032

### 7.5.5 Trillingen en bouwlawaai

Voor de bouwfase dient hinder naar en schade aan de omgeving te worden ingeschat.

Schade aan gebouwen, hinder voor personen in gebouwen alsmede storingen aan apparatuur ontstaan als gevolg van trillingen dienen te worden vermeden. Voor de grenswaarden en beoordelingsmethoden wordt aangesloten bij de SBR meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen deel A (Schade aan gebouwen), deel B (Hinder voor personen in gebouwen) en deel C (Storing aan apparatuur).

Bepaling vindt plaats aan de hand van technische specificaties. De te hanteren meetmethode wordt omschreven in de Richtlijnen van de SBR.

Inzake geluidsniveaus ten gevolge van bouwactiviteiten in het eigen gebouw kan het volgende worden aangehouden:

- Het enige wettelijk voorgeschreven maximaal toelaatbaar geluidsniveau op de werkplek heeft relatie met het optreden van blijvende gehoorschade en heeft betrekking op geluidsniveaus van 80 dB(A) en hoger, gemiddeld over een werkdag.
- Daarnaast worden voor kantoorwerkzaamheden uit het oogpunt van comfort wel richtlijnen en aanbevelingen gegeven, maar geen wettelijk voorgeschreven toelaatbaar niveau. De richtlijnen zoals het Arbo Informatieblad AI-7 'Kantoren' geven aan dat gestreefd dient te worden naar een



equivalent geluidsniveau van 45 dB(A) gedurende de arbeidstijd met name voor concentratie bij beeldschermgebruik.

- Bekend is dat bij geluidsniveaus boven de 55 dB(A) het voeren van telefoongesprekken wordt gehinderd. In het algemeen worden onderstaande prestatieniveaus voor kantoorwerkzaamheden aangehouden (geen wettelijke status):

#### 7.5.5.1 Prestatieniveaus:

Vertrek	Equivalent niveau continu dB(A)	Equivalent niveau $\leq 1$ uur per dag dB(A)
Kantoor	45	55

Tabel 41 : Toelaatbare niveaus in kantoren ten gevolge van bouwactiviteiten.

#### 7.5.5.2 Bepalingsmethode:

- NEN-EN-ISO 16032: "Meting van geluidrukniveaus van gebouwinstallaties".

## 7.6 Relevante normen en documenten

- NEN 5077:2019 "Geluidwering in gebouwen – Bepalingsmethoden voor de grootheden voor geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie en geluidsniveaus veroorzaakt door installaties"
- NEN-EN-ISO 9921: (2003) "Ergonomie - Beoordeling van spraakverstaanbaarheid".
- NEN-EN-ISO 16032: (2004) "Meting van geluidrukniveaus van gebouwinstallaties".
- NEN-EN-ISO 3382-2:2008 "Akoestiek – Meting van de ruimte akoestische parameters – Deel 2: Nagalmtijd in gewone ruimtes".
- NEN-EN-ISO 3382-3:2022 en "Akoestiek - Meting van de ruimte akoestische parameters – Deel 3: Kantoortuinen".
- SBR meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen deel A.
- Arbo Informatieblad AI-7 "Kantoren".

## 8 Binnenluchtkwaliteit

Een goede binnenluchtkwaliteit is van belang zodat:

- personen geen nadelige gezondheidseffecten ondervinden.
- 2 personen zo optimaal mogelijk kunnen presteren.
- geen schade optreedt aan goederen of processen.

Minimale luchtverversingseisen in gebouwen zijn vastgelegd in het Bouwbesluit. Deze hebben ten doel om de gezondheid voor mensen te waarborgen. Het Bouwbesluit waarborgt daarmee niet de optimale omstandigheden om goed te kunnen presteren. Evenmin waarborgt het dat er geen schade optreedt aan goederen of processen. Dit kunnen redenen zijn om hogere eisen in een PvE te hanteren dan de wettelijke ondergrens. Dit handboek geeft prestatierichtlijnen om een optimaal binnenklimaat te realiseren. Tevens worden hiermee storingen en onderhoudskosten geminimaliseerd. De richtlijnen kunnen als volgt onderverdeeld worden:

- Voorkomen van vervuiling door:
  - Toepassen van emissiearme materialen.
  - Aparte ruimten voor vervuilende apparaten en/of processen.
  - Goede ventilatievoorzieningen.
- Adequate verse luchttoevoer.
- Individuele beïnvloedingsmogelijkheden voor luchtkwaliteit.
- Borging van prestaties.

### 8.1 Basiseisen t.b.v. het handboek

Voor het bereiken van de doelstelling van een gezond binnenmilieu op basis van een goede luchtkwaliteit wordt de filosofie gevolgd dat:

1. Vervuilingbronnen -zoveel mogelijk- worden voorkomen,
2. Vervuiling -indien mogelijk- via natuurlijke weg wordt afgevoerd,
3. Maatregelen ter verbetering zo efficiënt mogelijk functioneren.

Deze filosofie is vergelijkbaar met de geachte achter de Trias Energetica (zie hoofdstuk 2).

Ten behoeve van het binnenmilieu kunnen hieruit de volgende aandachtspunten worden afgeleid:

- De kwaliteit van het binnenmilieu dient er op gericht te zijn bij een acceptabel comfortniveau de productiviteit van mensen in het gebouw te verhogen en het ziekteverzuim te verlagen.
- Deze kwaliteit dient in het gebouw daar gerealiseerd te worden waar lucht wordt ingeademd en ten aanzien van irriterende agentia, waar personen in contact komen met de omringende lucht.
- In zones binnen het gebouw waar slechts kortstondig personen aanwezig zijn of alleen tijdens bijzondere situaties (bijv. hoog in een ruimte) kan met een lagere luchtkwaliteit worden volstaan.
- Door een effectief en efficiënt ventilatiesysteem worden onvermijdelijke verontreinigingen van de binnenlucht afgevoerd. Bij voorkeur worden natuurlijke principes toegepast, die tot een energiezuinige en robuuste luchtuitwisseling leiden door toepassing van fysische stromingsprincipes zoals thermische trek, benutting van winddruk, luchtstroming van licht vervuild naar zwaar vervuild en dergelijke.
- De verspreiding en menging van vervuiling dient zo veel mogelijk te worden voorkomen, bijvoorbeeld door toepassing van luchtdichte scheidingsconstructies, overdrukprincipe en dergelijke.
- Het ventilatiesysteem moet eenvoudig en robuust van opzet zijn, waardoor reinigen en onderhoud gemakkelijk kunnen plaatsvinden en het risico op verstoringen gering is.
- De manier waarop toe- en afvoervoorzieningen voor ventilatielucht worden ontworpen bepaalt in sterke mate de effectiviteit van de luchtverversing. Door slimme ontwerpkeuzes kan een hoge luchtkwaliteit met een lage luchthoeveelheid worden behaald.

De debieten en regeling van het ventilatiesysteem dienen gericht te zijn op het beoogde doel van luchtkwaliteit, dus voorkomen moet worden dat voor personen wordt geventileerd als deze niet aanwezig zijn of voor emissies van bouwmaterialen e.d. als deze niet voorkomen. In situaties kan zogenaamd vraaggestuurd ventileren zorgen voor een goede luchtkwaliteit en bijdragen aan de energieprestaties van een gebouw. Het voorkomen van onnodig ventileren beperkt tevens kosten, slijtage, onderhoud en geluidhinder. Aandachtspunt bij vraagsturing is dat er voldoende ventilatie gewaarborgd wordt bij een lage bezetting (dit betekent dat de grenswaarde afgestemd dient te worden op het verwachte gebruik) en dat de parameter waarop gestuurd wordt de enige relevant bron van vervuiling is.

Het Bouwbesluit stelt in artikel 3.29 eisen aan de ventilatiecapaciteit voor een verschillende gebruiksfuncties bepaald volgens NEN 1087. Voor een verblijfsgebied en een verblijfsruimte van een kantoorruimte geldt een ventilatiecapaciteit  $\geq 6,5 \text{ dm}^3/\text{s}$  per persoon.

NEN-EN 16798-1 bevat richtlijnen voor een goed binnenklimaat. In de bijlagen van de norm wordt een methode beschreven waarmee de capaciteit van een ventilatiesysteem kan worden ontworpen. Hierbij wordt een verband gelegd tussen het aantal verwachte ontevreden gebouwgebruikers en de toegepaste ventilatiedebieten door gebruik te maken van vier verschillende prestatieniveaus (categorie I t/m IV). De ventilatiecapaciteit wordt bepaald aan de hand van 1) ervaren luchtkwaliteit, 2) gelimiteerde concentraties van concentraties emissies (o.a. CO<sub>2</sub>) of 3) vooraf ingestelde ventilatiedebieten.

Het programma van eisen Gezonde kantoren bevat eisen voor ventilatie en luchtkwaliteit in kantoorgebouwen. Ook hierbij wordt onderscheid gemaakt in verschillende kwaliteitsniveaus: klasse A zeer goed (uitstekend), klasse B goed (goed) en klasse C voldoende (basis).

#### 8.1.1.1 Prestatieniveaus:

Categorie	Omschrijving
IEQ;I	Hoge verwachtingen van het binnenmilieu
IEQ;II	Middelmatige verwachtingen van het binnenmilieu
IEQ;III	Gematigde verwachtingen van het binnenmilieu
IEQ;IV	Lage verwachtingen van het binnenmilieu

Tabel 42: Indeling in vier categorieën binnenmilieukwaliteit "Indoor Environmental Quality" (IEQ) voor gebouwen, gebaseerd op de verwachtingen van gebouwgebruikers (NEN-EN 16798-1).

Ambitieniveau	Omschrijving
Klasse A (uitstekend)	Zeer goed; in geval van bijzondere omstandigheden die hoge kwaliteit behoeven.
Klasse B (goed)	Goed; standaard ambitieniveau bij nieuwbouw of ingrijpende renovatie.
Klasse C (basis)	Voldoende; basisniveau vaak gebaseerd op geldende wet- en regelgeving.

Tabel 43 : Indeling in ambitieniveaus Programma van Eisen Gezonde kantoren 2021.

### 8.1.1.2 Bepalingsmethode:

- NEN-EN 16798-1: Energieprestatie van gebouwen – Deel 1: Invoergegevens voor het binnenklimaat voor ontwerp en beoordeling van energieprestatie van gebouwen met betrekking tot binnenluchtkwaliteit, thermisch binnenklimaat, verlichting en akoestiek

#### 8.1.1.2.1 Aanvulling(en):

In dit handboek wordt geen verdeling gemaakt naar nieuwe of bestaande gebouwen. Het is immers voor de gezondheid en functionaliteit van de gebruiker niet relevant of de activiteit in een bestaand of nieuw gebouw gebeurt. Wel is het relevant om een onderscheid te maken naar gebruikers:

- extra of normaal vatbaar voor luchtverontreinigingen en
- (eventueel) verminderd vatbaar dankzij specifieke persoonsbescherming en
- naar de duur van het verblijf.

Bij de formulering van prestatie-eisen is (in de norm) van een aantal standaard gebruikssituaties uitgegaan voor een kantooromgeving. Dit leidt tot de volgende omschrijving van categorieën:

- ruimten met bijzondere hoge eisen aan de luchtkwaliteit (conform NEN-EN 16798-1 komt dit overeen met 15 % ontevredenen, en klasse A in het PvE gezonde kantoren);
- ruimten met een standaard luchtkwaliteit, bedoeld voor langdurig verblijf (langer dan 2 uur per dag) (conform NEN-EN 16798-1 komt dit overeen met 20 % ontevredenen en klasse B in het PvE gezonde kantoren);
- ruimten met een lagere luchtkwaliteit, bedoeld voor kortdurig verblijf van personen (conform NEN-EN 16798-1 komt dit overeen met 30 % ontevredenen en klasse C in het PvE gezonde kantoren);
- ruimten met specifieke eisen, die primair niet bedoeld zijn voor het verblijf van personen, zoals techniek, opslag, e.d.

## 8.2 Voorkomen van vervuiling- en verontreinigingsbronnen

### 8.2.1 Vaak voorkomende oorzaken te beperken

**Beperk de risico's van vervuiling door vaak voorkomende oorzaken te vermijden of alleen toe te passen als de risico's voor de binnenluchtkwaliteit goed omschreven zijn en zijn afgedekt met maatregelen om luchtvervuiling te voorkomen.**

Een vaak voorkomende oorzaak is recirculatie van ventilatielucht. Dit moet worden vermeden en is ook niet (meer) nodig omdat er warmteterugwinning uit de afvoerlucht mogelijk is. Bij toepassing van warmterugwinapparatuur (met name warmtewielen) moet extra aandacht worden besteed aan een correctie uitvoering om kortsluiting tussen de afvoer en toevoerlucht en vervuiling te voorkomen. Bevochtiging van de toevoerlucht moet met stoom plaatsvinden om besmetting met legionella bacteriën te voorkomen. Hierbij dient daarnaast opgemerkt te worden dat bevochtiging slechts in zeer beperkte situaties een aantoonbaar voordeel voor de gebruikers van het gebouw. Dit terwijl de bevochtigingssectie wel een risico is voor verontreinigingen in het luchtbehandelingssysteem.

Tijdens de levering, opslag en montage van bouwdeelen en met name onderdelen van het ventilatiesysteem dient zorg te worden gedragen dat deze zo min mogelijk vervuilen en schoon worden opgeleverd. Bij gefaseerde oplevering en tijdens de (af)bouw) worden maatregelen genomen om te voorkomen dat gerede onderdelen vervuilen door werkzaamheden elders in het gebouw.

Regelmatig schoonmaken van het gebouw beperkt de blootstelling aan ongewenste stoffen en resulteert daarmee in minder gezondheidsklachten. De systematiek van de Vereniging Schoonmaak Research (VSR) geeft hiervoor goede richtlijnen. Verlangd wordt dat niet alleen het schoonmaakbeleid hierop gericht is, maar ook het ontwerp van de huisvesting en dienstverlening zodat ook de gebruikers hieraan bij kunnen dragen.

### 8.2.1.1 Prestatieniveaus Programma van Eisen Gezonde Kantoren

In het programma van eisen gezonde kantoren zijn hiervoor klasse A en B eisen opgenomen t.a.v. de hygiëne van het ventilatiesysteem.

Ambitieniveau	Omschrijving
Klasse A Uitstekend	De stofdepositie in luchtkanalen en in andere componenten & appendages die deel uitmaken van een eventueel aanwezig mechanisch ventilatiesysteem is dusdanig dat voldaan wordt aan de reinheidseisen uit het LUKA handboek, specifiek luchtreinheidsklasse H (hoog).
Klasse B Goed	De stofdepositie in luchtkanalen en in andere componenten & appendages die deel uitmaken van een eventueel aanwezig mechanisch ventilatiesysteem is dusdanig dat voldaan wordt aan de reinheidseisen uit het LUKA handboek, specifiek luchtreinheidsklasse M (middel).  Eventueel aanwezige centrale recirculatiekleppen en warmtewielen staan zo afgesteld dat recirculatie op gebouwniveau oftewel het opnieuw inbrengen van verontreinigde retourlucht tijdens gebruikstijd zo goed als uitgesloten is (met maximaal 5% kortsluiting van retourlucht).
Klasse C basis	Geen eisen.

Tabel 44: Prestatieniveaus hygiëne van het ventilatiesysteem

Daarnaast dienen luchttoevoerkanalen en luchtbehandelingskasten tijdens de uitvoeringsfase zo rein mogelijk gehouden worden. Luchtbehandelingskasten, luchtkanalen en andere componenten van het ventilatiesysteem- dienen uitgevoerd en onderhouden te worden in lijn met bepalingen uit Binnenklimaat Nederland bestek Onderhoud en Beheer Luchtbehandelingssystemen Kantoor.

### 8.2.2 Toepassen van emissiearme materialen

**De interieurmaterialen zijn voldoende emissiearm zodat verontreinigingen voorkomen worden. Ze geven tijdens de gebruiksfase alleen in beperkte mate vluchtige organische stoffen af, nauwelijks semivluchtige organische stoffen en verwaarloosbare hoeveelheden kankerverwekkende stoffen. Ook verspreiden ze geen overmatige hoeveelheden (fijn)stof of glas- en steenwolvezels.**

Bij de keuze van materialen dient rekening te worden gehouden met de emissie van schadelijke stoffen die de gezondheid kunnen aantasten. Hierbij dient ook rekening te worden gehouden met bijzondere omstandigheden als bijvoorbeeld brand.

Bij toepassing van producten en bouwmaterialen (zoals lijmen, kitten, verf, etc.) die een hoge begin-emissie kennen, worden deze zoveel mogelijk buiten het gebouw toegepast of opgeslagen, totdat de emissie een acceptabele lage waarde heeft. Als dit niet mogelijk is, dient in het gebouw in de beginperiode een aangepast (hoger) ventilatieregime te worden toegepast om de vervuilingen zo snel mogelijk af te voeren.

### 8.2.2.1 Prestatieniveaus NEN-EN 16798-1

De materiaaleisen zoals gesteld in NEN-EN 16798-1 (annex B.4) voor “low-polluting” en “very low-polluting buildings” worden als volgt aangehouden:

Bron	lage gebouw emissies (“low-polluting buildings”)	zeer lage gebouw emissies (“very low-polluting buildings”)
TVOC concentratie	< 1000 µg/m <sup>3</sup>	< 300 µg/m <sup>3</sup>
Formaldehyde	< 100 µg/m <sup>3</sup>	< 30 µg/m <sup>3</sup>
Elke type C1A of C1B geclassificeerd carcinogeen VOC	< 5 µg/m <sup>3</sup>	< 5 µg/m <sup>3</sup>
R-waarde (zoals gedefinieerd in EN 16516)	< 1,0	< 1,0

Tabel 45: materiaaleisen voor gebouwemissies

### 8.2.2.2 Prestatieniveaus Programma van Eisen Gezonde kantoren

Klasse	Omschrijving
A (uitstekend)	De formaldehyde (HCOH) concentratie bedraagt maximaal 30 microgram/m <sup>3</sup> . De totale vluchtige organische stoffen oftewel TVOC-concentratie bedraagt maximaal 300 microgram/m <sup>3</sup> .
B (goed)	De formaldehyde (HCOH) concentratie bedraagt maximaal 30 microgram/m <sup>3</sup> . De totale vluchtige organische stoffen oftewel TVOC-concentratie bedraagt maximaal 500 microgram/m <sup>3</sup> .
C (basis)	De formaldehyde (HCOH) concentratie bedraagt maximaal 120 microgram/m <sup>3</sup> . De totale vluchtige organische stoffen oftewel TVOC-concentratie bedraagt maximaal 1000 microgram/m <sup>3</sup> .

Tabel 46 : Grenswaarden voor de TVOC en formaldehyde concentratie zoals beschreven in het PvE Gezonde Kantoren.

### 8.2.2.3 Bepalingsmethoden:

- NEN-EN 16798-1: Energieprestatie van gebouwen – Deel 1: Invoergegevens voor het binnenklimaat voor ontwerp en beoordeling van energieprestatie van gebouwen met betrekking tot binnenluchtkwaliteit, thermisch binnenklimaat, verlichting en akoestiek
- Formaldehyde: NEN-ISO 16000-3
- TVOC: NEN-ISO 16000-4

#### 8.2.2.3.1 Aanvulling(en):

Het voldoen aan de eisen dient te worden aangetoond door het overleggen van emissielabels, keurmerken, e.d. Op basis van een testrapport door een gecertificeerd laboratorium (conform NEN-EN-ISO\_IEC 17025:2018) kan voor specifieke producten of materialen een gelijkwaardigheid aan genoemde emissielabels worden aangetoond. Keurmerken en richtlijnen die de ontwerper kunnen helpen om aan de bovenstaande eisen te voldoen zijn: AgBB, GUT, Blauer Engel, KOMO (formaldehyde), Emicode (lijmen).

## 8.2.3 Goede ventilatievoorzieningen

Hiervoor worden de volgende functionele eisen vastgelegd:

- Het ventilatiesysteem (mechanisch dan wel natuurlijk) voert lucht toe van een hoge kwaliteit. Het ventilatiesysteem is dus zo ontworpen en uitgevoerd dat de ventilatielucht onderweg (bijvoorbeeld vanaf het buitenlucht aanzuigrooster tot aan het inblaasrooster in de ruimte) niet onnodig verontreinigd raakt (door stof, vezels, microbiologische agentia, e.d.).
- 3 Op locaties waar sprake is van vervuilde buitenlucht zorgt het ventilatiesysteem voor reiniging (bijv. filtering) van deze lucht alvorens deze in de ruimte wordt toegevoerd.
- De locatie van de aanzuiging van verse buitenlucht (of ventilatievoorzieningen ten behoeve van natuurlijke ventilatie) wordt zodanig gekozen dat vervuiling door lokale bronnen (bijv. luchtafblaas van verschillende bronnen en emissies van dakbedekking) zo veel mogelijk voorkomen wordt.

Het gekozen systeem voor luchtverversing dient op bovenstaande eisen te worden ontworpen, uitgevoerd en onderhouden. Middels een kwaliteitsborgingsysteem (commissioningplan) wordt aangetoond dat een blijvende functionele prestatie is geborgd. Het ontwerp, de uitvoering en het onderhoud dient gericht te zijn op het bereiken van de functionaliteit bij minimale luchthoeveelheden en een minimaal energiegebruik.

Op basis van (momentane) controlemetingen wordt de werking van het systeem gecontroleerd en periodiek bijgesteld.

### 8.2.3.1 Prestatieniveaus NEN-EN 16798-1:

- Het mechanisch ventilatiesysteem is ontworpen en uitgevoerd conform de eisen uit VDI 6022 en ISSO-publicatie 55.3.
- De selectie van de filters heeft plaatsgevonden conform NEN-EN 16890 op basis van de beoogde binnenluchtkwaliteit (SUP) en de lokale kwaliteit van de buitenlucht (outdoor air quality, ODA).
- Voor bijzondere gebouwen, zoals kerken, musea, historische gebouwen etc. is extra aandacht nodig voor luchtbevochtiging. Bevochtigen of ontvochtigen van ruimtes is vaak in algemene zin niet nodig. Overtollig vocht of weinig vocht moet wel worden voorkomen.
- Er is geen inwendige isolatie van kanalen toegepast.
- De luchtdichtheid van de kanalen dient te voldoen aan klasse B van NEN-EN 12237.
- Voorzieningen voor natuurlijke luchttoevoer geven geen emissies, geuren of andere luchtverontreinigingen aan de toevoerlucht af, zijn goed bereikbaar voor inwendige inspectie en reiniging en zijn handmatig afsluitbaar.

### 8.2.3.2 Bepalingsmethode(n)

- VDI 6022.
- ISSO-publicatie 55.3.
- NEN-EN 16798: Energieprestatie van gebouwen – Deel 1: Invoergegevens voor het binnenklimaat voor ontwerp en beoordeling van energieprestatie van gebouwen met betrekking tot binnenluchtkwaliteit, thermisch binnenklimaat, verlichting en akoestiek
- NEN-EN 12237: “Ventilatie van gebouwen – luchtleidingen – Sterkte en lekdichtheid van ronde dunwandige metalen”
- NEN-EN 16890: “luchtfilters voor algemene ventilatie”

#### 8.2.3.2.1 Aanvulling(en):

De selectie van de filters dient plaats te vinden conform NEN-ISO 16890 op basis van de beoogde binnenluchtkwaliteit (SUP, zie Tabel 47) en de lokale kwaliteit van de buitenlucht (outdoor air quality, ODA). Let op: de klassen voor de buitenlucht (ODA1 tot en met ODA 3) wijken af van de klassen A, B en C zoals genoemd in het hoofdstuk stedenbouwfysica. De karakterisering van de luchtkwaliteit is

strenger dan in de NEN-EN 16798. Daarmee wordt invulling gegeven aan het ambitieniveau voor wat betreft de luchtkwaliteit (en gezondheid/arbeidsproductiviteit) in gebouwen.

Categorie	Toepassing
SUP 1	Hoge hygiënische eisen <i>Algemeen: -</i> <i>Industrie: ziekenhuizen, clean rooms</i>
SUP 2	Gemiddelde hygiënische eisen <i>Algemeen: permanente bezetting, zoals scholen, kantoren, residentieel, theaters.</i> <i>Industrie: productie van voedsel en drank</i>
SUP 3	Basis hygiënische eisen <i>Algemeen: ruimtes met tijdelijke bezetting, zoals winkelcentra, wasruimtes, kopieerruimtes</i> <i>Industrie: Voedsel en drank met basis hygiënische eisen</i>
SUP 4	Zonder hygiënische eisen <i>Algemeen: ruimtes met korte bezetting, zoals toiletten, opslagruimtes.</i> <i>Industrie: algemene productie</i>
SUP 5	<i>Algemeen: ruimtes zonder bezetting, zoals vuilnisruimtes, datacentra.</i> <i>Industrie: Zware industrie</i>

Tabel 47: SUP categorieën met voorbeelden

De luchtkwaliteit ter plaatse van het gebouw binnen een stedelijke omgeving wordt bepaald op basis van de Regeling beoordeling luchtkwaliteit (Rbl), zoals vastgelegd in de Wet Milieubeheer 2007. Daarin spelen naast de achtergrondconcentratie (gemiddelde luchtkwaliteit voor wegverkeer en industriële bronnen) ook lokale omstandigheden (zoals wegverkeersintensiteit, rijgedrag en weglayout) een rol. De luchtkwaliteit kan worden bepaald aan de hand van Standaardrekenmethode 1, 2 of 3 (SRM).

Door het karakteriseren van de concentraties fijnstof (PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>) en stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) wordt in de Nederlandse situatie goed inzicht gegeven in de totale luchtkwaliteit. Deze zijn maatgevend voor de beoordeling.

Klasse	kwaliteit	[PM <sub>10</sub> ] in µg/m <sup>3</sup>	[PM <sub>2,5</sub> ] in µg/m <sup>3</sup>	[NO <sub>2</sub> ] in µg/m <sup>3</sup>
<b>A (ODA 1)</b>	goed	≤ 15	≤5	≤10
<b>B (ODA 2)</b>	redelijk	15-22,5	5-7,5	10-15
<b>C (ODA 3)</b>	basis	>22,5	>7,5	>15

Tabel 48 : Buitenluchtkwaliteit.

Situaties met een luchtkwaliteit die slechter zijn dan de 22,5 µg/m<sup>3</sup> voor PM<sub>10</sub> komen nauwelijks voor in Nederland. Concentraties hoger dan 15 µg/m<sup>3</sup> voor NO<sub>2</sub> en 7,5 µg/m<sup>3</sup> voor PM<sub>2,5</sub> kunnen in (kleine) delen van Nederland nog voorkomen. In gevallen waarbij de grenzen worden overschreden, zijn extra aandacht voor luchtkwaliteit en aanvullende maatregelen nodig.

De onderstaande tabel geeft de (minimaal) aanbevolen filterefficiency om een bepaalde luchtkwaliteit te halen, afhankelijk van de buitenluchtkwaliteit (bron: NEN-EN 16890).

		Toevoerlucht				
Buitenlucht		SUP 1*	SUP 2*	SUP 3**	SUP 4	SUP 5



			PM <sub>2,5</sub> ≤ 1,25 PM <sub>10</sub> ≤ 3,75	PM <sub>2,5</sub> ≤ 2,5 PM <sub>10</sub> ≤ 7,5	PM <sub>2,5</sub> ≤ 3,75 PM <sub>10</sub> ≤ 11,25	PM <sub>2,5</sub> ≤ 5 PM <sub>10</sub> ≤ 15	PM <sub>2,5</sub> ≤ 7,5 PM <sub>10</sub> ≤ 22,5
Categorie	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	ePM <sub>1</sub>	ePM <sub>1</sub>	ePM <sub>2,5</sub>	ePM <sub>10</sub>	ePM <sub>10</sub>
ODA 1	≤ 5	≤ 15	70%	50%	50%	50%	50%
ODA 2	≤ 7,5	≤ 22,5	80%	70%	70%	80%	50%
ODA 3	≥ 7,5	≥ 22,5	90%	80%	80%	90%	80%

tabel 49 Aanbevolen minimale ePM<sub>x</sub>-filtratierendementen afhankelijk van ODA en SUP-categorie (jaargemiddelde PM<sub>x</sub>-waarden in ug/m<sup>3</sup>) volgens NEN-EN 16890

- \*       aanbevolen minimale filtratierendement ePM<sub>1</sub> 50% verwijst naar een eindfilterfase  
 \*\*      aanbevolen minimale filtratierendement ePM<sub>2,5</sub> 50% verwijst naar een eindfiltratiefase

De bovenstaande filtratierendementen hebben betrekking op zowel één filter als meerfasen-filtratiesystemen met een gecumuleerd rendement. Enkele voorbeelden om de filtratierendementen te halen worden in onderstaande tabel toegelicht. De tabel is niet uitputtend en het wordt dus aanbevolen om bij selectie van filters contact op te nemen met een filter leverancier voor een optimale selectie.

Buitenluchtkwaliteit		Toevoerluchtkwaliteit				
		SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA 1	Voorbeeld 1	ePM <sub>10</sub> 50% + ePM <sub>1</sub> 60%	ePM <sub>1</sub> 50%	ePM <sub>2,5</sub> 50%	ePM <sub>10</sub> 50%	ePM <sub>10</sub> 50%
	Voorbeeld 2	ePM <sub>1</sub> 70%	-	-	-	-
ODA 2	Voorbeeld 1	ePM <sub>1</sub> 50% + ePM <sub>1</sub> 60%	ePM <sub>10</sub> 50% + ePM <sub>1</sub> 60%	ePM <sub>1</sub> 50%	ePM <sub>2,5</sub> 50%	ePM <sub>10</sub> 50%
	Voorbeeld 2	ePM <sub>1</sub> 80%	ePM <sub>1</sub> 70%	ePM <sub>2,5</sub> 70%	ePM <sub>10</sub> 80%	-
ODA 3	Voorbeeld 1	ePM <sub>1</sub> 50% + ePM <sub>1</sub> 80%	ePM <sub>1</sub> 50% + ePM <sub>1</sub> 60%	ePM <sub>10</sub> 50% + ePM <sub>1</sub> 60%	ePM <sub>1</sub> 50%	ePM <sub>2,5</sub> 50%
	Voorbeeld 2	ePM <sub>1</sub> 90%	ePM <sub>1</sub> 80%	ePM <sub>2,5</sub> 80%	ePM <sub>10</sub> 90%	ePM <sub>10</sub> 80%

tabel 50, voorbeelden van filterklassen die aan de respectieve ODA/SUP-categorieën voldoen

Gebouwen, die zijn gesitueerd in gebieden met een beperkte buitenluchtkwaliteit dienen op lichte overdruk te worden gehouden ten opzichte van de buitenlucht om infiltratie van vervuilde buitenlucht tegen te gaan. Ten aanzien van het buitenluchtaanzuigrooster gelden de volgende eisen:

- De locatie van het buitenluchtaanzuigrooster (zowel bij een natuurlijke als een mechanische toevoer) dient zodanig te zijn dat invloed van bronnen van luchtvervuiling (bijv. luchtafblaas, rookgas-afvoer en verkeer) en warmte (bijv. van dakvlak) wordt geminimaliseerd.
- Het buitenluchtrooster dient geplaatst te worden conform de eisen NPR-CEN/TR 16798-4:2017
- Het buitenluchtaanzuigrooster dient het binnendringen van neerslag (regen, sneeuw), ongedierte, e.d. te voorkomen.

## 8.3 Adequate verse luchttoevoer

Hiervoor gelden de volgende functionele eisen:

- Het ventilatiesysteem (mechanisch dan wel natuurlijk) zorgt tijdens de gebruikstijd en bij aanwezigheid van personen, op ruimteniveau voor voldoende (effectieve) toevoer van verse lucht, zodanig dat bio-effluenten van gebruikers en emissies (van o.a. materialen en apparatuur) voldoende worden verdund en afgevoerd.
- 4 Het ventilatiesysteem (mechanisch dan wel natuurlijk) zorgt binnen gebruikstijd maar bij afwezigheid van personen, op ruimteniveau voor voldoende verse luchttoevoer zodanig dat emissies (van o.a. materialen en apparatuur) voldoende worden verdund en afgevoerd.

Voor kantoor- en bijeenkomstgebouwen geeft de huidige regelgeving minimale eisen voor de capaciteit van de luchtverversing. Deze capaciteiten dienen altijd aanwezig te zijn, tenzij op overtuigende wijze een gelijkwaardigheid (t.b.v. het bevoegd gezag wordt aangetoond).

Om geurhinder en gezondheidsklachten te voorkomen is het raadzaam ook eisen te stellen aan het gebruik van de voorzieningen. Met als uitgangspunt de functionele eisen en prestatie-indicatoren is het goed denkbaar dat met afwijkende regelregimes en ventilatieconcepten toch het doel wordt bereikt. Het uitgangspunt is dus niet de hierna genoemde debieten, maar een -zo mogelijk kwantitatieve- onderbouwing van het concept.

De effectiviteit van het ventilatiesysteem is dus sterk afhankelijk van het gekozen inrichtingsconcept (beperking van verontreinigende bronnen) en het ventilatieconcept (de ventilatie efficiency):

- Indien in het inrichtingsconcept voldoende aandacht is gegeven aan het beperken van verontreinigende bronnen (conform paragraaf 8.2.1) mag worden uitgegaan van lagere luchthoeveelheden per m<sup>2</sup> gebouwoppervlakte.
- Indien in het ventilatieconcept gekozen wordt voor een systeem met een hogere ventilatie efficiency mag worden uitgegaan van lagere luchthoeveelheden per aanwezige persoon.
- Dit betekent dat tijdens het gebruik de toegevoerde ventilatiedebieten kunnen worden gehalveerd (of meer) om verspilling tegen te gaan en een energiezuinig gebouw te realiseren.

Buiten de gebruikstijd van het gebouw gelden geen ventilatie-eisen. De luchtkwaliteit moet voldoende zijn tijdens de openstelling voor werknemers en bezoekers. Denkbaar is dat buiten normale gebruikstijden gedeelten van het gebouw worden geventileerd voor incidenteel gebruik of overwerk. De keuze of buiten gebruikstijd met een lage capaciteit wordt geventileerd om emissies af te voeren (bijv. in combinatie met nachtkoeling e.d.) of dat het gebouw voor openingstijd 'klaar gezet wordt' in de gebruikscondities wordt aan de uitvoerder/beheerder van de voorzieningen overgelaten.

### 8.3.1.1 Prestatieniveaus NEN-EN 16798-1:

Als uitgangspunt voor de te hanteren debieten geldt de NEN-EN 16798-1. Hierbij wordt uitgegaan van een ventilatie efficiency van 1,0 (compleet gemixt). Indien hiervan afgeweken wordt, dient hiervoor gecorrigeerd te worden.

Volgens de NEN-EN 16798-1 kan er volgens drie methoden worden voldaan aan de gestelde eisen voor binnenluchtkwaliteit. Waarbij in de norm het uitgangspunt genomen wordt dat een gebouw standaard lage gebouw emissies heeft ("low polluted building"), tenzij er (eerdere) activiteiten in het gebouw aanleiding geven voor geen lage emissies ("non-low polluted building"). Indien het overgrote deel van de toegepaste bouwmaterialen voldoet aan de criteria voor zeer lage emissies, dan mag uitgegaan worden van zeer lage gebouw emissies ("very-low polluted building"). Zie paragraaf 8.2.2.

#### Methode 1: methode gebaseerd op ervaren luchtkwaliteit

Het totale ventilatiedebiet wordt berekend als de som van de benodigde luchthoeveelheid ten aanzien van (a) verontreinigingen veroorzaakt door de aanwezige personen (bio-effluenten) en (b) verontreinigingen veroorzaakt door het gebouw en interieur volgens de volgende formule:

$$q_{\text{tot}} = n \cdot q_p + A_r \cdot q_B$$

Waarvoor geldt:

$q_{\text{tot}}$  = totale ventilatiehoeveelheid in de ademzone [l/s] (voorbeeld Tabel 45)

$n$  = ontwerpuitgangspunt aantal personen in de ruimte

$q_p$  = ventilatiehoeveelheid per persoon [l/s] (zie Tabel 43)

$A_r$  = vloeroppervlak [m<sup>2</sup>]

$q_B$  = ventilatiehoeveelheid voor emissies gebouw [l/(s\*m<sup>2</sup>)] (zie Tabel 44)

Categorie	Verwacht percentage ontevreden	Luchtstroom per persoon [l/(s p.p.)]
IEQ; I	15%	10
IEQ; II	20%	7
IEQ; III	30%	4
IEQ; IV	40%	2,5

tabel 51, ontwerp ventilatiedebieten voor niet-geadapteerde volwassenen voor verdunnen emissies (bio-effluenten) van mensen voor verschillende categorieën

Categorie	Zeër lage gebouw emissies [l/(s*m <sup>2</sup> )]	Lage gebouw emissies [l/(s*m <sup>2</sup> )]	Geen lage gebouw emissies [l/(s*m <sup>2</sup> )]
IEQ; I	0,5	1,0	2,0
IEQ; II	0,35	0,7	1,4
IEQ; III	0,2	0,4	0,8
IEQ; IV	0,15	0,3	0,6

tabel 52, ontwerp ventilatiedebieten voor verdunnen emissies van gebouwen en interieur voor verschillende categorieën

Categorie	Lage gebouw emissies	Ventilatie per persoon	Totale ventilatie hoeveelheid voor de ruimte (uitgedrukt in verschillende eenheden)		
	[l/(s*m <sup>2</sup> )]	[l/s]	[l/s]	[l/s] per persoon	[l/(s*m <sup>2</sup> )]
IEQ; I	1,0	10	20	20	2
IEQ; II	0,7	7	14	14	1,4
IEQ; III	0,4	4	8	8	0,8
IEQ; IV	0,3	2,5	5,5	5,5	0,55

tabel 53, Voorbeeld ventilatiehoeveelheid voor één persoon kantoorruimte van 10m<sup>2</sup> in een gebouw met lage emissies

### Methode 2: methode met grenswaarde van stofconcentratie (CO<sub>2</sub>)

Het ventilatiedebiet om een verontreiniging in de lucht voldoende te verdunnen wordt berekend volgens de formule

$$Q_h = G_h / (C_{h,i} - C_{h,o}) * 1 / \varepsilon_v$$

Waarvoor geldt:

$Q_h$	= ventilatiehoeveelheid benodigd voor verdunning	[m <sup>3</sup> /s]
$G_h$	= de productie van de verontreiniging in de ruimte	[µg/s]
$C_{h,i}$	= de grenswaarde voor de specifieke verontreiniging	[µg/ m <sup>3</sup> ]
$C_{h,o}$	= de concentratie van de verontreiniging in de toegevoerde lucht	[µg/ m <sup>3</sup> ]
$\varepsilon_v$	= ventilatie efficiency	

Om de benodigde ventilatiehoeveelheid voor de ruimte te berekenen met deze methode, is de meest kritische of relevante verontreiniging (of groep verontreinigingen) maatgevend. Bij gebruik van deze methode dient de CO<sub>2</sub>-emissie door personen meegenomen te worden. Tabel 46 geeft de standaard grenswaarden per categorie weer voor de CO<sub>2</sub>-concentratie en bijbehorende ventilatiehoeveelheid per persoon.

Categorie	Overeenkomstige Δ CO <sub>2</sub> -concentratie boven buiten in PPM (ventilatie hoeveelheid in l/s per persoon)
IEQ; I	550 (10)
IEQ; II	800 (7)
IEQ; III	1350 (4)
IEQ; IV	1350 (4)

tabel 54, Standaard ontwerp-CO<sub>2</sub>-concentraties boven de buitenconcentratie uitgaande van een standaard CO<sub>2</sub>-uitstoot van 20 L/(h per persoon)

### Methode 3: Methode gebaseerd op vaste ventilatiedebieten

Deze methode hanteert bepaalde, vooraf gedefinieerde minimale luchttoevoer hoeveelheden bepaald om zowel de eisen voor ervaren luchtkwaliteit als gezondheid te behalen. Tabel 47 geeft een voorbeeld van deze luchttoevoer hoeveelheden voor een kantoorruimte. Wanneer, zoals in Tabel 47, de ventilatiehoeveelheden zowel per persoon als per vierkante meter zijn gedefinieerd, dient het hoogste ventilatiedebiet gehanteerd te worden. De uitgangspunten in Tabel 47 geven hetzelfde resultaat als het voorbeeld in Tabel 45 bij methode 1.

Categorie	Totale hoeveelheid luchthoeveelheid voor een kantoorruimte	
	l/(s p.p.)	l/(s m <sup>2</sup> )
IEQ; I	20	2
IEQ; II	14	1,4
IEQ; III	8	0,8
IEQ; IV	5,5	0,55

tabel 55, Standaard vooraf gedefinieerde ontwerpventilatieluchtdebieten voor een kantoor

### 8.3.1.2 Prestatieniveaus PvE Gezonde kantoren

	<b>Klasse A Uitstekend</b>	<b>Klasse B Goed</b>	<b>Klasse C basis</b>
<b>CO<sub>2</sub> concentratie</b>	De CO <sub>2</sub> -concentratie in verblijfsruimten (in de ademzone) ligt tijdens gebruikstijd op maximaal + 300 ppm boven de buitenluchtconcentratie.	De CO <sub>2</sub> -concentratie in verblijfsruimten (in de ademzone) ligt tijdens gebruikstijd op maximaal + 450 ppm boven de buitenluchtconcentratie.	De CO <sub>2</sub> -concentratie in verblijfsruimten in de ademzone) ligt tijdens gebruikstijd op maximaal + 750 ppm boven de buitenluchtconcentratie.
<b>Luchtverversing</b>	25 m <sup>3</sup> /h per persoon	40 m <sup>3</sup> /h per persoon	60 m <sup>3</sup> /h per persoon

Tabel 56 : Eisen voor de hoeveelheid luchtverversing en de CO<sub>2</sub> concentratie volgens het PvE Gezonde Kantoren.

De ventilatie-efficiëntie (verhouding tussen de hoeveelheid ventilatielucht die de ademzone bereikt en de totale hoeveelheid ingebrachte lucht) is minimaal 0,8 (zie o.a. ASHRAE 62.1 voor de ventilatie-efficiency van diverse ventilatieconcepten).

### 8.3.1.3 Bepalingmethoden

- Ventilatie eisen conform NEN-EN 16798-1
- De hoeveelheid luchtverversing dient te worden bepaald conform de bepalingen uit de norm NEN-EN 16798-3 en die in NEN1087. Gebruik bij debietmetingen altijd een nuldruk-gecompenseerde luchtdebietmeter.

## 8.4 Individuele beïnvloeding van luchtkwaliteit

**Er is voor gebouwgebruikers voorzien in adequate mogelijkheden ter beïnvloeding van de incidentele verse luchttoevoer, waarmee het mogelijk is incidentele verhoogde luchtvervuiling efficiënt af te voeren.**

Bij de omschreven functionele eis wordt opgemerkt dat spuiventilatie ook bedoeld kan zijn om warmte versneld af te voeren en hiermee de ruimtetemperatuur te beïnvloeden.

Daarnaast wordt opgemerkt dat een voorziening in de vorm van 'te openen geveldelen' -al dan niet via een dubbele gevel, atrium, e.d.- bijdraagt in de tevredenheid van gebruikers. Behalve het toevoeren van buitenlucht gaan deze voorzieningen gevoelens van beslotenheid tegen en brengen een sensatie van het buitenklimaat in het gebouw teweeg, hetgeen door gebruikers vaak positief wordt gewaardeerd.

Toch laat deze formulering van de eisen de mogelijkheid open om in specifieke situaties een oplossing te realiseren die bijvoorbeeld gebaseerd is op een mechanische ventilatievoorziening.

### 8.4.1.1 Prestatieniveaus NEN-EN 16798:

Het wordt aanbevolen om gebouwgebruikers te voorzien van de mogelijkheid om een raam te openen. Dit is zowel van toepassing voor slaapkamers en woonkamer in woningen of ouderen huisvesting als voor kantoren, scholen en kinderopvang.

Te openen delen in de gevel moeten goed toegankelijk zijn voor gebouwgebruikers zodat zij deze kunnen gebruiken. Hiervoor kunnen eventueel Bedienstangen of mechanische aandrijvingen voor gebruikt worden.

### 8.4.1.2 Prestatieniveaus PvE Gezonde Kantoren

	<b>Klasse A</b>	<b>Klasse B</b>	<b>Klasse C</b>
<b>Spuiventilatie</b>	Per stramien van 3,60 m is voorzien in minimaal 1 te openen deel.	Per stramien van 3,60 m is voorzien in minimaal 1 te openen deel.	Geen eisen
	De spuiventilatiecapaciteit van het te openen deel is minimaal 100 l/s	De spuiventilatiecapaciteit van het te openen deel is minimaal 100 l/s	
	Het te openen deel is voorzien van een Uitzetmechanisme en de mogelijkheid voor meerdere of traploos instelbare fixatiestanden (incl. kierstand).	Het te openen deel is voorzien van een uitzetmechanisme waarmee deze in elk geval in één stand is te fixeren.	

Tabel 57 : Eisen te openen delen ten behoeve van spuiventilatie

### 8.4.1.3 Bepalingsmethode:

- Berekenen volgens NEN 1087.
- Toetsen op tekening.

#### 8.4.1.3.1 Aandachtspunten:

##### 8.4.1.3.1.1 Bediening:

De spuivoorzieningen moeten eenvoudig door de gebruiker kunnen worden bediend. Deze bediening voorziet in een traploze regeling of in een regeling met ten minste drie standen, waarvan één (windvaste) kierstand.

##### 8.4.1.3.1.2 Belemmerende buitencondities:

De volgende buitencondities kunnen een belemmering vormen voor het vrijelijk openen van ramen:

- Geluidbelasting op de gevel van meer dan 60 dB.
- Gebouwhoogte van meer dan 30 m.
- Luchtverontreiniging van de buitenlucht overeenstemmend met kwaliteitsklasse C (ODA 3).
- Privacy

Bij buitencondities die een belemmering vormen voor het vrijelijk openen van ramen, dienen bij kwaliteitsniveau 'uitstekend' in aanvulling op de aanwezigheid van te openen ramen tevens voorzieningen te worden getroffen om de individuele beïnvloeding te waarborgen dan wel wordt op basis van gelijkwaardigheid (bijvoorbeeld mechanische spuiventilatie) voorzien in deze eis.

Bij erg vervuilde buitencondities die een belemmering vormen voor het vrijelijk openen van ramen, worden uitgegaan van een mechanische spui(ventilatie) als alternatief voor de aanwezigheid van te openen delen in de gevel. Een eventuele mechanische spuiventilatie dient echter wel door gebruikers bedienbaar te zijn per maximaal 4 werkplekken of per 3,6 meter gevelbreedte.

De kwaliteit en overige prestatiecondities van de toegevoerde lucht dienen te worden gerealiseerd op het punt waar de lucht een verblijfsgebied ingaat.

#### 8.4.1.3.1.1.3 Berekening:

De capaciteit van de voorzieningen wordt bepaald conform NEN1087. Voor het bepalen van de capaciteit op verblijfsruimteniveau dient uit te worden gegaan van gesloten binnendeuren (geen ventilatie via twee gevels).

## 8.5 Borging van prestaties

Tijdens de gebruiksfase vindt periodieke monitoring plaats voor luchtkwaliteitparameters die niet rechtstreeks tot gebruiksklachten leiden. Om tijdens de gebruiksfase tevredenheid over de luchtkwaliteit te realiseren worden de volgende activiteiten opgenomen in het gebouwbeheersplan:

De bediening van voorzieningen dient gebruiksvriendelijk te zijn en aan te sluiten op intuïtieve verwachtingen over deze systemen van doorsnee gebouwgebruikers.

### 8.5.1.1 Prestatieniveaus:

Meldpunt voor en opvolging van gebruiksklachten over geurhinder, muffheid, bedomptheid en gerelateerde symptomen, zoals hoofdpijn, irritaties aan luchtwegen en slijmvliezen, en dergelijke.

Periodiek gebruikerstevredenheid onderzoek (elke 5 jaar) met voldoende grote steekproef naar de beleving van het binnenmilieu.

Periodieke metingen van niet-waarneembare luchtverontreinigingen, zoals fijnstof, VOC's, microbiologische verontreiniging en veelvoorkomende chemische verontreinigingen (bijvoorbeeld formaldehyde en dergelijke).

Er wordt periodiek en systematisch onderhoud gepleegd aan de klimaatinstallaties.

In het PvE Gezonde Kantoren zijn in hoofdstuk 4 "Kwaliteitsborging in de gebruiksfase" eisen vastgelegd op klasse A, B en C niveau om ook in de gebruiksfase de gewenste prestaties te waarborgen.

### 8.5.1.2 Bepalingsmethode:

- Controle van gebouwbeheersplan.

## 8.6 Definities

-

## 8.7 Relevante normen en documenten

- AI 24: 'Binnenmilieu' (SDU).
- Breeam-NL: (2020) beoordelingsrichtlijn Nieuwbouw, versie 1.0.
- Cahier R2 Praktijkboek Gezonde gebouwen.
- Handboek Binnenmilieu RIVM.
- ISSO-publicatie 55.3: Legionellapreventie in klimaatinstallaties.
- NEN 1087: Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor nieuwbouw.
- NEN-EN 12237: Ventilatie van gebouwen - Luchtleidingen - Sterkte en lekdichtheid van ronde dun-wandige metalen.
- Eurovent 4/23 - 2022: Selection of EN ISO 16890 rated air filter classes - Fourth Edition - English | Eurovent (t.b.v. filterclassificatie volgens NEN-EN 16890: Luchtfilters voor algemene ventilatie)
- NEN-EN 16798: Energieprestatie van gebouwen

- NEN-EN 16798: Energieprestatie van gebouwen - Deel 1: Invoergegevens voor het binnenklimaat voor ontwerp en beoordeling van energieprestatie van gebouwen met betrekking tot binnenluchtkwaliteit, thermisch binnenklimaat, verlichting en akoestiek - Module M1-6
- VDI 6022: Hygienic requirements for ventilating and air-conditioning systems and air-handling units.
- Voorstel Binnenluchtkwaliteiteisen Rijksgebouwendienst 2010+, Fase 2 rapport, 2e concept d.d. 21 februari 2011, BBA Binnenmilieu.
- Programma van Eisen Gezonde Kantoren 2021, Binnenklimaat Techniek
- Actualisering en addenda SRM-1 en SRM-2, RIVM-briefrapport 2020-0118 (<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0118.pdf>)