

**3510742102 "Projectgroep EnergiePrestatie van Gebouwen"****Rapportage Arup TOjuli**

Document type: Other committee document

Datum van document: 2021-02-16

Reactie NL: MEET

Reactie voor (datum): 2021-02-03

Opmerking secretaris: -

E-mailadres secretariaat: [katrien.volleman@nen.nl](mailto:katrien.volleman@nen.nl)

Commissie webadres: <https://isolutions.iso.org/ecom/livelink/open/49459044>

Centrum Hout  
**TOjuli & Thermische Massa**  
deskstudie rapport

-

Definitief | 26 november 2020

Dit rapport is opgesteld met inachtneming van de specifieke instructies en eisen van de opdrachtgever. Gebruik van (delen van) dit rapport door derden, zoals bijvoorbeeld (maar niet beperkt tot) openbaarmaking, vermenigvuldiging en verspreiding is verboden. Arup aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid jegens derden voor de inhoud van het rapport, noch kan een derde aan de inhoud van het rapport enig recht ontleen.

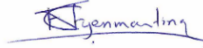


Opdracht nummer 278969-00

**Arup bv**  
PO Box 57145  
1040 BA Amsterdam  
Visitor address:  
Naritaweg 118  
1043 CA Amsterdam  
The Netherlands  
[www.arup.com](http://www.arup.com)

**ARUP**

# Document Verificatie

# ARUP

<b>Opdracht titel</b>		TOjuli & Thermische Massa		<b>Opdracht nummer</b> 278969-00		
<b>Document titel</b>		deskstudie rapport		<b>Dossier referentie</b>		
<b>Document ref</b>		-				
Definitief	26 nov 2020	<b>Dossiernaam</b>	278969-00 Onderzoek TOjuli - Definitief.docx			
		<b>Omschrijving</b>				
			Vorbereid door	Gecontroleerd door	Goedgekeurd door	
		Naam	Filique Nijenmanting	Jacco Paauw	Mathew Vola	
		Handtekening				
Uitgifte Document Verificatie met Document						<input checked="" type="checkbox"/>

# Inhoud

	Pagina
<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2 Context en relevantie</b>	<b>5</b>
2.1 Naar energieneutraal	5
2.2 Klimaatverandering	5
2.3 Verstedelijking	5
2.4 Circulair in 2050	6
<b>3 TO<sub>juli</sub></b>	<b>7</b>
3.1 Achtergrond	7
3.2 Formule	7
3.3 Toelichting	8
<b>4 Discussie</b>	<b>10</b>
4.1 Traagheid van massa	10
4.2 Klimaatverandering	13
4.3 Spui- en nachtventilatie	14
4.4 Bewoners in de stad	17
<b>5 Conclusies</b>	<b>20</b>
<b>6 Aanbevelingen</b>	<b>22</b>
<b>7 Literatuur</b>	<b>23</b>

## Samenvatting

---

### Onderzoek

Dit onderzoek evalueert een nieuwe indicator binnen de energieprestatie-regelgeving genaamd "TO<sub>juli</sub>". Met deze indicator wordt op vereenvoudigde wijze in beeld gebracht of een goed geïsoleerde woning met laag energiegebruik ook in de zomer comfortabel is. Dit is een belangrijk comfortcriterium, vooral in woningen zonder actieve koelsysteem. De berekeningsmethodiek van de TO<sub>juli</sub> wordt ter discussie gesteld door Centrum Hout, omdat resultaten met name bij lichte woningen negatiever uitpakken dan de ervaringen die men heeft in de praktijk.

Op basis hiervan heeft Centrum Hout aan Arup gevraagd de methode te onderzoeken op basis van onderstaande aspecten:

- Context en relevantie
- Berekeningsmethodiek
- Relevante bouwfysische effecten
  - Effecten thermische massa
  - Nachtventilatie
  - Dag/nachtcomfort
- Conclusies en aanbevelingen.

### Context en relevantie

Verschillende maatschappelijke vraagstukken sturen de veranderingen in de woningmarkt waaronder: meer isolatie om energie te besparen, meer gestapelde bouw om woningtekorten op te vangen en lichtere bouwmethoden om tegemoet te komen aan circulaire doelstellingen in

binnenstedelijke omgevingen. Gestapelde lichte woningbouw komt steeds vaker voor. Het thermische gedrag hiervan is anders dan de we van de traditionele en grondgebonden woningbouw in Nederland gewend zijn. Voor dergelijke projecten is andere kennis nodig, alsook berekeningsmethodieken gebaseerd op de specifieke eigenschappen van dergelijke gebouwen.

### Berekeningsmethodiek

De TO<sub>juli</sub>-indicator geeft met de grootte 'temperatuurverschil' in Kelvin (K) de mate van opwarming aan. De indicator is gecorrigeerd aan de methode voor bepaling van het aantal Gewogen Temperatuur Overschrijdings-uren (GTO), met een maximum van 450 uur per jaar. De correlatie uit zich in een grenswaarde voor TO<sub>juli</sub>, waaraan ieder vertrek in de woning moet voldoen, namelijk: 1,2. De bepaling gebeurt door de totale toegevoerde hoeveelheid warmte in de maand juli (in kWh) te delen door snelheid waarmee die warmte wordt afgevoerd (door transmissie van gevels/daken, door transmissie van begane grond en door (nacht/spui)ventilatie). Opvallend is dat de traagheid van het gebouw wel wordt meegerekend bij de opbouw van koudebehoefte, maar dat de traagheid niet meespeelt bij de snelheid van afkoeling. Daarom is op basis van beschikbare onderzoeken in beeld gebracht welke bouwfysische effecten er in de praktijk te verwachten zijn.

### Traagheid van massa

Thermische massa heeft als eigenschap dat het warmte absorbeert en pas later vrijlaat. Dit is gunstig aan het begin van warme perioden, de warmte wordt dan niet meteen vrijgegeven aan de ruimte. Het wordt daarentegen ongunstig wanneer de warme periode langer aanhoudt. Waar een gebouw met een hoge thermische massa warmte goed kan opnemen, kan het dat ook moeilijk kwijtraken: het blijft lang warm. De snelheid van opwarming en afkoeling is dus van impact op de warmte

in het gebouw. In de  $TO_{juli}$ -berekening blijkt echter dat de snelheid van afkoeling niet wordt meegenomen. Hiermee wordt de negatieve kant van een hoge thermische massa buiten beschouwing gelaten, terwijl het voordeel wordt gewaardeerd.

## Nachtventilatie

Zomer nachtventilatie werkt in gestapelde woningbouw minder effectief dan in grondgebonden woningen. Er zijn veel randvoorwaarden in de stad die de capaciteit van zomernachtventilatie beperken (geluid, geveloppervlak, overstaande gevels, geur). Om op natuurlijke wijze voldoende afkoeling te realiseren, kan lichte bouw in het voordeel zijn: afkoeling gebeurt relatief snel. Voor een goed vergelijk tussen lichte en zware bouwmethoden, is het daarom noodzakelijk dat het effect van de nachtventilatie zichtbaar wordt uit de  $TO_{juli}$  berekeningsmethode. Op basis van de beschikbare onderzoeken, blijkt dit niet het geval, dit verdient nader onderzoek.

Ook wordt zomer nachtventilatie minder effectief wanneer het verschil in temperatuur tussen dag en nacht afneemt. Dit is één van de gevolgen van klimaatverandering. De temperatuur en kans op langere periodes van warmte nemen toe. De  $TO_{juli}$  methode gebruikt echter historische klimaatdata met relatief grote kans op overschrijdingen wat niet in lijn is met de verwachte klimaatverandering en de levensduur van de woning. Er zal gerekend moeten worden met toekomstige klimaatdata, of tenminste de risico's op oververhitting die daarmee samenhangen.

## Dag/nacht-comfort

De bewoners van woningen zullen, in tegenstelling tot utiliteitsgebouwen, meer last hebben van warme temperaturen in de nacht. Slechte slaap relateert sterk aan de algehele gezondheid (onderzoek TU/e) e. De GTO-methode die ten grondslag ligt aan  $TO_{juli}$

maakt geen onderscheid tussen effecten dag en nacht. Daarnaast wordt duidelijk uit een ISSO-publicatie en TU/e onderzoek dat de keuze voor GTO niet de meest optimale is voor woningen: een dynamischer model zoals ATG is wenselijker. Dit geeft reden tot twijfel over de juistheid van de gekozen methode. Onderzoek is nodig om de relevante parameters te kiezen die het thermisch comfort in woningen beschrijven, zowel bij lichte als bij zware bouw.

## Conclusies & aanbevelingen

Lichte en zware bouwmethoden hebben beide zo hun voor- en nadelen, echter zoals blijkt uit dit onderzoek worden deze niet even zwaar meegewogen bij berekening van  $TO_{juli}$ . Het gevolg hiervan is dat de traditionele bouwpraktijk wordt gestimuleerd, terwijl bouwmethoden die mogelijk antwoord bieden op de toekomstige maatschappelijke uitdagingen worden ondergewaardeerd. Arup adviseert daarom om nader onderzoek te doen naar de grondslag en de uitkomsten van de  $TO_{juli}$ -indicator, waarbij minimaal de volgende aspecten worden meegenomen in de beoordeling:

- Hoe beïnvloedt de ballast-werking van thermische massa de uitkomsten van  $TO_{juli}$  bij langere perioden van hitte en hogere gemiddelde temperaturen?
- Hoe kan het voordeel van snelle afkoeling bij nachtventilatie in lichte bouw worden meegewogen in de  $TO_{juli}$  indicator?
- Hoe kan de correlatie met GTO (of alternatieve methode zoals ATG) worden aangescherpt om de waardering van nachtelijke- en dag-overschrijdingen beter in lijn te brengen met het gemiddelde gebruik van een woonfunctie? Welke rol speelt thermische massa in het verschil in comfort tussen dag en nacht?

# 1 Inleiding

---

Op 1 januari 2021 treedt de nieuwe normering voor energieprestatie van gebouwen in werking: de NTA 8800. Hiermee wordt een kwaliteitsslag geslagen in het verbeteren van de energieprestatie van gebouwen. Er wordt meer focus gelegd op de pijlers van de trias energetica, waardoor besparing van energie wordt gewaardeerd boven het gebruik van actieve systemen die energie gebruiken of installaties die hernieuwbare energie produceren.

Het probleem is dat met de huidige isolatiewaardes, luchtdicht bouwen, het bouwen in stedelijke omgevingen en het veranderend klimaat oververhitting steeds vaker optreedt. Wanneer de temperaturen in woningen hoger worden dan wenselijk, ontstaan risico's op negatieve gezondheidseffecten, zoals door verminderde nachtrust en oncomfortabele verblijfsruimten overdag.

## Doel: beperken oververhitting

De oplossing wordt gevonden in het koppelen van de berekening voor energiebesparing met een indicator voor woningen die risico op oververhitting aangeeft: TO<sub>juli</sub>. De indicator is een vereenvoudigde, statische rekenmethode, die eenvoudig toepasbaar is binnen de veelgebruikte software.

## Middel: eenvoudige indicator

De geïntroduceerde indicator moet op eenvoudige wijze (statische berekening) inzicht geven in de hoe ontwerpmaatregelen in energiezuinige woningen leiden tot risico op oververhitting. Het gaat hierbij om woningen die niet mechanisch gekoeld worden.

Na publicatie van de rekenmethode voor TO<sub>juli</sub> is echter een discussie op gang gekomen omtrent het verschil dat duidelijk wordt tussen woningen met een lichte of zware bouwmethode. De zorg is ontstaan dat de positieve effecten van zware thermische woningen in hete zomermaanden (de demping) hoger wordt gewaardeerd dan het positieve effect van thermisch lichte woningen (snellere afkoeling).

Het negatieve effect van zware woningen in de zomermaanden (vasthouden van warmte in warme nachten) lijkt beperkt te worden meegewogen, terwijl het negatieve effect van lichte woningen (snelle opwarming) wel tot uiting komt.

Voor Centrum Hout is het van belang om de verschillende kanten van deze discussie objectief te belichten, om daarmee de belangen van bewoners en bouwers van licht gebouwde woningen te behartigen.

In opdracht van Centrum Hout beschouwt Arup daarom de trends in de markt van lichte nieuwbouwwoningen en stelt die in het licht van de lopende discussie, teneinde op objectieve wijze de zienswijzen te duiden en te adviseren over nader onderzoek. We zoeken onder andere antwoord op de volgende vragen:

- Welke omgevingsfactoren spelen een rol in deze discussie? Denk aan klimaatverandering, circulariteit en woningbehoefte.
- Hoe zit de TO<sub>juli</sub> berekening in elkaar? Worden de juiste factoren meegenomen om het werkelijke probleem van oververhitting aan te kaarten?
- Hoe verhouden de trends in de markt zich tot de referentiestudies waarop de TO<sub>juli</sub> methodiek is gebaseerd? Zijn de onderzochte maatregelen om te voldoen ook werkelijk toepasbaar?

## Methode

Deze rapportage is gebaseerd op literatuuronderzoek van publiek beschikbare bronnen. Hierbij wordt kennis gecombineerd uit de Nederlandse marktpraktijk, academische publicaties, algemene trends en internationale expertise binnen Arup.

Voor een aantal onderscheidende aspecten van lichte bouw wordt in kaart gebracht op welke wijze er een relatie bestaat met de geïntroduceerde TO<sub>juli</sub> indicator.

- Traagheid van massa
- Klimaatverandering
- Spui- en nachtventilatie
- Bewoners in de stad

In het rapport wordt de term woningen veelvuldig gebruikt. Wanneer er niet specifiek wordt aangegeven dat het om grondgebonden- of gestapelde woningen gaat, zijn beide woontypen van toepassing.

Hiernaast worden de termen ‘lichte bouw’ en ‘zware bouw’ veelvuldig aangemerkt. Met lichte bouw worden gebouwen bedoeld met een relatief lage interne specifieke warmtecapaciteit zoals houtbouwsystemen, denk hierbij aan houtskeletbouw, CLT (Cross Laminated Timber) en houten gevel- en dakelementen.

Gebouwen met een hoge specifieke interne warmtecapaciteit zoals gebouwen die voornamelijk uit beton bestaan vallen onder zware bouw.



## 2 Context en relevantie

De markt van nieuwbouwwoningen in Nederland is lange tijd relatief stabiel geweest en kenmerkt zich door de meest voorkomende typologie: de rijtjeswoning. In de recente geschiedenis is echter duidelijk geworden dat de huidige wijze van gebruik van grondstoffen, inperking van natuur en uitstoot van emissies niet langer houdbaar is. Dit vertaalt zich steeds meer in gestapelde woningbouw in stedelijke omgeving met laag energiegebruik en met steeds meer hout. Met betrekking tot het onderzoek naar het risico op hoge temperaturen in lichte bouw, zijn de volgende thema's daarom relevant om te beschouwen:

- Naar energieneutraal
- Klimaatverandering
- Verstedelijking
- Circulair in 2050

### 2.1 Naar energieneutraal

De wet- en regelgeving volgt de bewustwording in energiebesparing. Door de jaren heen wordt er steeds beter geïsoleerd en meer luchtdicht gebouwd om de effecten van buitentemperaturen op het binnenklimaat te beperken, om te komen tot een CO<sub>2</sub>-neutrale gebouwde omgeving in 2050.

Waar vroeger nachtelijke afkoeling op natuurlijke wijze optrad (door transmissie via matig geïsoleerde schildelen, door infiltratie via kieren en via ventilatie door open roosters), moeten er nu specifieke

maatregelen worden genomen om de afkoeling in de woning op natuurlijke of op actieve wijze te regelen (ZEN Lente-akkoord).

De beschouwing van zomercomfort werd voorheen uitsluitend benaderd vanuit bovenwettelijke eisen. Voorbeelden hiervan zijn de eisen aan temperatuuroverschrijding als geformuleerd door de Stichting Woning Kwaliteit en BREEAM-nl.

### 2.2 Klimaatverandering

Het klimaat verandert. De normering voor klimaat beweegt daarin mee, maar is gebaseerd op historische data (zie NEN 5060). Voorspellingen voor klimaatverandering (KNMI, z.d.) toont risico op langere perioden van warme dagen, een hogere gemiddelde temperatuur en een beperktere afkoeling in nachten. In de klimaatscenario's van het KNMI wordt rond 2050 uitgegaan van een stijging in zomerse temperatuur (+1% °C - +2,3% °C), toename in zomerse dagen tussen de 22% en 70% en een toename in zoninstraling tussen 1% en 6,5%.

### 2.3 Verstedelijking

De traditionele Nederlandse woningbouw in de vorm van een rijtjeswoning wordt moeilijker door beperkingen in het landgebruik. De beperking volgt enerzijds uit de wens van mensen om in steden te wonen, anderzijds door de noodzaak tot duurzaam landgebruik: meer ruimte beschikbaar stellen voor natuur (ARUP, 2019).

Daarmee is de verwachting dat meer woningen worden gebouwd in gestapelde vorm. Door de bouwtypologie in bouwblokken of woontorens worden de mogelijkheden beperkt om thermische trek te creëren in een woning (nachtventilatie met open delen op begane grond

en dak) waarmee de effectiviteit van de nachtventilatie voor een groot deel van de gestapelde woningen afneemt.

Doordat meer woningen in binnenstedelijke omgeving worden gebouwd, zullen de effecten van hogere temperaturen sneller merkbaar zijn. Het stedelijk hitte-effect is aanwezig in dichtbebouwde gebieden, waar beperkt ruimte is voor groen, water en open zones voor luchtstroming.

## 2.4 Circulair in 2050

Waar de focus aanvankelijk lag op energiebesparing, is de blik op verduurzaming verbreed naar een volledige 360° benadering, zoals vastgelegd in de 17 United Nations Sustainable Development Goals. Ook het kabinet verbindt zich aan deze doelen, mede door de ambitie te stellen om 'samen met maatschappelijke partners in 2030 een (tussen)doelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen). Het toekomstige doel is om in 2050 grondstoffen efficiënt in te zetten en te hergebruiken, zonder schadelijke emissies naar het milieu.

Voor de bouw betekent dit: in 2050 is de bouw bij ontwerp, ontwikkeling, gebruik, beheer en demontage van bouwwerken zo georganiseerd dat deze objecten duurzaam worden gebouwd, (her)gebruikt, onderhouden en ontmanteld. Bij bouwen wordt gebruik gemaakt van duurzame materialen en er wordt aangesloten bij de dynamische wensen van de gebruikers.

De toepassing van duurzaam geproduceerd hout in de bouw sluit naadloos aan op de circulaire doelstellingen. De verwachting is daarom dat het gebruik hiervan zal toenemen in de komende jaren. Centrum Hout heeft bijvoorbeeld als voorlopige doelstelling om van 1500

(complete) houtskeletbouw woningen te groeien naar 10.000 woningen per jaar in 2030 (uitgaande van 90.000 nieuwbouwwoningen per jaar).

Houtbouwsystemen hebben een lagere thermische massa dan de reguliere/traditionele bouwmaterialen: beton, kalkzandsteen en baksteen. Het fysische gedrag van de woning verandert door het verschil in materiaalkeuze: de woning binnentemperatuur in de woning reageert sneller op hoge zoninstraling en veranderingen in de luchttemperatuur, zowel in opwarming als bij afkoeling. Daarom is het relevant dat de TO<sub>juli</sub>-rekenmethode het comfort in zware én lichte bouw goed weergeeft.

## 3 TO<sub>juli</sub>

### 3.1 Achtergrond

Met de introductie van TO<sub>juli</sub> binnen de NTA 8800 rekenmethodiek voor energiezuinigheid van woningen wordt het risico op oververhitting inzichtelijk gemaakt. Doordat binnen één rekenmethode zowel maatregelen voor energiebesparing (veelal vasthouden van warmte) en maatregelen voor beperking oververhitting zijn opgenomen, moet inzichtelijk worden of het ontwerp leidt tot een gezonde en energiezuinige woning.

Om belasting op ontwerpers/ontwikkelaars te beperken en om de verschillende berekeningen binnen één methode onder te brengen is gekozen om een versimpelde methode toe te passen voor woningen: de TO<sub>juli</sub>-berekening. De hieruit resulterende TO<sub>juli</sub>-indicator geeft met de grootte 'temperatuurverschil' in Kelvin (K) de mate van opwarming aan. De indicator is gecorreleerd aan de methode voor bepaling van het aantal Gewogen Temperatuur Overschrijdings-uren (GTO), met een maximum van 450 uur per jaar. De correlatie uit zich in een grenswaarde voor TO<sub>juli</sub>, waaraan ieder vertrek in de woning moet voldoen, namelijk: 1,2. Deze waarde wordt vereist aan ieder woningtype (licht of zwaar) en aan ieder vertrek binnen de woning (woonkamer, slaapkamer of anders).

De TO<sub>juli</sub> indicator staat gepland om vanaf 1 januari 2021 ingevoerd te worden als controlemiddel voor het risico op oververhitting in nieuwbouwwoningen zonder actieve koeling. Als alternatief mag worden gerekend met de GTO-methodiek, waarbij de invoerparameters hetzelfde zijn als de uitgangspunten in NTA 8800 en waarvoor nadere eisen zijn gesteld in het de Staatscourant (Staatscourant, 2020).

Dit onderzoek richt zich primair op de rekenmethode TO<sub>juli</sub> met enige referentie naar de GTO-methodiek.

### 3.2 Formule

De TO<sub>juli</sub> indicator wordt berekend middels de volgende formule:

$$TO_{juli;or,zi} = \frac{(Q_{C;nd;juli;or,zi} - Q_{C;HP;juli;or,zi}) \times 1000}{(H_{C;D;juli;or,zi} + H_{gr;an;juli;or,zi} + H_{C;ve;juli;or,zi})}$$

Figuur 1 TO<sub>juli</sub> berekening (bron NTA 8800)

TO <sub>juli;or,zi</sub>	Risico op oververhitting in K.
$Q_{C;nd;juli;or,zi}$	is de koudebehoefte voor de maand juli;
$Q_{C;HP;juli;or,zi}$	is de door de boosterwarmtepomp aan het koudedistributiesysteem onttrokken energie voor oriëntatie <i>or</i> , t.b.v. rekenzone <i>zi</i> , in maand juli, in kWh, <sup>(1,2)</sup>
$H_{C;D;juli;or,zi}$	is de directe warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie tussen de verwarmde binnenruimte en de buitenruimte met uitzondering van de begane grond;
$H_{gr;an;juli;or,zo}$	is de warmteoverdrachtcoëfficiënt door transmissie voor gebouwelementen in thermisch contact met de grond;
$H_{C;ve;juli;or,zi}$	is de warmteoverdrachtcoëfficiënt door ventilatie;
$t_{juli}$	is de rekenwaarde voor de lengte van de maand juli.

<sup>1</sup> In dit onderzoek wordt het effect van verliezen als gevolg van de boosterwarmtepomp aan het koudedistributiesysteem niet nader beschouwd, omdat dit niet is gerelateerd aan de thermische massa in de woning.

<sup>2</sup> Een boosterwarmtepomp is een aanvullende warmtepomp die wordt gebruikt om een woning te voorzien van warm tapwater. Deze warmtepomp maakt gebruik van relatief warme lucht die zich in de woning bevindt. Hij onttrekt daarmee warmte uit de woning en werkt daarom negatief op de koudebehoefte van de woning (lees: minder koeling nodig).

### 3.3 Toelichting

De indicator  $TO_{juli}$  geeft de mate van oververhitting, op basis van een gemiddelde waarde over de maand juli.  $TO_{juli}$  wordt weergegeven als gemiddelde stijging van de binnentemperatuur als gevolg van opwarming door buitentemperatuur en zoninstraling.

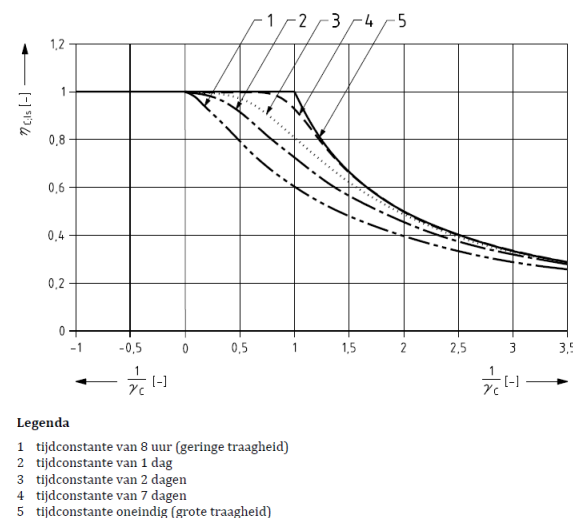
De bepaling gebeurt door de totale toegevoerde hoeveelheid warmte in de maand juli (in kWh) te delen door snelheid waarmee die warmte wordt afgevoerd (door transmissie van gevels/daken, door transmissie van begane grond en door (nacht/spui)ventilatie).

$$TO_{juli}(K) = \frac{\text{koudebehoefte in juli (kWh)} - \text{koeling door WP (kWh)}}{\left( \text{snelheid van afkoeling} \left( \frac{W}{K} \right) \right) * \text{tijd (uur)}}$$

#### Opbouw van koudebehoefte

De teller van de  $TO_{juli}$  breuk betreft de opbouw van de koudebehoefte. De thermische massa in de woning is van invloed op de koudebehoefte in de maand juli. De hoeveelheid thermische massa wordt vertaald in

de traagheid van het gebouw via een tijdconstante. Op die wijze wordt het effect meegenomen dat koudebehoefte kleiner wordt dankzij trage opwarming in zware constructies. Bij lichte constructies zal er een grotere koudebehoefte ontstaan omdat een kleiner deel van de binnekomende warmte wordt opgeslagen in de constructie en daarmee een groter deel van de binnekomende warmte zorgt voor een temperatuurstijging in de ruimte.



Figuur 2: visualisatie van traagheid van constructies in NTA 8800.

#### Passieve afgifte van warmte

De noemer van de  $TO_{juli}$  vergelijking betreft de passieve afgifte van warmte. De thermische massa van de woning is in deze berekening **niet** van invloed op de snelheid waarmee de woning zijn warmte weer verliest. De snelheid van afkoeling, in de grootheden  $H_{C,D;juli;or,zi}$ ,  $H_{gr;an;juli;or,zo}$  en  $H_{gr;an;juli;or,zo}$  nemen de tijdconstante niet mee in

berekening. Voor bepaling van de verwarmingsenergie op jaarbasis als onderdeel van de BENG-1 en BENG-2 indicatoren wordt deze tijdconstante wel meegenomen.

## Rekenmethoden

Op dit moment zijn er meerdere methoden om aan te tonen dat aan de eisen voor  $TO_{juli}$  wordt voldaan:

### 1. Uniec3

De berekeningsmethode volgt de eisen in de NTA. Daarmee is het een statische berekeningsmethode op basis van numerieke invoerparameters.

### 2. VABI elements

De berekeningsmethode is gebaseerd op een 3D visualisatie van het ontwerp. Daarmee is het zowel geschikt voor de statische berekeningsmethoden voor de BENG-indicators en de  $TO_{juli}$ -indicator alsook voor dynamische simulaties waaruit de PMV, GTO, binnentemperatuur en ook ATG kunnen worden bepaald.

### 3. Overige software

Vergelijkbaar met VABI elements, zijn meerdere berekeningsmethoden beschikbaar die dynamische temperatuur- en energiesimulaties kunnen uitvoeren. Software die PMV kan berekenen is geschikt om op gelijkwaardige wijze het aantal GTO-uren aan te tonen. Voorbeelden hiervan zijn TRNSYS, IDA-ICE, Energy+, IES-VE.

## 4 Discussie

De ontwikkeling van de TO<sub>juli</sub> indicator is onderwerp geweest van discussie, die nog voortduurt na publicatie van de definitieve versie van NTA 8800: juli 2020. In relatie tot het thema ‘thermische massa’ is door Nieman een artikel (incl. beantwoording reacties) gepubliceerd waaruit duidelijk wordt dat lichte constructies volgens de NTA 8800 bepalingsmethoden (zowel de TO<sub>juli</sub> indicator alsook de GTO-methode) slechter presteren dan zware constructies. Dit effect wordt tevens onderbouwd in het artikel van Hensen en Loomans (TUE).

Op basis van de context, de analyse van de rekenmethode en de lopende discussie tussen experts rondom het onderwerp worden de volgende effecten ter discussie gesteld. Dit is wederom gebaseerd op een deskstudie, waardoor er voor veel onderdelen advies geldt om nader onderzoek te verrichten naar de omvang van het effect.

### 4.1 Traagheid van massa

#### Inleiding

Thermische massa heeft een vertragende functie, als het gaat om het beperken van oververhitting in gebouwen: bij hoge buitentemperaturen en zoninstraling wordt het effect op de binnentemperatuur getemperd, doordat de binnenkomende warmte-energie wordt opgeslagen in de massa. Dit principe wordt niet ter discussie gesteld. De traagheid van het gebouw werkt aan het begin van warme periodes in het voordeel, zowel thermisch alsook energetisch. Echter dit is niet het geval bij periodes waarbij er langere tijd sprake is van oververhitting. Er zijn dus ook situaties waarin de traagheid ongewenst is. Dit is het geval bij:

- De wens om snel warmte uit het gebouw te verwijderen

- De wens om snel te kunnen regelen op veranderende behoeften in gebruik en comfort.

#### Onderzoeken

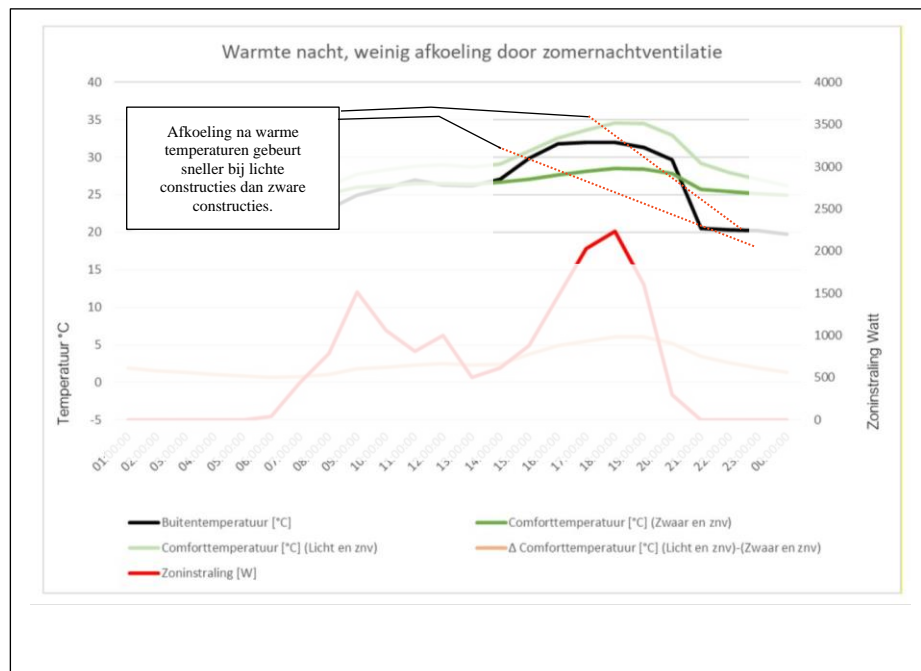
Zoals toegelicht in Wiedenhoff & de Vaan, 2009 zijn er in het algemeen drie fysische processen waarop thermische massa van invloed is:

1. Vertraging in warmtetransport (warmtetransmissie) door ondoorzichtige gebouwomhullingen (gevels, daken, vloeren) (ASHRAE, 2005).
2. Vertraging in de omzetting van interne warmteproductie naar daadwerkelijk afgegeven warmte (ASHRAE, 2005).
3. Vertraging in afkoeling en opwarming van een gebouw na een verandering in de insteltemperatuur (setpoint).

Punt 3 komt tot stand door de trage reactie in het afgeven of opnemen van warmte door een bouwdeel met een hoge thermische massa. Des te hoger de thermische massa des te langer het duurt voordat de verandering van setpoint temperatuur wordt bereikt door te koelen of verwarmen.

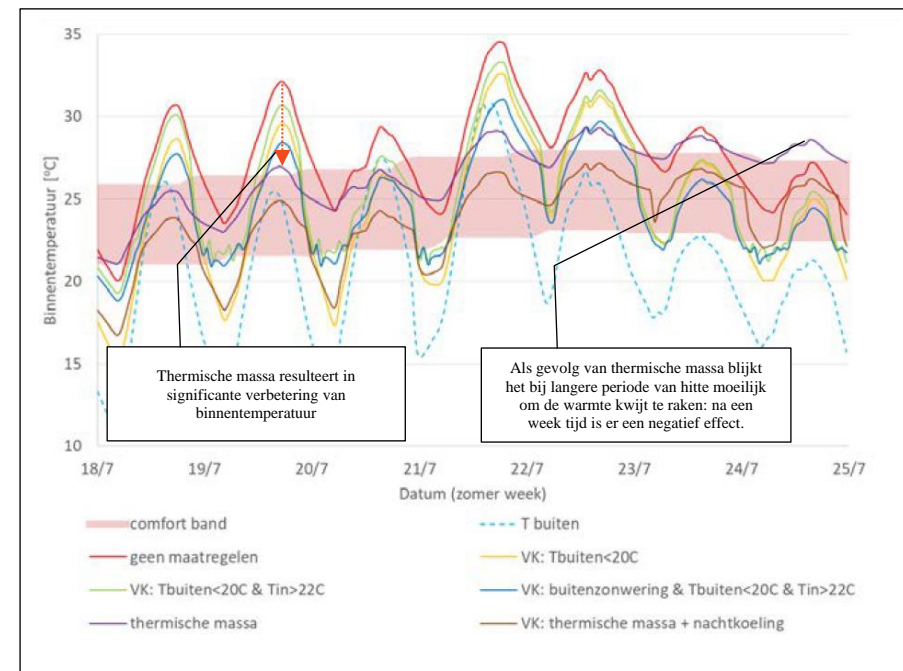
Uit analyse van de invoerparameters in de TO<sub>juli</sub> indicator blijkt dat de punten 1 en 2 worden meegenomen in de berekening. Het derde punt wordt wel meegenomen in de opbouw van de koudebehoefte, maar wordt **niet** meegenomen in de afgifte van warmte uit de woning.

Dit wordt wel meegenomen in dynamische temperatuursimulatieberekeningen (PMV, GTO), zoals blijkt uit de verificaties uitgevoerd door Nieman Raadgevende Ingenieurs en de TU Eindhoven.



Figuur 3: Warme dag-nacht cyclus van woning met zomernachtventilatie (Nieman Raadgevende Ingenieurs, 2019); aangeduid hoe snelheid van afkoeling verschilt tussen twee typen

In figuur 3 is te zien dat de afkoeling van de woning na warme perioden sneller verloopt bij lichte bouw (licht groen lijn) dan bij zware bouw (donkergroene lijn). In de figuur is dit te zien aan de hand van de gestippelde raaklijnen. Hoe steiler de raaklijn, des te sneller de afkoeling. Hier werkt een lichte bouwmethode dus in het voordeel ten opzichte van de zware bouwmethode.



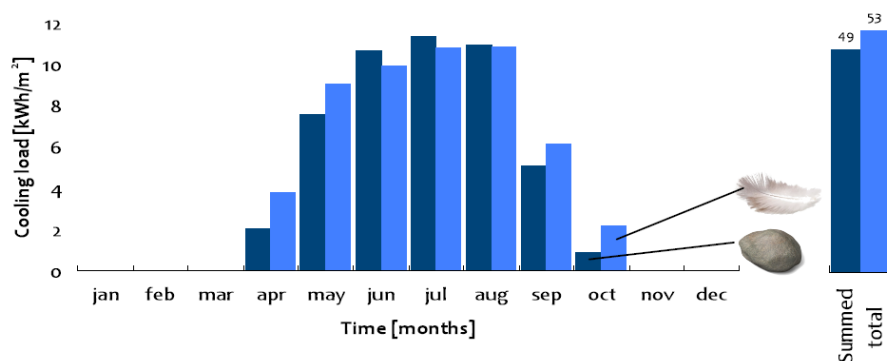
Figuur 4: analyse van resultaten uit publicatie TU/e (TU Eindhoven, 2018) in relatie tot positief- en negatief effect van thermische massa. Originele grafiek toont een voorbeeld van het gesimuleerde temperatuurverloop in een tussenwoning tijdens een warme zomerweek en het gebruik van verschillende maatregelen om de temperatuur binnen te verlagen (VK = Vrije Koeling). (Bouwens, Loomans, Hensen & Lichtenberg, 2016)

Aan de linkerkant in figuur 4 is te zien dat thermische massa (paarse lijn) onder de overige lijnen blijft, de temperatuur loop dus minder snel op. Dit is in het begin van een periode met hoge temperaturen. Wanneer de tijd vordert, stijgt de temperatuur in de variant met hoge thermische massa. In dit specifieke voorbeeld, is de binnentemperatuur na 6 dagen bij een zware woning hoger, dan bij de overige varianten.



Het effect is nu dus omgedraaid: de grote thermische massa werkt op dit punt niet meer in het voordeel van het gebouw, maar als ballast.

Uit de onderzoeken van Nieman en TU/e blijkt dat het toepassen van thermische massa niet uitsluitend positief werkt op de beperking van oververhitting. Dit wordt tevens onderbouwd in het artikel 'De mythe van thermische massa', dat overwegend het energiegebruik beschouwt. *'Op zeer warme dagen wordt het verschil in energiegebruik voor koeling tussen hoge- en lage thermische massa kleiner. Als de warmtelast verder toeneemt wordt de thermische massa een ballast voor het gebouw. De massa raakt 'verzadigd' waardoor het 's nachts moeilijker is alle warmte te verliezen en het gedurende de dag meer energie kost om te koelen (bij geen koeling: de temperatuur neemt toe). Op zulke momenten is ook de verhoogde afkoeling van het lichte gebouw tijdens de nacht een voordeel.'* (Wiedenhoff & de Vaan, 2009)



Figuur 5: Vergelijking tussen de koellast van zware en lichte constructies in maandelijkse totalen, gebruikmakend van nachtventilatie. Dit figuur laat zien dat het verschil in energieverbruik voor koeling minder wordt in de maanden met hogere temperaturen en groter in de maanden met lagere temperaturen.

## Interpretatie

Uit de drie onderzoeken blijkt dat grote thermische massa positief werkt voor de binnentemperatuur in het begin van warme periodes, maar dat het negatief werkt wanneer deze periodes langer aanhouden. Tevens wordt onderbouwd dat gebouwen met lagere thermische massa op maandbasis een lager energiegebruik hebben voor koeling (oftewel: koudebehoefte) dan gebouwen met een hoge thermische massa.

Deze effecten blijken niet uit de berekeningsmethode van de TO<sub>juli</sub>-indicator:

- De thermische massa weegt uitsluitend in de bepaling van koudebehoefte (positief voor zware gebouwen)
- De TO<sub>juli</sub> indicator wordt bepaald voor een maandgemiddelde
- In de snelheid van afkoeling speelt de thermische massa geen rol, waardoor het negatieve effect van een hoge thermische massa en positieve effect van een lichte thermische massa niet worden meegerekend.

## Aanbeveling

Op basis van de resultaten uit drie onderzoeken is er reden tot twijfel aan de kwaliteit van de TO<sub>juli</sub>-indicator om het effect van thermische massa (vooral in lichte constructies) op juiste wijze mee te wegen. Daarom wordt aanbevolen om nader onderzoek te verrichten naar de balans tussen de positieve- en de negatieve effecten van thermische massa op de uitkomsten volgens deze berekening.



## 4.2 Klimaatverandering

### Introductie

$TO_{juli}$  wordt bepaald op basis van een maandgemiddelde, rekenend met buitentemperaturen zoals die toepasbaar zijn voor energieberekeningen en die zijn gebaseerd op historische data. Zoals toegelicht in de discussie over traagheid van massa, zullen zware gebouwen na langere periode van hitte een ballast worden voor de klimaatbeheersing en daarmee negatief werken op het risico van temperatuuroverschrijdingen.

Hier worden twee problemen aangeduid: (1) het gebruik van historische data in plaats van planning op toekomstig klimaat en (2) het negeren van de relatief snelle afkoeling van thermisch lichte gebouwen die bij lange perioden van hitte voordeliger kunnen zijn.

### Onderzoek

De klimaatdata die worden toegepast voor de  $TO_{juli}$  berekening zijn volgens de NTA 8800 gebaseerd op NEN 5060: 2018. Voor de  $TO_{juli}$ -indicator wordt gerekend met maandgemiddelde waarden, die grotendeels zijn afgeleid uit de NEN 5060, met een aanpassing van de gehanteerde windsnelheid  $u_{site;mi}$  waarbij is gerekend met gemiddelden in plaats van de pieken.

Maand: juli			
lengte van de maand	maandgemiddelde buitenlucht-temperatuur	maandgemiddelde buitenlucht-temperatuur voor zomernachtventilatie: 22.00 uur en 06.00 uur waarbij $13^{\circ}\text{C} < \vartheta_e < 24^{\circ}\text{C}$ .	gemiddelde windsnelheid,
tmi (h)	$\vartheta_e; \text{avg}; \text{mi}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\vartheta_e; \text{argII}, \text{mi}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$u_{site;mi}$ (m/s)
744	18,05	16,16	2,63

Wanneer berekening wordt uitgevoerd volgens de alternatieve GTO-methode wordt in de Staatscourant voorgeschreven dat het referentiejaar voor temperatuuroverschrijdingen uit NEN 5060:2018 met 5% overschrijdingskans moet worden gehanteerd voor de periode 30 april t/m 28 september, gedurende 24 uren per dag. Voor de maand juli komt dit overeen met de statische berekening conform  $TO_{juli}$ .

De recente geschiedenis leert ons echter (voorbeeld zomer van 2020) dat de werkelijk optredende temperaturen hoger zijn en langer aanhouden, hiertoe zijn indicatief de maandgemiddelde waarden naast elkaar gezet.

Maand	maandgemiddelde buitenluchttemperatuur	
	$\vartheta_e; \text{avg}; \text{mi}$ $^{\circ}\text{C}$	
	Klimaatjaar NEN 5060 2018; energie; 5%	Gemeten waarden 2020, KNMI
April	10,8	11,1
Mei	14,7	13,1
Juni	16,1	17,5
Juli	18,0	17,0
Augustus	18,8	20,4

Door het KNMI zijn prognoses geformuleerd tot en met 2085 (KNMI 2014). Hierin wordt een reeks voorspellingen gedaan die van invloed zijn op het risico van oververhitting in de zomermaanden:

- Algemeen: de temperatuur blijft stijgen; hete zomers komen vaker voor.
- Volgens alle vier de KNMI'14-scenario's zal de temperatuur in Nederland stijgen

- Het temperatuurverschil tussen dag en nacht neemt iets af.
- De zomer krijgt meer tropische nachten, met een minimumtemperatuur van 20 °C of hoger, en meer zomerse dagen, met een maximumtemperatuur van 25 °C of hoger. Dagelijkse temperatuurrecords zijn nog steeds mogelijk bij alle scenario's, maar worden wel veel minder waarschijnlijk voor koude extremen in de winter en waarschijnlijker voor warme extremen in de zomer.

### Interpretatie

De gebruikte klimaatdata voor bepaling van  $TO_{juli}$  zijn gebaseerd op historische data, welke gericht is op bepaling van energiegebruik voor koeling en verwarming. Echter de doelstelling van  $TO_{juli}$  is om het risico van oververhitting aan te geven tijdens de gebruikperiode van de woning. Het gebruik van de op historische gegevens gebaseerde data is dus niet per se relevant voor de bescherming tegen oververhitting in nieuwbouwwoningen, welke voor een periode van circa 50 jaar dienst moeten dienstdoen als gezonde leefomgeving.

De klimaatverandering (met gemiddeld hogere temperaturen en meer tropische nachten) geeft extra reden om zorgvuldig te ontwerpen met thermische massa. Woningen met hoge thermische massa hebben een voordeel, wanneer pieken in temperatuur voor korte duur aanhouden, dan hebben ze een dempende werking. Echter, wanneer de perioden langer aanhouden en de afkoeling in de nacht beperkt is, zullen woningen met lage thermische massa comfortabeler zijn, omdat deze in de nachtperiode beter af te koelen zijn. Naar verwachting worden hoge temperaturen s' nachts (nachtrust) als meer hinderlijk ervaren dan hoge temperaturen overdag. Voor beide typologieën geldt dat bij hogere buitentemperaturen het gebruik van goed regelende zonwering belangrijk is om de koudebehoefte te beperken.

### Aanbeveling

Op basis van de indicatieve vergelijking van gebruikte data en te verwachten veranderingen in klimaat is het aan te bevelen om de uitgangspunten voor het te hanteren buitenklimaat bij bepaling van  $TO_{juli}$  (zowel statisch als dynamisch via GTO) te herzien.

Tevens wordt uit de hogere nachtelijke temperaturen en langere perioden van hitte duidelijk dat het van belang is om niet alleen de snelheid van opwarming mee te nemen in de berekening, maar ook rekening te houden met de snelheid van afkoeling (zie tevens de discussie over traagheid van massa).

## 4.3 Spui- en nachtventilatie

### Introductie

Wanneer een woning te veel is opgewarmd, is het belangrijk om die warmte snel kwijt te kunnen raken. Dit kan door spui- en nachtventilatie:

- Spui-ventilatie volgens  $TO_{juli}$ : 3-6  $\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$  gedurende 4 uur, in de tijden tussen 7:00 en 8:00 en tussen 20:00 en 23:00.
- Nachtventilatie volgens  $TO_{juli}$ : debietbepaling volgens NTA in periode tussen 22.00 uur en 6.00 uur of 24 uur per dag.

Voor beide methoden geldt dat de toepassing pas relevant is bij binnentemperaturen hoger dan 24°C en buitentemperaturen hoger dan 13°C, tot een maximum waarbij de buitenluchttemperatuur hoger wordt dan de binnentemperatuur.

Het effect van deze ventilatie zal verschillen, afhankelijk van de thermische capaciteit van de woning. De luchttemperatuur zal bij lichte constructies sneller dalen dan bij zware constructies.

## Onderzoek

Uit onderzoek van Nieman (Redactie Bouwwereld, 2020) blijkt dat spui- en nachtventilatie een positief effect hebben op de afkoeling van woningen. De verwachting is dat woningen met lichte constructie sneller afkoelen dan bij zwaardere constructie. Vergelijkende berekeningen van Nieman laten echter zien dat dit effect niet in de TO<sub>juli</sub> indicator tot uitdrukking komt. Figuur 6 laat het verschil zien in TO<sub>juli</sub> tussen een licht gebouw (80 kJ/m<sup>2</sup>K) en zwaar gebouw (450 kJ/m<sup>2</sup>K). Ook worden ze vergeleken met en zonder zomernacht ventilatie. Het verschil tussen het lichte gebouw en zware gebouw is slechts 0,01 (-1,14/-1,13) op de westgevel en 0,09 (-0,92/-0,83) op de oostgevel (Figuur 6). Tevens is de in het onderzoek gebruikte 4 m<sup>2</sup> bruto oppervlak voor zomernachtventilatie in de praktijk een uitdaging, zeker bij gestapelde woningbouw.

Effect zomernachtventilatie op TO-juli					
	specifieke interne warmtecapaciteit		TO <sub>juli</sub> (ref hoekwoning M	Met zomernacht ventilatie, bruto 4 m <sup>2</sup> handmatig bediend voor- en achtergevel	Δ TO-juli
Houtskeletbouw, met hsb of sfb vloeren (<250 kg/m <sup>2</sup> )	80	kJ/m <sup>2</sup> K	4,27 west 3,55 oost	3,13 west 2,63 oost	- 1,14 - 0,92
betonnen wand-vloer skeletbouw + massieve en niet-massieve betonvloeren (> 750 kg/m <sup>2</sup> )	450	kJ/m <sup>2</sup> K	2,95 west 2,20 oost	1,82 west 1,37 oost	- 1,13 - 0,83

Figuur 6 Effect zomernachtventilatie op TO<sub>juli</sub> (Bouwwereld, 2020)

Het procentuele verschil in de thermisch lichte woning is zo mogelijk zelfs kleiner dan bij de zware woning:

- Licht: 26% reductie door nachtventilatie (1,14/4,27)
- Zwaar: 38% reductie door nachtventilatie (1,13/2,95)

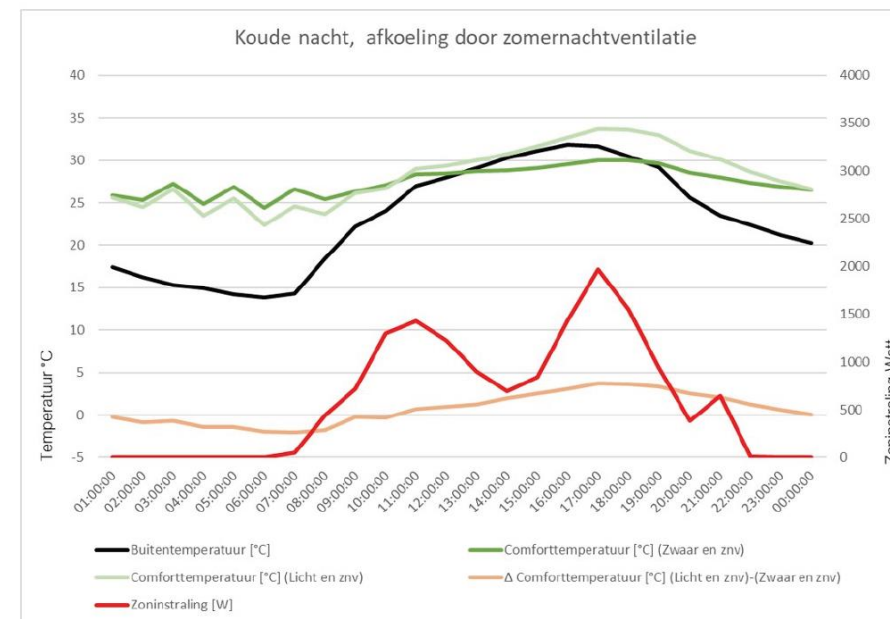
Dit is niet in de lijn der verwachting kijkend naar de fysische eigenschappen van de constructies en duidt wederom op het gemis dat de thermische traagheid/snelheid niet wordt meegerekend wordt in de afkoeling van de woning.

Uit de GTO-berekeningen van Nieman blijkt een vergelijkbare situatie: beide woningtypen koelen af dankzij nachtventilatie, echter de effectiviteit is procentueel minder voor de ‘lichte woning’ (80%) dan bij de ‘zware woning’ (ca. 90%). De reden hiervan valt niet te beoordelen uit het artikel, daarvoor zou aanvullend onderzoek nodig zijn. Een mogelijke verklaring ligt in de bepalingmethode van het aantal GTO-uren, dat een zwaardere weging geeft bij hogere PMV-waarden dan bij lage. PMV staat voor predicted mean vote, dit is een waarde tussen -3 en +3 die wordt gebruikt om aan te geven hoe comfortabel mensen zich voelen in een ruimte. Hierbij is -3 erg koud en +3 erg warm. De verwachting is dat als een vergelijking zou worden gemaakt op basis van twee woningen met hetzelfde aantal GTO, waarna nachtventilatie wordt toegepast, de effectiviteit bij de lichte woning groter zal blijken.

Effect zomernachtventilatie op GTO-uren			
Hoekwoning M voorgevel oost, voordeur op noord	Basisvariant	Met zomernachtventilatie in alle verblijfsruimten (6 dm³/s.m²)	ΔGTO-uren
*zware" woning	aantal uren	aantal uren	aantal uren
woonkamer/keuken	3340	337	-3003
slaapkamer 1	1414	39	-1375
slaapkamer 2	1471	22	-1449
slaapkamer 3	1461	31	-1430
*lichte" woning	aantal uren	aantal uren	aantal uren
woonkamer/keuken	9003	1707	-7296
slaapkamer 1	3105	506	-2599
slaapkamer 2	2283	467	-1816
slaapkamer 3	1877	227	-1650

Figuur 7 Effect zomernachtventilatie op GTO-uren (Bouwwereld, 2020)

Het verwachte effect wordt zichtbaar in de temperatuurgrafieken in het artikel: in de koude nacht blijkt dat de effectiviteit van nachtventilatie in de lichte woning groter is dan in de zware woning. Hier wordt een ‘eerlijk’ vergelijk gemaakt, aangezien beide woningtypen de nacht ingaan met eenzelfde comforttemperatuur (ca. 26°C).



Figuur 8: koude nacht cyclus van woning met zomernachtventilatie (Bouwwereld, 2020)

### Interpretatie

Ondanks dat het aantal GTO uren hoger is bij een zwaardere woning, kan een lichtere woning vooral gedurende de nachten comfortabeler zijn. De GTO-berekening maakt geen onderscheid in weging tussen overschrijdingen overdag of in de nacht, maar zoals wordt onderbouwd door ‘Bouwens, Loomans, Hensen & Lichtenberg, 2016’ zullen de gezondheidseffecten door warme nachten groter zijn dan overdag als gevolg van slecht slapen.

## Aanbevelingen

Om de werkelijke effectiviteit van zomernachtventilatie te waarderen, is het relevant om enerzijds de versnelde afkoeling mee te wegen in de  $TO_{juli}$  indicator en anderzijds in de bepaling van GTO-uren rekening te houden met de weging van overschrijdingen overdag en gedurende de nacht.

## 4.4 Bewoners in de stad

### Introductie

Zoals de beschrijving van de trends laat zien, vindt er doorgaande verstedelijking plaats. De typologie rijtjeswoning komt hier beperkt voor, de omvang van de woning is gemiddeld kleiner, de bewoners zijn veelal buitenshuis aan het werk en de gemiddelde temperatuur in de stad ligt een aantal graden hoger dan in een dorp. De nieuwe woningen die hier worden gebouwd zijn gestapeld (in bouwblokken of torens), het raamoppervlak ten opzichte van het vloeroppervlak is relatief groot (om de ruimte maximaal te kunnen gebruiken) en doordat steden strenge eisen stellen aan duurzaamheid en bouw hinder, komen op hout gebaseerde bouwmethoden vaker voor (zoals houtskeletbouw en CLT (cross-laminated timber)). Deze trend is nu al zichtbaar voor nieuwbouw, maar zal nog sterker zichtbaar worden wanneer het circulaire streven de markt voor transformaties vergroot (bijvoorbeeld van kantoren naar woningen).



Figuur 9: Voorbeeld woontoren HAUT, opgebouwd uit CLT constructieve elementen en lichte afwerkingsmaterialen in Amsterdam. In dit project is koeling toegepast. Technisch ontwerp: Arup; beeld: Team V Architecten.

Bewoners hebben in de huidige stedelijke woonmilieus beperkt mogelijkheid om hun klimaat te beïnvloeden: ze zijn vaak overdag afwezig, de geluidbelasting is hoog, door preventie tegen inbraak, door hoge buitentemperaturen of zelfs geurhinder. Dat maakt effectieve nachtventilatie moeilijk. Bij de bouw liggen ook grotere uitdagingen in deze typologie: door de dichte bouwvorm zijn de mogelijkheden voor dwarsventilatie beperkt en beweegbare zonwering (meest effectief aan de buitenzijde) is kostbaar als gevolg van wind- en onderhoud op hoogte. Tevens kan er in de  $TO_{juli}$  berekening niet worden gekozen voor een automatische zonwering.

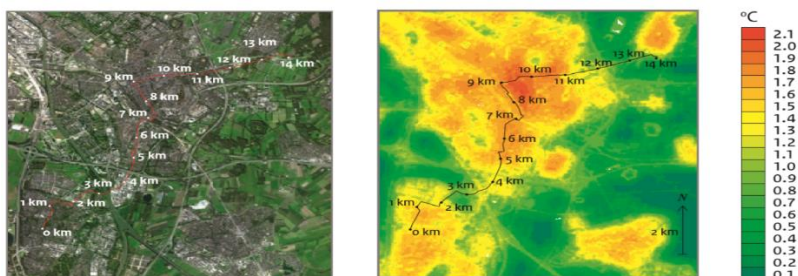
Voor gezonde woningen in de stad, is het dus wenselijk om snelle afkoeling in de woning mogelijk te maken, met beperkte ventilatiecapaciteit, om (ook zonder actieve koeling) een comfortabele woon- en vooral slaapklimaat te realiseren. Dat comfortabele klimaat is sterk afhankelijk van het bewonersgedrag. De keuze voor de juiste meetwaarden is daarmee van belang.



## Onderzoek

Uit het onderzoek van ‘Bouwens, Loomans, Hensen & Lichtenberg, 2016’ blijkt dat bewoners een bijdrage kunnen leveren aan de temperatuurbeheersing in hun woning, maar dat het werkelijke effect beperkt is, mede als gevolg van hun afwezigheid. Daaruit blijkt dat in de praktijk er nog steeds risico optreedt van oververhitting.

In de klimaatprognoses (KNMI 2014) wordt gerefereerd naar onderzoek van de Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO), Wageningen UR en het KNMI. Hieruit blijkt dat het temperatuurverschil door het warmte-eiland effect gemiddeld even groot is als de temperatuurverandering in de scenario's voor 2050. Daardoor worden de drempelwaarden voor hittestress in stedelijk gebied veel vaker overschreden dan op het platteland.



Figuur 10: Nachtelijk warmte-eiland effect gemiddeld over het jaar in Utrecht (330.000 inwoners) (rechts). Gebaseerd op een landgebruikskaart (links) en mobiele metingen van temperatuur en vochtigheid per fiets langs de aangegeven route 13).

In de kennispaper over thermisch comfort (ISSO, 2019), die opgesteld is naar aanleiding van de ‘nul op de meter’-woningen wordt de ATG-methode (adaptieve temperatuur grenswaarde) geschikter geacht voor het beoordelen van thermisch comfort dan de GTO-methode. De ATG-

methode bepaalt het comfort aan de hand van de binnentemperatuur én de buiten temperatuur. Wanneer de buitentemperatuur stijgt, stijgt ook de toegestane binnentemperatuur. Wanneer het buiten warm is, zullen mensen minder en lichtere kleren aandoen, waardoor een hogere temperatuur nog verdraaglijk is. Ondanks de bepaling dat de ATG-methode beter werkt voor het beoordelen van thermisch comfort, maakt de TOjuli-berekening hier geen gebruik van en werkt het met de GTO-methode.

Naast de aanbeveling om een andere waarderingsmethode te gebruiken is in de kennispaper ook aangegeven dat het gedane onderzoek naar thermisch comfort alleen is uitgevoerd in kantoren; niet in woningen. Ook is vermeld dat bouwmethoden met een lichtere bouwsystemen niet onderzocht zijn. Het onderzoek is alleen verricht bij zware bouwmethoden.

Tot slot wordt de aanbeveling gedaan voor het toepassen van de NEN 5060 2018:T1 klimaatdata. Dit verschilt met de NEN 5060 +5% methode uit het Staatsblad.

## Interpretatie

Wanneer de bewoners beperkt aandacht (kunnen) besteden aan het beheersen van het klimaat in hun woning en als de omgevingsparameters het moeilijk maken om woningen ‘volgens het boekje’ te ontwerpen, zal de kans groot zijn dat er een significante koudebehoefte optreedt.

Een voorbeeld dat steeds vaker voorkomt: in de tweede week met buitentemperaturen boven 25°C, in een gelijkvloers appartement in goed geïsoleerd woonblok, relatief veel zonwerend glas, goede overstekken en eventueel interne zonwering waarbij de bewoners na een dag werken/school/activiteiten thuiskomen, is het risico groot dat er

oververhitting optreedt. De nachtventilatie zal (via natuurlijke wijze) een beperkt debiet hebben en de buitentemperatuur zal hoger zijn dan aangenomen in de NTA8800. In een dergelijk scenario zal bij lichte bouw de woning in de nacht sneller afkoelen dan bij zware bouw. Het gezondheidsvoordeel is in lichte bouw woningen groter: betere condities voor nachtrust.

Het is niet gezegd dat spui- en nachtventilatie in dit voorbeeld tijdig een comfortabele temperatuur kunnen realiseren. Bij dergelijke extremen kán het nodig zijn om ook actieve koeling toe te passen. Wanneer dat gebeurt, zal er nog steeds een verschil zijn tussen lichte en zware bouw: de mate van koeling door nachtventilatie zal bij lichte bouw groter (effectiever) zijn dan bij zware bouw. Dat beperkt de koudebehoefte in lichte bouw en afhankelijk van het gebruik zal de benodigde capaciteit groter zijn, maar kan de koelperiode relatief kort zijn.

Zoals al bleek uit het onderzoek van TU/e en ook naar voren komt uit de ISSO kennispaper over zomercomfort in woningen, is er discussie over de relevantie van de GTO-methode om thermisch comfort van bewoners te bepalen. De manier waarop de bewoner zijn woning regelt, hangt sterk af van het comfort dat hij ervaart. Echter wanneer wordt gerekend met de methodiek die is gebaseerd op onderzoek in constant klimaat in kantoren, terwijl advies is om met dynamische methoden zoals ATG te rekenen, zullen die effecten niet goed zichtbaar worden. Ook uit dit onderzoek blijkt dat in TO<sub>juli</sub> wordt gerekend met conservatievere klimaatdata dan aanbevolen én dat het onderzoek naar lichte bouwmethoden geen aandacht heeft gekregen.

## Aanbeveling

In lijn met de eerdere discussiepunten (traagheid van massa; klimaatverandering en spui- en nachtventilatie), is het aan te bevelen om nader onderzoek naar de consequenties van BENG en oververhitting (vergelijkbaar aan het eerdere onderzoek van Nieman uit 2019) uit te voeren, waarbij aandacht wordt besteed aan de parameters van de toekomst:

- Traagheid/snelheid van afkoeling in de thermische massa
- Invloed van langere periodes met hogere temperaturen en warmere nachten
- Stedelijk warmte-eiland effect
- Effectiviteit van nachtventilatie bij appartementen
- Effectiviteit en mogelijkheid tot invoer in de berekening voor automatische zonwering.
- Energiegebruik voor koeling
- Waardering van positief bewonersgedrag ofwel slimme regeling door gebouwautomatisering.
- Glas/vloeroppervlak vergelijk tussen appartementen en grondgebonden woningen.
- ATG-methode hanteren in plaats van de GTO-methode.
- Onderzoek opstellen naar thermisch comfort in woningen.

## 5 Conclusies

In dit onderzoek wordt via meerdere wegen geconcludeerd dat de gehanteerde bepalingmethode  $TO_{juli}$  in combinatie met de daaraan gegeven grenswaarde inzicht geeft in het risico op oververhitting in woningen. Het geeft echter ook aan dat de het veranderend klimaat niet wordt meegenomen, de lange-termijn effecten van veel/weinig thermische massa niet worden meegenomen en dat de methode is gebaseerd op beperkt onderzoek naar comfort in woningen.

Hieronder volgen de conclusies gesorteerd per systeemniveau, namelijk de omgeving, het gebouw en de bewoner.



### De omgeving

Uit de rekenmethodiek blijkt dat voor bepaling van  $TO_{juli}$  niet wordt gerekend met de huidige context van klimaatverandering, terwijl deze wel degelijk optreden tijdens de levensduur van de woning en waarvoor ook prognoses beschikbaar zijn. Tevens wordt niet meegewogen dat er in het stedelijk klimaat lokale hitte-effecten optreden. Het gemis aan voortschrijdend inzicht, heeft als gevolg dat een indicator wordt gehanteerd die een vergelijkbaar probleem oplevert als het poogde te ondervangen: in een groot aantal woningen (voornamelijk bouw in steden) zal bij beoordeling via  $TO_{juli}$  nog steeds ongewenste opwarming optreden, terwijl de uitkomsten leiden tot andere verwachtingen.



### Het gebouw

Met de klimaatverandering als aanjager, wordt uit de context duidelijk dat er veranderingen optreden in de manier waarop we bouwen: meer energiebesparing, meer hernieuwbaar materiaal, meer verstedelijking en aandacht voor effecten tijdens de bouw. Daardoor wordt voor het segment nieuwbouw een toename verwacht in gestapelde woningbouw van hout en andere lichte materialen in binnenstedelijke omgevingen.

Er was al bekend dat het thermisch gedrag van lichte bouw anders is dan dat van zware bouw. Echter, in het licht van de klimaatverandering met langere perioden van hitte die tevens leiden tot warmere nachten, blijkt dat de voor- en nadelen van beide methoden veranderen in de tijd: bij aanvang van een warme periode is zware bouw in het voordeel, op den duur komen de voordelen van lichte bouw naar voren.

Tabel 1: Samenvatting van effecten die wel- en niet in de rekenmethode worden meegewogen.

	Begin van een warme periode	Na verloop van tijd (enkele dagen)
Lichte bouw	Snelle opwarming van de woning.	Raakt de warmte snel kwijt, nachtventilatie heeft effect. Temperatuur herstelt zich.
Zware bouw	Trage opwarming van de woning, langer behaaglijk.	Houdt de warmte lang vast; nachtventilatie heeft weinig effect. Temperatuur loopt op.
In $TO_{juli}$ ?	Ja	Nee

Uit de rekenmethode van  $TO_{juli}$  blijkt dat de voordelen van de beginperiode (zware bouw) wél worden meegewogen in de



koudebehoefte, maar dat de voordelen van lichte bouw bij nachtventilatie (afkoeling) niet tot uiting komen.

De snelle afkoeling die optreedt bij lichte bouw tijdens de nacht blijkt wenselijk in de stedelijke omgeving, waar lokaal hogere temperaturen zijn en effectieve nachtventilatie lastig haalbaar is. Juist in die omgevingen is het noodzakelijk dat niet alleen het nadeel, maar ook het voordeel van thermische capaciteit wordt gewaardeerd.

## De bewoner

---

De bepaling van energieprestatie van gebouwen richt zich op het gebouw, de gebouwgebonden installaties en de gebouwregeling. Voor het gedrag van de bewoner worden standaarden aangehouden, om een uniform vergelijk te kunnen maken, zo geldt dus ook voor  $TO_{juli}$ . Door correlatie aan Gewogen Temperatuur Overschrijdingen, die PMV-overschrijdingen meten worden ook aannamen gedaan over de activiteit en het kledingniveau. Uit onderzoek van TU/e blijkt dat de keuze voor deze parameter niet per se relevant is om de belangrijkste gezondheidseffecten te meten: bij slaap. Het advies vanuit ISSO en marktpartijen is vergelijkbaar: keuze voor een dynamischer model dat rekening houdt met adaptief gedrag van de bewoner is logischer; de ATG-methoden (Adaptieve Temperatuur Grenswaarden). Daarbij wordt ook aanbevolen om onderzoek te verrichten naar het werkelijk thermische comfort in woningen, aangezien zowel GTO- als ATG-opgezet zijn voor ruimten met constant klimaat (zoals kantoren) terwijl het onderzoek in woningen ontbreekt.

De bewoner blijkt beperkt in staat om de temperatuur in de woning via passieve technieken te regelen (lees: het tijdig openen/sluiten van ventilatie-openingen of actief regelen van zonwering). Het zal geregeld

voorkomen dat de woning meer opwarmt dan bij (slimme) regeling zou gebeuren. Daarom is het wenselijk om snel te kunnen herstellen, bijvoorbeeld door te spuien. Deze vorm van ‘individuele regeling’ ofwel het aanpassen van het setpoint wordt niet gehonoreerd in de NTA8800 juli, maar heeft zeker belevingswaarde.

## 6 Aanbevelingen

---

Om tot een  $TO_{juli}$  indicator te komen die helpt bij het ontwerpen van goede gebouwen en een zo eerlijk mogelijke weergave geeft van de werkelijkheid dienen de volgende aspecten nader onderzocht te worden.

**Thermische massa:** er moet gekeken worden naar het effect van de snelheid van het afkoelen van een thermische massa. De snelheid van het afkoelen van een thermische massa is minstens zo belangrijk als het opwarmen van de thermische massa, maar deze wordt nu niet meegenomen in de berekening.

**Klimaat:** er moet onderzoek gedaan worden naar het effect van langere zomerse periodes waarbij het verschil in temperatuur tussen dag en nacht afneemt. Langere periodes van warmte zorgen voor andere fysische effecten die optreden in gebouwen. Dit kan een grote factor zijn in verschillende resultaten tussen lichte en zware bouwmethodes. Aansluitend op dit punt is het van belang dat er gerekend wordt met relevante klimaatdata. Hierbij kunnen de klimaatscenario's die zijn opgesteld door het KNMI houvast geven.

**Comfortbepaling:** de correlatie van  $TO_{juli}$  aan de GTO-methode moet nader worden onderbouwd en onderzocht. Er is gegronde reden tot twijfel of de gehanteerde methode relevant is voor woningbouw én of de weging van uren in dag- en nachtperioden gelijkwaardig moet plaatsvinden. Vooral bij het onderscheid tussen dag- en nacht is het van belang dat bij dat onderzoek tevens het verschil tussen zware en lichte bouw wordt behandeld.

## 7 Literatuur

---

### Wet en regelgeving

Staatscourant 2020, 37764 | Overheid.nl > Officiële bekendmakingen.  
(2020, 15 juli). Overheid.nl.  
<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2020-37764.html>

### Thermisch comfort

NEN. (2020). *NTA 8800 Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode*.

ISSO. (2019, september). *Kennispaper Thermisch Comfort*. ISSO kennisbank. <https://kennisbank.isso.nl/kennispaper/kennispaper-thermisch-comfort/2019>

A. (2020, 30 januari). *Bewoners ZEN-woningen zeer tevreden over comfort en energiezuinigheid*. Lente-akkoord.  
<https://www.lente-akkoord.nl/bewoners-zen-woningen-zeer-tevreden-over-comfort-en-energiezuinigheid/>

ISSO. (2016). *ISSO-publicatie 32 Uitgangspunten temperatuursimulatieberekeningen* (Nr. 978-90-5044-210-7). ISSO kennisbank.

ISSO (2019). *Kennispaper Thermisch Comfort*. (1-9-2019)

LenteAkkoord. (2019, september). *Eisen aan temperatuuroverschrijding in nieuwe woningen (TOjuli volgens de NTA 8800)*.

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2017, november). *Referentie gebouwen BENG (Bijna EnergieNeutrale Gebouwen)*. Rijksoverheid.

Nieman Raadgevende Ingenieurs. (2019, februari). *Onderzoek consequenties NTA 8800 / concept BENG-eisen*. Nieman.

Nieman Raadgevende Ingenieurs. (2020, 5 oktober). *Reacties houtbouw en thermisch comfort*. Nieman.  
<https://www.nieman.nl/publicatie/reacties-houtbouw-en-thermisch-comfort/>

Redactie Bouwwereld. (2020, 28 september). *Houtbouw en thermisch comfort* ». Bouwwereld.nl.  
<https://www.bouwwereld.nl/bouwkennis/houtbouw-en-thermisch-comfort/>

Rijksoverheid. (2012). *Bouwbesluit 2012*. Bouwbesluit.  
<https://overheid.nl>

Stichting W/E adviseurs. (2019, augustus). *Rapport Grenswaarden zomercomfort nieuwe woningen in Bouwbesluit*. Rijkdienst

voor Ondernemend Nederland.

TU Eindhoven. (2018, januari). *Oververhitting in (BENG-)woningen*. TU/E.

WONO. (2019, oktober). *Woonbelevingsonderzoek bij bewoners van ZEN nieuwbouwwoningen*. LenteAkkoord.

### Thermische massa

Wiedenhoff, J., & de Vaan, C. (2009). *Thermal mass; about the myth*. ARUP.

CIBSE. (2006, januari). *Environmental design CIBSE Guide A*.

Department of Civil Engineering São Carlos Federal University, São Carlos, Brasil. (2003, juni). *Thermal Inertia, Comfort and Energy Consumption in Buildings: A case study in Sao Paulo State - Brazil*. ResearchGate.

Bouwens, E. P. M., Loomans, M. G. L. C., Hensen, J. L. M. en Lichtenberg, J. J. N. 2016. *Ventilative cooling potential in low-energy dwellings : the HoTT case study*. 22 May 2016 CLIMA 2016 : *Proceedings of the 12th REHVA World Congress*, 22-25 May 2016, Aalborg, Denmark. Heiselberg, P. K. (ed.). Aalborg: Aalborg University, Department of Civil Engineering, Vol. 5, p. 1-10 10 p. 263

### Klimaat

KNMI. (z.d.). *KNMI, Klimaatdata en -advies, Informatie over verleden weer: Klimaatscenario's*. KNMI'14-klimaatscenario's. <http://www.klimaatscenarios.nl/kerncijfers/>

NEN. (2018, september). *NEN 5060:2018 Hygrothermische eigenschappen van gebouwen - Referentieklimaatgegevens* (ICS07.060;91.120.10;91.140.30).

### Context en relevantie

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2019, februari). *Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2019-2023*. Rijksoverheid.

NEO observatory. (2019, november). *Prognoses woningbouw 2019-2024*. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

ARUP. (2019). *The future of urban consumption in a 1.5°C world*.

### Kwaliteitssystemen

DGBC. (2020). *BREEAM-NL Nieuwbouw* (Beoordelingsrichtlijn 2020 versie 1.0).

SWK. (2020). *SWK module II S*.