



NIEMAN®

DE RAADGEVENDE INGENIEURS

ZONWERING IN NTA 8800

ROMAZO

25 augustus 2020

Partner in 't hart van de bouw!

Rapportage onderzoek effecten zonwering op BENG / TO_{juli}

Zonwering in de NTA 8800

Vereniging Romazo Professionals

p/a Metaalunie - Einsteinbaan 1
3439 NJ Nieuwegein

Vertegenwoordigd door: de heer J. de Roos



Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
info@nieman.nl
www.nieman.nl

Uitgevoerd door: De heer ing. J. Kaspers
De heer ing. T.G. Haytink
De heer ir. H.J.J. Valk

Wij gaan vertrouwelijk met uw gegevens om, geheel volgens de richtlijnen voor Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG). [Lees onze privacyverklaring.](#)

Referentie: 20200475 / 20487

Status: Definitief

Datum: 25 augustus 2020

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1	Inleiding	3
Hoofdstuk 2	BENG en TO_{juli}	5
2.1	BENG-indicatoren	5
2.2	BENG-eisen	7
Hoofdstuk 3	NTA 8800 en zonwering	8
3.1	Vaste zonwering conform NTA 8800	8
3.2	Beweegbare zonwering conform NTA 8800	8
3.3	Bepaling TO _{juli}	10
3.4	Statisch versus dynamisch rekenen	12
Hoofdstuk 4	Effect zonwering op BENG	16
4.1	Woningtypen	16
4.2	Energieconcepten	17
4.3	Tussenwoning	18
4.4	Hoekwoning	19
4.5	Vrijstaande woning	20
4.6	Woongebouw	21
Hoofdstuk 5	Gevoeligheidsanalyse	22
5.1	Gebouwoontwerp	22
5.2	Oriëntatie	22
5.3	Thermische schil	23
5.4	Type zonweringen / zomernachtventilatie	25
5.5	Warmte accumulatie / lineaire warmteverliezen / infiltratie	26
5.6	Ventilatiesysteem	28
5.7	Aandachtspunten TO _{juli}	29

Hoofdstuk 6	Conclusie en aanbevelingen	31
6.1	Conclusie	31
6.2	Aanbevelingen	32
Bijlage 1 -	Energieconcepten BENG	
Bijlage 2 -	Gevoeligheidsanalyse	
Bijlage 3 -	Referentiewoningen	

Hoofdstuk 1 Inleiding

Per 1 januari 2021 worden voor de nieuwbouw, in plaats van de EPC-eisen, eisen gesteld aan de uitkomsten van de BENG-indicatoren en het indicatiegetal TO_{juli} (woningbouw). Daarmee wordt inzicht gegeven in de energieprestatie van gebouwen en het risico op temperatuuroverschrijding. De indicatoren worden bepaald volgens NTA 8800. Diezelfde bepalingmethode gaat ook voor de bestaande bouw gebruikt worden om het energielabel vast te stellen.

De producten van de leden van RoMaZo hebben invloed op het bewonerscomfort en de energiebehoefte en hebben daarmee invloed op de BENG indicatoren en het indicatiegetal TO_{juli} . Met de komst van TO_{juli} zal het belang van zonwering toenemen in de woningbouw. U heeft ons gevraagd om de invloed van zonwerende maatregelen op de BENG-indicatoren inzichtelijk te maken.



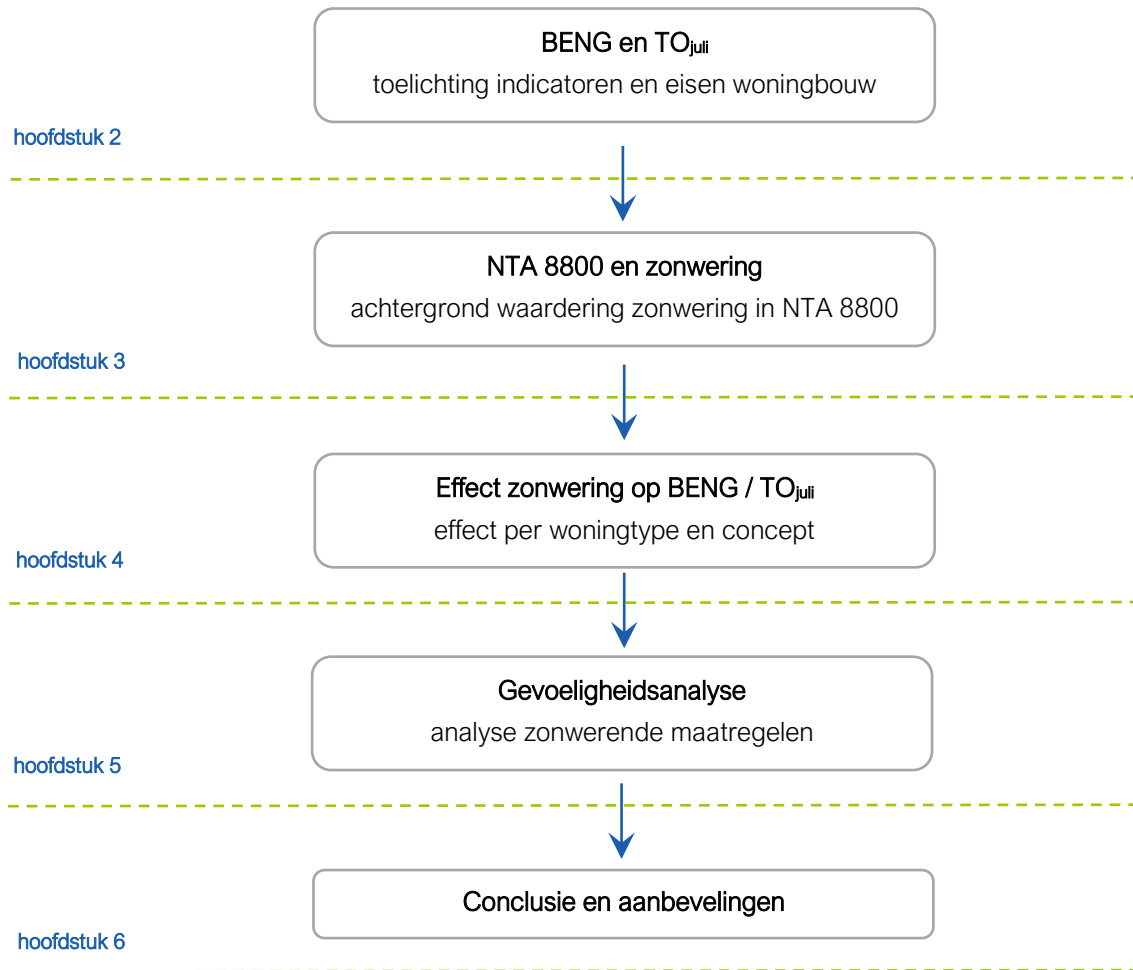
Figuur 1: Screens bij vrijstaande woning (bron: van Braak zonwering)

Uitgangspunten

De berekeningen zijn uitgevoerd met Uniec3, versie 3.0.0.0. Deze software is geattesteerd en rekent volgens de NTA 8800:2020, maar kent nog beperkingen. Zo wordt bijvoorbeeld alleen nog de maximale waarde voor TO_{juli} op woningniveau weergegeven. In een vervolgversie wordt dit per oriëntatie weergegeven waarbij nauwkeuriger geadviseerd kan worden. De focus in dit onderzoek ligt op de nieuwbouw van woningbouw.

Leeswijzer

De opbouw van deze rapportage is onderstaand weergegeven met daarbij betreffende hoofdstukken.



Hoofdstuk 2 BENG en TO_{juli}

2.1 BENG-indicatoren

Vanaf 1 januari 2021 wordt de huidige indicator voor energieprestatie van de nieuwbouw (EPC) vervangen door BENG-eisen. Daarnaast wordt de bepalingsmethode waarmee momenteel de EPC wordt bepaald (NEN 7120) vervangen door een nieuwe bepalingsmethode (NTA 8800). Elke bouwaanvraag vanaf 1 januari 2021 moet voldoen aan de vastgestelde BENG-eisen. De energieprestatie wordt uitgedrukt in de volgende indicatoren:

- BENG 1: De energiebehoefte van het gebouw in kWh per m² gebruiksoppervlak per jaar.
- BENG 2: Het primair (fossiele) energiegebruik in kWh per m² gebruiksoppervlak per jaar.
- BENG 3: Het aandeel hernieuwbare energie in procenten.
- TO_{juli} op woning/appartementniveau: < 1,2 (indien geen actieve koeling aanwezig), een alternatief hiervoor vormt het opstellen van een dynamische simulatieberekening met een grenswaarde GTO (gewogen temperatuur overschrijding) van maximaal 450 uur.

BENG 1. Energiebehoefte

De energiebehoefte (BENG 1) is de indicator voor de energiebehoefte van een woning voor verwarming en koeling. Dat is de hoeveelheid energie die een gebouw nodig heeft om verlies van warmte of koude ten gevolg van transmissie en luchtuitwisseling te compenseren. Het gaat daarbij om de energiebehoefte voor zowel verwarming als koeling, onafhankelijk van de aanwezige installaties. Naast thermische isolatie hebben zaken als zonoriëntatie en kierdichtheid daar invloed op. Er wordt rekening gehouden met een vast ventilatiesysteem op basis van natuurlijke toevoer en mechanische afvoer. Dat vaste ventilatiesysteem kan dus afwijken ten opzichte van het daadwerkelijk toegepaste ventilatiesysteem.

BENG 2. Primair fossiel energiegebruik

BENG 2 is de indicator voor het jaarlijks primair fossiel energiegebruik voor gebouwgebonden functies: verwarming, koeling, warmtapwater en hulpenergie. Bij woningbouw blijven verlichting en huishoudelijke apparaten buiten beschouwing.

BENG 3. Aandeel hernieuwbare energie

BENG 3 is de indicator voor het aandeel hernieuwbare energie ten opzichte van het totale primair fossiel energiegebruik voor gebouwgebonden functies. In woningen dragen vooral zonne-energie en omgevingswarmte (via een warmtepomp) bij aan het aandeel hernieuwbare energie. Daarnaast telt het hernieuwbare deel van externe warmtelevering mee.

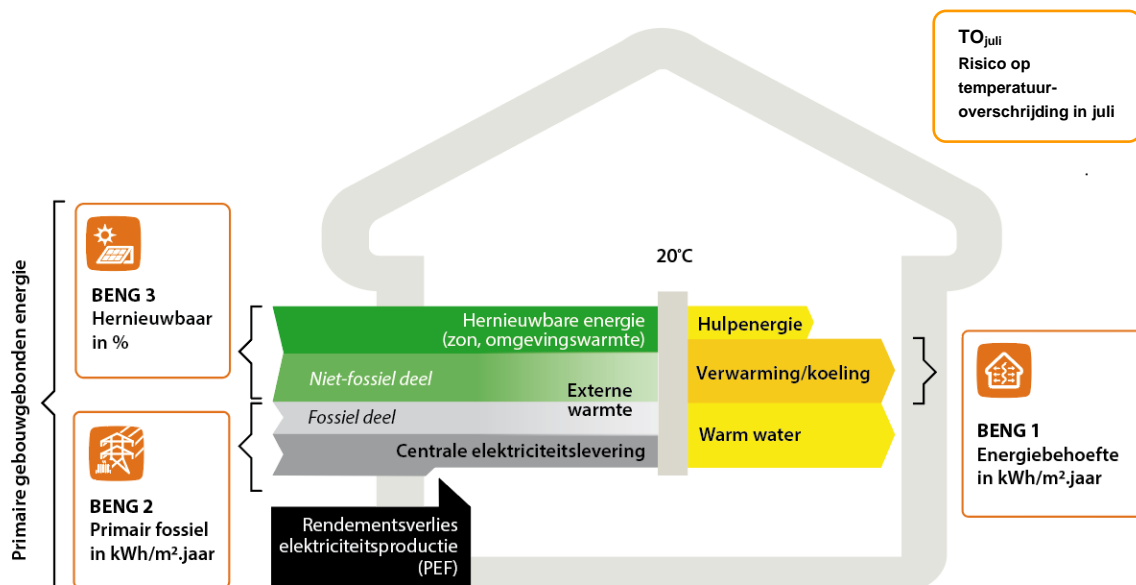
TO_{juli}

Naast de drie energetische BENG-eisen geldt er per 1 januari 2021 voor woonfuncties een aanvullende eis aan 'TO_{juli}', als er geen sprake is van actieve koeling. Deze eis heeft betrekking op het comfort in de

zomerperiode: een maximum aan de waarde van 'TO_{juli}'. De temperatuuroverschrijding in de maand juli (TO_{juli}) is een indicatiegetal waarmee per oriëntatie van de woning inzicht wordt gegeven in het risico op temperatuuroverschrijding. Dit wordt bepaald aan de hand van de berekende koudebehoefte van de woning in de maand juli.

TO_{juli}: grenswaarde definitief

De grenswaarde voor het risico op oververhitting (TO_{juli}) is op 15 juli 2020 definitief bekend gemaakt. De definitieve grenswaarde voor TO_{juli} is nu vastgesteld op 1,20 en geldt voor nieuw te bouwen woningen. Deze waarde is aangepast ten opzicht van de eerder voorlopig bepaalde grenswaarde van 1,00. De belangrijkste reden voor deze wijziging is dat nauwkeuriger en specifiekere rekenen met lineaire thermische bruggen in de buitengevel-constructies zorgt voor minder Gewogen Temperatuur Overschrijdings-uren (GTO). In de NTA 8800 berekeningen kunnen lineaire thermische bruggen forfaitair of nauwkeurig (psi-waarde van elke aansluiting) ingevoerd worden. De GTO is altijd het uitgangspunt geweest om het risico op oververhitting nauwkeurig in te schatten. Gezien de correlatie tussen GTO en TO_{juli} geeft dit ruimte om de grens van TO_{juli} te verruimen, zonder afbreuk te doen aan het uitgangspunt dat het risico op oververhitting in nieuwbouwwoningen beperkt moet worden.



Figuur 2: BENG-indicatoren (bron: Lente-akkoord – Henk Bouwmeester)

2.2 BENG-eisen

De BENG-eisen gelden zowel voor de woningbouw als de utiliteitsbouw. In tabel 1 zijn uitsluitend de eisen opgenomen voor woningbouw.

Tabel 1: Definitieve BENG-eisen woningbouw

	A_{is}/A_g verhouding	BENG 1 ¹⁾ (kWh/m ² -jr)	BENG 2 (kWh/m ² -jr)	BENG 3 (%)	TO _{juif} (-)
Woongebouw	$A_{is}/A_g \leq 1,83$ $1,83 < A_{is}/A_g \leq 3,0$ $A_{is}/A_g > 3,0$	≤ 65 $\leq 55 + 30^* (A_{is}/A_g - 1,5)$ $\leq 100 + 50^* (A_{is}/A_g - 3,0)$	≤ 50	≥ 40	$\leq 1,2$ of GTO < 450 uur
Andere woonfunctie	$A_{is}/A_g \leq 1,5$ $1,5 < A_{is}/A_g \leq 3,0$ $A_{is}/A_g > 3,0$	≤ 55 $\leq 55 + 30^* (A_{is}/A_g - 1,5)$ $\leq 100 + 50^* (A_{is}/A_g - 3,0)$	≤ 30	≥ 50	$\leq 1,2$ of GTO < 450 uur

1. Bij lichte constructies zoals houtskeletbouw en staalskeletbouw bedraagt de eis voor BENG 1 + 5 kWh/m²

GTO: gewogen temperatuur overschrijding

Bij de bepaling van het aantal GTO-uren worden wordt een hogere binnentemperatuur van bijvoorbeeld 30°C zwaarder meegewogen dan een temperatuur van 28°C. Bij de bepaling van de GTO-uren wordt het veranderend gedrag van de bewoner zoals psychologische adaptatie en persoonlijke adaptatie (luchtiger kleden, minder activiteit) niet meegenomen.

Hoofdstuk 3 NTA 8800 en zonwering

In de NTA 8800 wordt onderscheid gemaakt in twee typen zonwering:

- vaste zonwering; en
- beweegbare zonwering.

De achtergrond van beide typen zonwering worden in de volgende paragrafen toegelicht, waarbij de focus in dit rapport ligt op beweegbare zonwering.

3.1 Vaste zonwering conform NTA 8800

Onder vaste zonwering wordt bijvoorbeeld een horizontaal lamellenzonwering verstaan. In paragraaf 7.6.6.1.4 van NTA 8800 staat de waardering van ramen met vaste zonwering omschreven. Vaste zonwering wordt in de norm vereenvoudigd tot één g_{gl} -waarde. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen winter- en zomerseizoen, noch naar oriëntatie of hellingshoek van de daglichtopening.



3.2 Beweegbare zonwering conform NTA 8800

In paragraaf 7.6.6.1.4 van NTA 8800 staat de waardering van ramen met beweegbare zonwering omschreven.

$$g_{gl;wi;mi} = \underbrace{(1 - f_{sh;with}) \cdot g_{gl;wi}}_{\text{geen zonwering}} + \underbrace{f_{sh;with} \cdot g_{gl;sh;wi}}_{\text{wel zonwering}} \quad (7.42)$$

Zonwering wordt in de bepalingsmethode NTA 8800 verdisconteerd in de g_{gl} -waarde van het betreffende raam. Hierbij wordt gekeken naar de tijdfractie dat wel en geen gebruik wordt gemaakt van zonwering. Bij beweegbare zonwering wordt de g_{gl} -waarde bepaald door de zontoetredingsfactor van het glas wanneer de zonwering niet in gebruik is ($g_{gl;wi}$) te vermenigvuldigen met een reductiefactor voor veel voorkomende zonweringen (F_c).

$$g_{gl;sh;wi} = F_c \cdot g_{gl;wi}$$

Voor de reductiefactor op de zontoetredingsfactor zijn in de NTA 8800 voor verschillende typen en kleuren screens, jaloezieën en gemetalliseerde weefsels reductiefactoren opgenomen. Op de volgende pagina zijn de tabellen 7.5 en 7.6 uit de NTA 8800 opgenomen, waarin de reductiefactor gegeven zijn.

Voorwaarden buitenzonwering in NTA 8800

Buitenzonwering mag alleen worden meegerekend als deze gebouwbonden is en door een automatische regeling wordt aangestuurd of van binnenuit bedienbaar is.

Voorwaarden binnenzonwering in NTA 8800

Binnenzonwering mag alleen worden meegerekend wanneer deze onlosmakelijk onderdeel uitmaakt van het klimatiseringssysteem. Dit is het geval wanneer de binnenzonwering automatisch gestuurd is en gekoppeld is aan een gebouwbeheersysteem dat de klimatisering bestuurt.

De kwaliteit van de zonwering (bijv. windvastheid) wordt niet beschouwd. Dit is een privaatrechtelijk aspect.

Er wordt in de NTA 8800 onderscheid gemaakt in forfaitaire reductiewaarden voor:

- Buitenzonwering: screens, jaloezieën, uitvalschermen en knikarmschermen; en
- Binnenzonwering: gemetalliseerde weefsels

Tabel 2: reductiefactor voor zontoetredingsfactor screens, jaloezieën en gemetalliseerde weefsels (bron: tabel 7.5 NTA 8800)

Type zonwering	Kleur	Criterium ^a	Fc
Screens (buiten toegepast)	Zwart, antraciet, donkerbruin	$T_s < 0,07$	0,12
	Overige kleuren	$T_s < 0,17$	0,20
	Wit	$T_s \geq 0,17$	0,25
Jaloezieën (buiten toegepast)	Zwart, antraciet, donkerbruin	$R_s < 0,3$	0,05
	Overige kleuren	$R_s < 0,6$	0,10
	Wit	$R_s \geq 0,6$	0,20
Gemetalliseerde weefsels (binnen toegepast)		$R_s > 0,72$	0,45

^a T_s betreft de zontransmissie, R_s betreft de zonreflectie, voor de gemetalliseerde weefsels gaat het om de reflectie van de metaallaag.

Uit tabel 2 kan het volgende worden afgeleid:

- De reductiefactor van screens en jaloezieën is lager dan bij gemetalliseerde weefsels. Hierdoor is het effect van buitenzonwering in de BENG-systematiek op TO_{juli} groter dan bij binnenzonwering.

- De reductiefactor verschilt per kleur zonwering. Zonwering met een donkere kleur (zwart, antraciet, donkerbruin) heeft een lagere reductiefactor dan zonwering in de kleur wit. De overige kleuren liggen daar tussenin. Dit betekent dat zonwering met een donkere kleur in de NTA 8800 beter wordt gewaardeerd dan een lichtere kleur. De NTA gaat er vanuit dat er minder licht en daarmee minder warmte door een donker doek gaat. In de praktijk hoeft een factor twee tussen donkere en lichte zonwering niet altijd het geval te zijn. Ook lichte zonwering kan afhankelijk van de absorptie, reflectie en doorlating redelijk vergelijkbare prestaties realiseren als donkere zonwering. Dit moet dan gewaardeerd worden met een BCRG-verklaring.

Tabel 3: reductiefactor voor zontoetredingsfactor uitvalschermen en knikarmschermen (bron: tabel 7.6 NTA 8800)

Type zonwering	F _c				
	N	NO, NW	O, W	ZO, ZW	Z
Uitvalschermen	0,50	0,45	0,35	0,35	0,35
Knikarmschermen	0,90	0,80	0,65	0,55	0,50

Uit tabel 3 kan het volgende worden afgeleid:

- De reductiefactor van uitvalschermen is lager dan bij knikarmschermen. Hierdoor is het effect van uitvalschermen in de BENG-systematiek op TO_{juil} groter dan bij knikarmschermen.
- Het effect van uitvalschermen op O,W, ZO, ZW en Z is aan elkaar gelijk. De reductiefactor bedraagt bij deze oriëntaties 0,35.
- Ten opzichte van screens en jaloezieën is het effect van uitvalschermen en knikarmschermen lager.

Schakelcriterium

Voor woningbouw (handmatig geregelde zonwering) wordt uitgegaan van een schakelcriterium van 300 W/m². Voor de utiliteitsbouw (automatisch geregelde zonwering) geldt een schakelcriterium van 150 W/m². Het variëren in schakelcriterium is normatief niet toegestaan. Het schakelcriterium van 300 W/m² voor de woningbouw is bewust gekozen, waarbij rekening is gehouden met het bewonersgedrag en het beperken van de schakelmomenten. Dit schakelcriterium heeft als gevolg dat zonwering volgens de NTA 8800 op de noordgevel niet gebruikt wordt.

In de NTA 8800 wordt er vanuit gegaan dat zonwering alleen in de maanden maart t/m oktober wordt gebruikt.

3.3 Bepaling TO_{juil}

Voor de bepaling van TO_{juil} wordt in de NTA 8800 gebruik gemaakt van onderstaande formule.

$$TO_{\text{juli};or,zi} = \frac{Q_{C;nd;\text{juli};or,zi} \cdot 1000}{\left(H_{C;D;\text{juli};or,zi} + H_{gr;an;\text{juli};or,zi} + H_{C;ve;\text{juli};or,zi} \right) \times t_{\text{juli}}} \quad (5.40)$$

Als we deze formule 'vertalen' naar tekst ontstaat de volgende vergelijking:

$$TO_{\text{juli}} [\text{Kelvin}] = \frac{\text{koudebehoefte [Qc in kWh]}}{\text{warmteoverdrachtscoëfficiënt (transmissie en luchtstromen) [Hc in W/K] 744 uur in juli}}$$

Waarin de koudebehoefte de resultante is van de warmtewinst – warmteverlies:

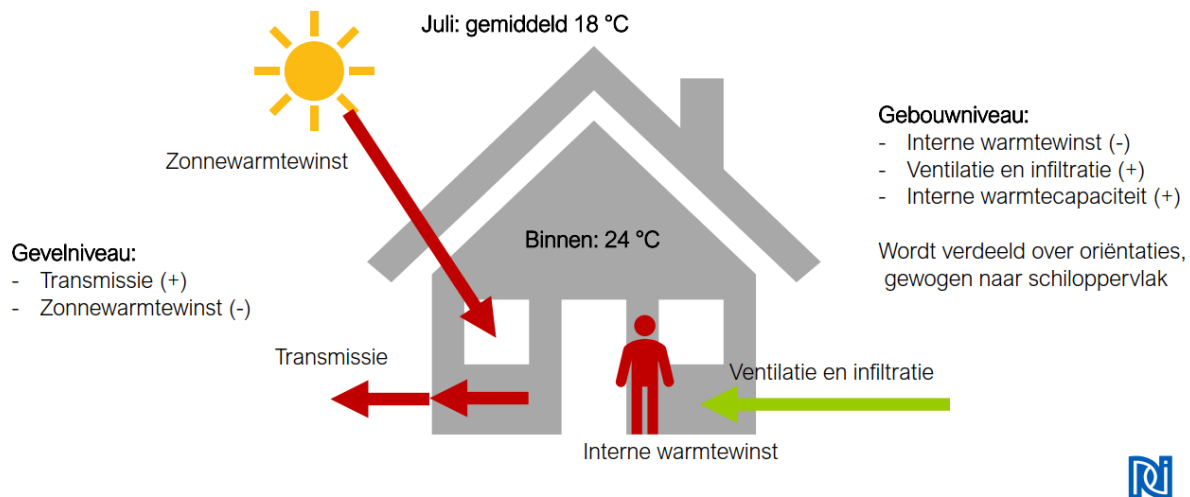
- Warmtewinst: zonnewarmte en interne warmteproductie
- Warmteverlies: transmissie door de thermische schil, ventilatie, spuien of zomernachtventilatievoorziening

De volgende parameters zijn van invloed op het risico op temperatuuroverschrijding:

- oriëntatie van de woningen daarmee de mate van zoninstraling;
- isolatieniveau en gebouwmassa
- gevelopeningen: afmetingen, U-waarde en oriëntatie
- overstek of vaste zonwering
- beweegbare zonwering (type en kleur)
- zonwerend glas
- ventilatieve koeling: zomernachtventilatie
- ventilatiesysteem: ventilatiesysteem C (natuurlijke toevoer en mechanische afvoer) of D (mechanische toe- en afvoer met warmteterugwinning) al dan niet in combinatie met sturing: CO₂ of tijdsturing.

Daarnaast is de invloed van de bewoner een grote invloedsfactor, deze speelt echter geen rol bij de beoordeling van TO_{juli}. Dit is schematisch in figuur 3 weergegeven.

TO_{juli} - toelichting koudebehoefte per oriëntatie



Figuur 3: Invloedsfactoren van TO_{juli} in NTA 8800

3.4 Statisch versus dynamisch rekenen

De TO_{juli} is een globaal indicatiegetal dat een inschatting geeft van de hoeveelheid overtollige warmte in de gehele woning. Hoewel er een gedegen analyse onder ligt, waaruit een voldoende correlatie blijkt tussen TO_{juli} en gedetailleerde temperatuuroverschrijdingsberekeningen, kent een dergelijk indicatiegetal zijn beperkingen:

- TO_{juli} wordt statisch bepaald zoals geschetst is in figuur 3. Dit heeft tot gevolg dat bijvoorbeeld de koelbehoefte en warmteverlies als gevolg van transmissie en ventilatie bepaald wordt op een moment dat het buiten kouder (in juli gemiddeld 18°C) is dan binnen (24°C). Wanneer je dit dynamisch bekijkt zullen er met name overdag momenten zijn dat het buiten aanzienlijk warmer kan zijn dan 18°C. Op die momenten hebben dus transmissie en ventilatie een negatief effect met opwarming als gevolg. Via TO_{juli} wordt verondersteld dat deze een positief effect hebben.
- Er wordt geen rekening gehouden met verschillende ruimten in een woning of appartement. Het uitmiddelen van het risico op overschrijding tussen ruimten met een laag risico en ruimten met een hoog risico kan leiden tot verkeerde keuze van maatregelen in ruimten ter voorkoming van oververhitting.
- TO_{juli} geeft per oriëntatie een waarde oordeel. Daarbij heeft een zonwerende maatregel op de ene oriëntatie geen effect op de TO_{juli} van de andere gevel oriëntatie.

- Uit TO_{juli} kan volgen dat aanvullende maatregelen nodig zijn op de niet/matig zonbelaste gevels NO, N of NW gevel. Deze maatregelen lijken niet altijd logisch en efficiënt om overschrijding te beperken. Daarbij heeft een zonwering op een noordgevel heeft geen effect in TO_{juli} als gevolg van de voorgeschreven schakelmomenten.
- De specifieke interne warmtecapaciteit heeft veel invloed op TO_{juli} . De interne warmtecapaciteit wordt eveneens op woning niveau of rekenzone bepaald en niet op ruimte niveau.
- Bij actieve koeling geldt er geen eis aan TO_{juli} . Echter actieve koeling zal nog geen garantie zijn voor het voorkomen van discomfort van oververhitting.

Kortom als voldaan wordt aan de TO_{juli} eis kan het dus lijken alsof er voldoende maatregelen getroffen zijn voor een goed zomercomfort voor de bewoner, terwijl dit in de werkelijkheid niet het geval is.

Dynamisch rekenen

Een temperatuuroverschrijdingsberekening met een dynamisch simulatieprogramma kan veel specifieker voorspellen wat het risico op temperatuuroverschrijding is. Een groot verschil met een statische bepaling is dat er aan de hand van een klimaatjaar uurlijks kan worden bepaald of er sprake is van warmte of koude uitwisseling met buitenklimaat. In een simulatieprogramma wordt een woning per ruimte gesimuleerd en kunnen de risico's per ruimte worden beoordeeld. Ook kunnen hierin andere oplossingen worden onderzocht om oververhitting te voorkomen. Dit geeft een veel nauwkeurigere voorspelling van de risico's.

Een beperking van de TO_{juli} beoordeling is dat er per oriëntatie een waarde oordeel wordt gegeven en niet per ruimte. In de uitwerking van een TO_{juli} naar $<1,2$ maakt het geen verschil of een zonwering wordt toegepast op een slaapkamer raam of een raam van een badkamer. Waarbij in een dynamische berekening veel duidelijker naar voren zal komen in welke ruimte de meeste temperatuur overschrijding te verwachten is en de maatregel dus het best zal werken.

Tabel 4: Vergelijking TO_{juli} en dynamische temperatuuroverschrijdingsberekening

TO_{juli}	Dynamische temperatuuroverschrijdingsberekening
Bedoeld als indicatieve berekening	Bedoeld om risico's op oververhitting te beoordelen
Maandmethode in NTA 8800	Uurlijkse beoordeling
Berekening op woningniveau	Berekening op ruimteniveau
Uitmiddeling van risico's	Risico per ruimte zichtbaar
Versimpelde benadering	Minder versimpelde benadering
Beperking in maatregelen	Specifiekere maatregelen kunnen gesimuleerd worden

Uit TO -berekeningen met een dynamisch rekenmodel blijkt dat een woning met glas oppervlakte op

zowel oosten en westen een van de meest kritische woningen is als het gaat om oververhitting als gevolg van zontoetreding. Dit komt met name doordat deze vroeg in de ochtend en tot laat in de middag en avond een zonbelasting heeft, verspreid over de verschillende ruimten. Cumulatief zal dan een doorzon - woonkamer in deze woning veel overschrijdingen tellen. De opwarming van een dergelijke woning vindt in de zomerperiode al vroeg in de ochtend plaats, zie tabel 5 met de zoninstraling per uur voor alle maanden in het jaar (berekend voor de 15e van de maand).

Tabel 5: Uurlijkse zoninstraling voor gevel op het oosten in Nederland (15° van iedere maand)
(bron: wiki.bk.tudelft.nl/bk-wiki/Zon_bouwfysica)

Oost	Q _{tot} in W/m ² op tijdstip MEMT															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
jan.	-	-	-	-	89	303	296	174	64	53	41	20	-	-	-	-
feb.	-	-	-	60	419	495	403	228	87	76	63	44	19	-	-	-
mrt	-	-	32	479	649	618	476	269	112	100	87	69	46	17	-	-
apr	-	39	494	729	771	687	518	299	135	122	111	93	71	47	17	-
mei	4	381	671	796	791	692	523	309	150	137	125	109	89	66	41	13
juni	144	479	705	796	781	679	515	309	156	143	132	116	96	74	50	25
juli	84	441	685	786	776	678	513	308	154	141	130	113	94	71	47	20
aug	-	221	579	750	763	675	511	278	145	131	118	101	80	57	30	-
sept.	-	-	273	608	700	642	490	281	124	111	99	81	59	32	-	-
okt.	-	-	-	263	527	547	430	244	98	86	73	55	31	-	-	-
nov.	-	-	-	-	213	371	332	192	72	61	48	29	-	-	-	-
Dec.	-	-	-	-	16	241	260	158	58	47	34	13	-	-	-	-

Tabel 7. Voor Nederland representatieve waarden voor de totale zonnestraling ($q_{dir} + q_{diff} + q_{gr}$) bij helder weer op een verticaal vlak georiënteerd op het oosten, voor de 15^e van iedere maand [1].

De NTA 8800 rekent met een maandgemiddelde zoninstraling waardoor dergelijke uurlijkse effecten niet zichtbaar zijn. In tabel 6 is de zoninstraling gegeven voor een oostgevel gedurende het jaar.

Tabel 6: Maandgemiddelde totale opvallende zoninstraling; gemiddeld over alle uren I_{sol} (W/m^2) voor gevels met een helling van 90 graden (rood gearceerd oostgevel) (bron: NTA 8800, tabel 17.2)

β	90°								
γ	180° Z	225° ZW	270° W	315° NW	360° N	45° NO	90° O	135° ZO	
Maand	$I_{sol,mi}$ W/m ²								
Januari	60,1	48,1	23,4	11,4	11,1	11,1	20,2	43,9	
Februari	66,7	52,2	32,8	20,9	19,5	21,5	36,5	56,8	
Maart	101,8	82,1	57,3	38,5	34,8	44,2	70,7	95,4	
April	135,1	121,9	96,2	64,1	49,4	72,9	112,2	135,8	
Mei	124,9	122,1	107,3	78,9	61,9	82,9	114,6	128,4	
Juni	112,7	127,8	125,7	97,8	73,0	92,0	114,8	118,0	
Juli	109,7	117,1	112,7	88,5	66,7	81,2	104,9	113,2	
Augustus	128,5	137,1	120,0	83,1	55,9	63,9	89,0	112,4	
September	122,3	112,2	83,9	53,6	41,4	47,9	73,7	103,6	
Oktober	96,2	76,3	46,7	28,7	26,4	29,1	49,8	80,3	
November	59,5	45,6	22,7	13,8	13,6	14,0	23,9	47,1	
December	46,2	34,9	15,2	8,9	8,9	8,9	15,9	35,8	

Naast de maandgemiddelde zoninstraling wordt TO_{juli} per gevel oriëntatie beoordeeld. Het maakt bij een TO_{juli} berekening niet uit of zowel de voor- als achtergevel een hoge zonbelasting heeft. Het glas op de voorgevel beïnvloedt in de beoordeling van TO_{juli} de achtergevel niet en visa versa. Dit is een belangrijk verschil met een dynamische berekening waarbij dit effect wel zichtbaar wordt.

Meer achtergrondinformatie over de relatie tussen TO_{juli} en GTO is verricht uitgevoerd door WE adviseur in opdracht van RvO.nl:

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/05/Temperatuuroverschrijding%20in%20nieuwe%20woningen%20in%20relatie%20tot%20voorgenomen.pdf>

Hoofdstuk 4 Effect zonwering op BENG

Voor een viertal woningen is het effect van zonwering op de BENG-uitkomst berekend. In dit hoofdstuk is per woningtype het effect inzichtelijk gemaakt op BENG 1 en TO_{juli} .

4.1 Woningtypen

De NTA-berekeningen zijn opgesteld voor de volgende RVO.nl BENG-voorbeeldwoningen:

- RVO.nl BENG-referentiegebouw: tussenwoning
- RVO.nl BENG-referentiegebouw: hoekwoning (M)
- RVO.nl BENG-referentiegebouw: vrijstaande woning
- RVO.nl BENG-referentiegebouw: woongebouw M – appartementen. De BENG-indicatoren zijn berekend op gebouwniveau en TO_{juli} op appartementniveau.

Bron: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/energieprestatie-beng/beng-gebouwtype/referentiegebouwen>



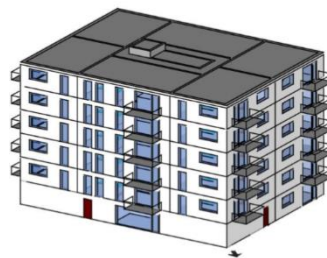
Tussenwoning



Hoekwoning



Vrijstaande woning



Woongebouw

In de hoofdrapportage zijn de resultaten met de meest ongunstige oriëntatie oost/west weergegeven. Voor de resultaten van de overige oriëntaties wordt verwezen naar bijlage 2.

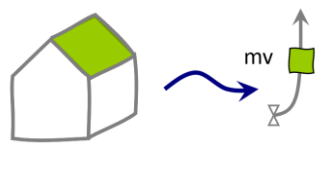
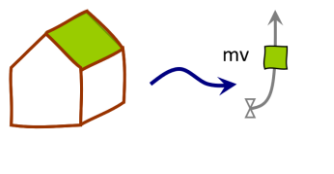
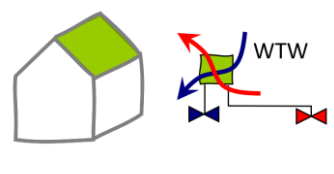
4.2 Energieconcepten

Voor de woningen en het woongebouw is het effect van zonwering bepaald op basis van drie energieconcepten. De energieconcepten zijn grotendeels gelijk met de volgende verschillen:

- Interne warmtecapaciteit: bij concept 1 en 3 is er sprake van een zware bouwwijze (beton/kalkzandsteen casco met beton vloeren) en bij concept 2 is er sprake van een lichte bouwwijze (houtskelet/staalskelet)
- Ventilatiesysteem: bij concept 1 en 2 is er sprake van natuurlijke toevoer en mechanische afvoer en bij concept 3 is er sprake van gebalanceerde ventilatie met WTW.

In bijlage 1 is een compleet overzicht opgenomen met uitgangspunten.

Tabel 7: overzicht bouwkundige en installatietechnische eigenschappen per energieconcept


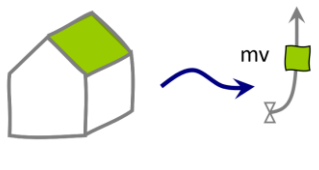
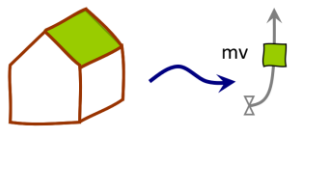
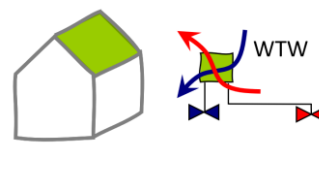
	Concept 1. Interne warmtecap. 450 kJ/m ² K + ventilatiesysteem C	Concept 2. Interne warmtecap. 80 kJ/m ² K + ventilatiesysteem C	Concept 3. Interne warmtecap. 450 kJ/m ² K + ventilatiesysteem D
			
Vloer	R _c : 3,70 m ² K/W	R _c : 3,70 m ² K/W	R _c : 3,70 m ² K/W
Gevel	R _c : 4,70 m ² K/W	R _c : 4,70 m ² K/W	R _c : 4,70 m ² K/W
Dak	R _c : 6,30 m ² K/W	R _c : 6,30 m ² K/W	R _c : 6,30 m ² K/W
Ramen	U _w : 1,40 W/m ² K – HR ⁺⁺ (g _{gl} : 0,6)	U _w : 1,40 W/m ² K – HR ⁺⁺ (g _{gl} : 0,6)	U _w : 1,40 W/m ² K – HR ⁺⁺ (g _{gl} : 0,6)
Int. warmtecap. ¹⁾	Zware bouwwijze	Lichte bouwwijze	Zware bouwwijze
luchtdichtheid	q _{v10} : 0,40 dm ³ /s.m ²	q _{v10} : 0,40 dm ³ /s.m ²	q _{v10} : 0,40 dm ³ /s.m ²
Zonwering	geen zonwering	geen zonwering	geen zonwering
Verwarming	Lucht/water warmtepomp	Lucht/water warmtepomp	Lucht/water warmtepomp
Warmtapwater	Lucht/water warmtepomp	Lucht/water warmtepomp	Lucht/water warmtepomp
Ventilatie	C4a.natuurlijke toevoer + mechanische afvoer + CO₂	C4a.natuurlijke toevoer + mechanische afvoer + CO₂	gebalanceerde ventilatie met WTW
Koeling	geen koeling	geen koeling	geen koeling
Zonne-energie	aantal PV-panelen afhankelijk van oriëntatie en woningtype	aantal PV-panelen afhankelijk van oriëntatie en woningtype	aantal PV-panelen afhankelijk van oriëntatie en woningtype

1. In de energieconcepten is gevarieerd in een zware bouwwijze met een specifieke interne warmtecapaciteit van 450 kJ/m²K, conform tabel 7.10 uit de NTA 8800 en een lichte bouwwijze met een specifieke interne warmtecapaciteit van 80 kJ/m²K.

4.3 Tussenwoning

Voor de tussenwoning is in deze paragraaf voor drie energieconcepten de uitkomst van BENG 1 en TO_{juli} met en zonder zonwering weergegeven.

Tabel 8: Effect zonwering bij een tussenwoning

Tussenwoning				
Tussenwoning drie bouwlagen gebruiksoppervlak: 110 m ² verhouding A _{is} / A _G : 1,38 Voorgevel: oost				
		1. Interne warmtecap. 450 kJ/m ² K + ventilatiesysteem C	2. Interne warmtecap. 80 kJ/m ² K + ventilatiesysteem C	3. Interne warmtecap. 450 kJ/m ² K + ventilatiesysteem D
				
Geen zonwering				
BENG 1	59,2 kWh/m ²	69,8 kWh/m ²	59,2 kWh/m ²	
TO _{juli} (O/W)	1,3	2,6	1,8	
Effect zonwering screens (zwart) op voor- en achtergevel (oost en west)				
BENG 1	60,1 kWh/m ²	66,1 kWh/m ²	60,1 kWh/m ²	
TO _{juli} (O/W)	0,29	1,23	0,43	



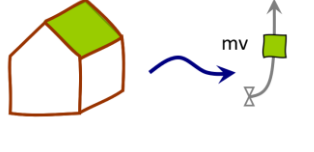
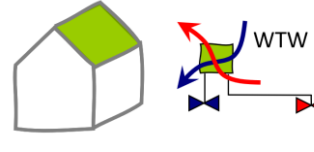
Op basis van de rekenresultaten van de tussenwoning komen de volgende punten naar voren:

- Bij toepassing van zonwering daalt TO_{juli} bij alle concepten aanzienlijk en voldoet bij de zware bouwwijze aan de eis. Tegelijkertijd is zichtbaar dat bij de zware bouwwijze BENG 1 stijgt. Bij de concepten met de zware bouwwijze is de warmtebehoefte groter dan de koudebehoefte, waardoor zonwering een fractie ongunstig is voor BENG 1. Aangezien concept 1 en 3 ruimschoots aan de TO_{juli} eis voldoen, zal de stijging van BENG 1 beperkt zijn als er minder ramen voorzien worden van zonwering.
- Bij een grotere koelbehoefte (concept 2) daalt BENG 1 door de toepassing van zonwering. De hoogste behoefte (warmte of koude) bepaalt of zonwerende maatregelen gunstig of ongunstig uitpakken.
- Bij concept 2 wordt ook bij toepassing van zonwering (screens buiten donkere kleur) op de voor- en achtergevel nog niet voldaan aan TO_{juli}. Er zijn aanvullende maatregelen nodig.
- TO_{juli} is bij toepassing van natuurlijke toevoer en mechanische afvoer (ventilatiesysteem C) gunstiger dan bij gebalanceerde ventilatie met WTW.

4.4 Hoekwoning

Voor de hoekwoning is in deze paragraaf voor drie energieconcepten de uitkomst van BENG 1 en TO_{juli} met en zonder zonwering weergegeven.

Tabel 9: Effect zonwering bij een hoekwoning

Hoekwoning			
Hoekwoning drie bouwlagen gebruiksoppervlak: 133 m ² verhouding A _{is} / A _G : 1,88 Voorgevel: oost, kopgevel: noord			
	1. Interne warmtecap. 450 kJ/m ² K + ventilatiesysteem C	2. Interne warmtecap. 80 kJ/m ² K + ventilatiesysteem C	3. Interne warmtecap. 450 kJ/m ² K + ventilatiesysteem D
			
Geen zonwering			
BENG 1	66,7 kWh/m ²	79,1 kWh/m ²	66,7 kWh/m ²
TO _{juli}	3,0	4,3	3,8
Effect zonwering screens (zwart) op voor- en achtergevel (oost en west)			
BENG 1	67,9 kWh/m ²	74,8 kWh/m ²	67,9 kWh/m ²
TO _{juli} (O/W)	0,71	1,92	0,97


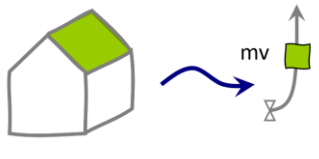
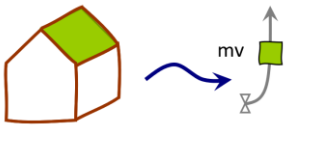
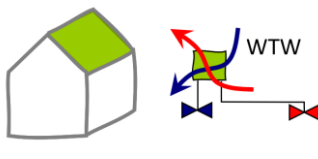
Op basis van de rekenresultaten van de hoekwoning komen de volgende punten naar voren:

- Een hoekwoning heeft ten opzichte van een tussenwoning een aanzienlijk hogere uitkomst van TO_{juli}. De tussenwoning heeft zonder zonwering voor de berekende concepten een TO_{juli} van 1,3 á 2,6. De hoekwoning heeft een TO_{juli} van 3,0 á 4,3.
- Het toepassen van zonwering op het noord (kopgevel) heeft geen effect op TO_{juli}.
- De wisselwerking tussen BENG 1 en TO_{juli} is vergelijkbaar met de analyse bij de tussenwoning, in de voorgaande paragraaf.

4.5 Vrijstaande woning

Voor de vrijstaande woning is in deze paragraaf voor drie energieconcepten de uitkomst van BENG 1 en TO_{juli} met en zonder zonwering weergegeven.

Tabel 10: Effect zonwering bij een vrijstaande woning

Vrijstaande woning				
Vrijstaande woning drie bouwlagen gebruiksoppervlak: 181 m ² verhouding A_{is} / A_g : 2,14 Voorgevel: oost				
		1. Interne warmtecap. 450 kJ/m ² K + ventilatiesysteem C	2. Interne warmtecap. 80 kJ/m ² K + ventilatiesysteem C	3. Interne warmtecap. 450 kJ/m ² K + ventilatiesysteem D
				
Geen zonwering				
BENG 1	72,1 kWh/m ²	91,1 kWh/m ²	72,1 kWh/m ²	
TO_{juli}	3,5	4,8	4,5	
Effect zonwering screens (zwart) op voor, achter- en linkerzijgevel (oost, west en zuid)				
BENG 1	70,9 kWh/m ²	81,3 kWh/m ²	70,9 kWh/m ²	
TO_{juli} (O/W)	0,85	2,10	1,14	


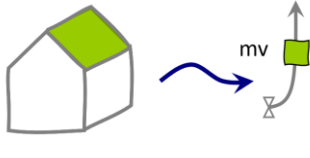
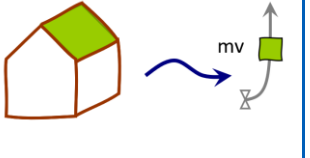
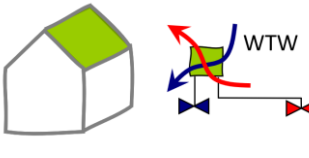
Op basis van de rekenresultaten van de vrijstaande woning komen de volgende punten naar voren:

- Bij de vrijstaande woning zijn de gevelopeningen alzijdig, waardoor het risico op temperatuuroverschrijding hoog is. Dit vraagt bij de beoordeling van TO_{juli} projectspecifiek maatwerk.
- Aangezien de vrijstaande woning een hogere koelbehoefte heeft de toepassing van zonwering in dit voorbeeld in alle concepten een positief effect op BENG 1.
- Ondanks de toepassing van zonwering wordt bij de vrijstaande woning nog niet voldaan aan de eis van TO_{juli} . Aanvullende maatregelen of ontwerpwijzigingen zijn nodig om te voldoen.

4.6 Woongebouw

Voor het woongebouw is in deze paragraaf op appartementniveau voor drie energieconcepten de uitkomst van BENG 1 en TO_{juli} met en zonder zonwering weergegeven.

Tabel 11: Effect zonwering bij een woongebouw

Woongebouw			
Woongebouw zes bouwlagen Hoekappartement en tussenappartement Bovenste bouwlaag: oriëntatie zuid/oost			
	1. Interne warmtecap. 450 kJ/m ² K + ventilatiesysteem C	2. Interne warmtecap. 80 kJ/m ² K + ventilatiesysteem C	3. Interne warmtecap. 450 kJ/m ² K + ventilatiesysteem D
			
Geen zonwering			
TO_{juli} hoekapp.	2,4	3,7	3,2
TO_{juli} tussenapp.	1,5	2,8	2,2
Effect zonwering screens (zwart) op voor- en zijgevel (oost en zuid)			
TO_{juli} hoekapp.	0,5	1,6	0,8
TO_{juli} tussenapp.	0,4	1,5	0,7

4.6.1 Analyse

Op basis van de rekenresultaten van een hoek- en tussenappartement (bovenste verdieping) komen de volgende punten naar voren:

- Voor het woongebouw geldt dat BENG 1, 2 en 3 op gebouwniveau wordt bepaald en dat TO_{juli} en het energielabel op basis van BENG 2 op appartementniveau wordt beschouwd. Vandaar dat in dit overzicht uitsluitend de rekenresultaten van TO_{juli} zijn weergegeven. In bijlage 3 zijn de BENG-uitkomsten op woongebouwniveau opgenomen.
- Bij een woongebouw dient TO_{juli} voor elk appartement te worden beoordeeld. In dit voorbeeld is een hoek- en tussenappartement op de bovenste bouwlaag berekend.
- Afhankelijk van onder andere de geometrie, glasoppervlak, oriëntatie en positie van het appartement kan TO_{juli} aanzienlijk verschillen. Een projectspecifieke beoordeling in combinatie met een GTO-berekening wordt voor appartementen geadviseerd.

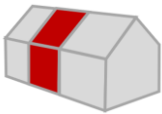

Hoofdstuk 5 Gevoeligheidsanalyse

5.1 Gebouwoontwerp

De tussenwoning heeft in basis een glaspercentage van circa 25%. De hoekwoning heeft een glaspercentage van 33%. In tabel 12 is het effect weergegeven als het glaspercentage stapsgewijs toeneemt naar 50%.



Tabel 12: Effect gebouwoontwerp op BENG 1 & TO_{juli} tussenwoning en hoekwoning

				
	BENG 1 [kWh/m ²]	TO _{juli} [K]	BENG 1 [kWh/m ²]	TO _{juli} [K]
Referentie BENG 1 & TO _{juli} : Huidig glaspercentage: TW: 25% & HW: 33%	55,1 kWh/m ²	1,20	63,2 kWh/m ²	2,81
Glaspercentage	ΔBENG 1	TO _{juli}	ΔBENG 1	TO _{juli}
Glaspercentage 30%	0,6 kWh/m ²	1,58	-	-
Glaspercentage 35%	1,4 kWh/m ²	2,05	0,7 kWh/m ²	3,04
Glaspercentage 40%	2,5 kWh/m ²	2,59	2,2 kWh/m ²	3,67
Glaspercentage 50%	5,7 kWh/m ²	3,60	6,1 kWh/m ²	4,88

Analyse


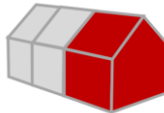
- In basis valt bij de vergelijking van de tussenwoning en de hoekwoning op dat de energiebehoefte en de TO_{juli} voor de hoekwoning aanzienlijk hoger ligt dan bij de tussenwoning. De kopgevel heeft een grote invloed op de vormfactor en daarmee op de eis voor BENG 1, transmissie, zonne-warmtewinst en het risico op temperatuuroverschrijding.
- Een stijging van het glasoppervlak evenredig over de gevels en oriëntaties levert een stijging op van BENG 1 en TO_{juli}. Afstemming met de architect in het ontwerptraject over het glaspercentage en de oriëntatie van de glasvlakken vormt een eerste stap om risico op temperatuuroverschrijding te verlagen. Het heeft de voorkeur om met name grote glasoppervlakken op het oosten en westen te beperken.

5.2 Oriëntatie

In tabel 13 is het effect weergegeven van het wijzigen van de oriëntatie op de energiebehoefte (BENG 1) en TO_{juli}. Voor de acht oriëntaties is het effect per woningtype berekend. In de referentiesituatie is uitgegaan van de voorgevel op het noorden en de achtergevel op het zuiden.



Tabel 13: Effect oriëntatie op BENG 1 & TO_{juli} tussenwoning en hoekwoning

				
	BENG 1 [kWh/m ²]	TO _{juli} [K]	BENG 1 [kWh/m ²]	TO _{juli} [K]
Referentie BENG 1 & TO _{juli} : Voorgevel: noord	55,1 kWh/m ²	1,20	63,2 kWh/m ²	2,81
Oriëntatie voorgevel	ΔBENG 1	TO _{juli}	ΔBENG 1	TO _{juli}
Noordwest	1,6 kWh/m ²	1,28	0,4 kWh/m ²	2,99
West	3,8 kWh/m ²	1,05	0,9 kWh/m ²	2,60
Zuidwest	3,1 kWh/m ²	0,70	0,1 kWh/m ²	2,83
Zuid	2,3 kWh/m ²	0,61	-0,4 kWh/m ²	2,46
Zuidoost	3,5 kWh/m ²	0,68	2,1 kWh/m ²	2,63
Oost	4,1 kWh/m ²	1,26	3,5 kWh/m ²	2,95
Noordoost	2,0 kWh/m ²	1,40	2,2 kWh/m ²	3,22

Analyse


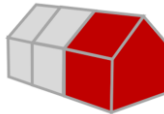
- Het wijzigen van de oriëntatie heeft effect op zowel de warmte- als de koudebehoefte van de woning. Afhankelijk van de verdeling in warmte- en koudebehoefte heeft de oriëntatie een positief of negatief effect op BENG 1 en voor TO_{juli}. In dit voorbeeld heeft de tussenwoning aan de achtergevel een groter glasoppervlak dan aan de voorgevel. De achtergevel op het zuiden is het meest gunstig voor BENG 1, terwijl de voorgevel op het zuiden voor TO_{juli} het meest gunstig is. Deze wisselwerking is tijdens het ontwerpproces van belang om in de gaten te houden.
- Voor TO_{juli} is het gunstiger als de gevel met het grootste glasoppervlak (achtergevel) zich aan de noord, noordoost en noordwest zijde bevindt.

5.3 Thermische schil

In tabel 14 is het effect weergegeven van het verhogen van de warmteweerstand van de vloer-, gevel- en dakconstructie. De warmteweerstand is ten opzichte van het vigerende Bouwbesluit niveau stelselmatig verhoogd.



Tabel 14: Effect hogere R_c -waarden op BENG 1 & TO_{juli} tussenwoning en hoekwoning

				
	BENG 1 [kWh/m ²]	TO_{juli} [K]	BENG 1 [kWh/m ²]	TO_{juli} [K]
Referentie BENG 1 & TO_{juli} : (R_c : vloer / gevel / dak: 3,7 / 4,7 / 6,3)	55,1 kWh/m ²	1,20	63,2 kWh/m ²	2,81
R_c-waarden scheidingsconstructies	ΔBENG 1	TO_{juli}	ΔBENG 1	TO_{juli}
Bouwbesluit+ (R_c : vloer/gevel/dak: 5,0/6,0/7,0)	-1,4 kWh/m ²	1,26	-2,6 kWh/m ²	2,93
Passief (R_c : vloer/gevel/dak: 7,0/9,0/10,0)	-3,7 kWh/m ²	1,36	-5,9 kWh/m ²	3,12

Analyse

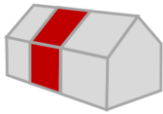

- Het verhogen van de warmteweerstand van de dichte delen levert een verbetering van BENG 1 op, tegelijkertijd wordt TO_{juli} een fractie ongunstiger. De warmte in de woning kan de woning minder goed verlaten als gevolg van de verbeterde thermische kwaliteit, waardoor dit nadelig is voor het risico op temperatuuroverschrijding.

U-waarde

In tabel 15 is het effect weergegeven van het verlagen van de warmtedoorgangscoefficiënt van de ramen; de U_w -waarde. Er is gekeken naar het effect van een lagere U -waarde door de toepassing van triple-glas. Tevens is een lagere g_{gl} (voorheen ZTA)-waarde aangehouden. Het extra glasblad zorgt er voor dat de g_{gl} -waarde daalt. Naast de verlaging van de U -waarde door triple-glas heeft een lagere g_{gl} -waarde ook effect op de koelbehoefte in BENG 1 en TO_{juli} .



Tabel 15: Effect lagere U -waarden op BENG 1 & TO_{juli} tussenwoning en hoekwoning

				
	BENG 1 [kWh/m ²]	TO_{juli} [K]	BENG 1 [kWh/m ²]	TO_{juli} [K]
Referentie BENG 1 & TO_{juli} : ($U_{raam} \leq 1,40$ W/m ² K - g_{gl} : 0,6)	55,1 kWh/m ²	1,20	63,2 kWh/m ²	2,81
U-waarden gevelopeningen	ΔBENG 1	TO_{juli}	ΔBENG 1	TO_{juli}
$U_{raam} \leq 1,00$ W/m ² K - g_{gl} : 0,5	-1,4 kWh/m ²	0,89	-2,9 kWh/m ²	2,26
$U_{raam} \leq 0,80$ W/m ² K - g_{gl} : 0,5	-2,8 kWh/m ²	0,96	-5,1 kWh/m ²	2,49

Analyse

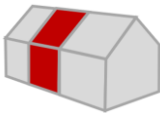

- Bij het wijzigen van de U-waarde is ook de g_{gl} -waarde van het glas verlaagd. Dit zorgt ervoor dat zowel BENG 1 als TO_{juli} in de berekende voorbeelden daalt.
- Tevens is zichtbaar als de U-waarde verder wordt verlaagd bij een gelijkblijvende g_{gl} -waarde dat een lagere U-waarde weer ongunstig is voor TO_{juli} . Dit is vergelijkbaar met het effect voor het verhogen van de warmteweerstand.

5.4 Type zonweringen / zomernachtventilatie

In tabel 16 staan de resultaten weergegeven van verschillende zonwerende voorzieningen op BENG 1 en TO_{juli} .



Tabel 16: Effect zonwerende voorzieningen op BENG 1 & TO_{juli} tussenwoning en hoekwoning

				
Referentie	BENG 1 [kWh/m ²]	TO_{juli} [K]	BENG 1 [kWh/m ²]	TO_{juli} [K]
Referentie BENG 1 & TO_{juli} : Geen zonwering; g_{gl} : 0,6	55,1 kWh/m ²	1,20	63,2 kWh/m ²	2,81
Type zonwering (op achtergevel zuid)	Δ BENG 1	TO_{juli}	Δ BENG 1	TO_{juli}
screens buiten (wit)	3,4 kWh/m ²	0,28	2,2 kWh/m ²	0,69
screens buiten (zwart, antraciet, donkerbruin)	4,2 kWh/m ²	0,20	2,7 kWh/m ²	0,68
screens buiten (overige kleuren)	3,7 kWh/m ²	0,25	2,4 kWh/m ²	0,68
jaloezieën buiten (wit)	3,7 kWh/m ²	0,25	2,4 kWh/m ²	0,68
jaloezieën buiten (zwart, antraciet, donkerbruin)	4,7 kWh/m ²	0,16	3,1 kWh/m ²	0,68
jaloezieën buiten (overige kleuren)	4,3 kWh/m ²	0,19	2,8 kWh/m ²	0,68
gemetaliseerde weefsels (binnenzonwering)	2,2 kWh/m ²	0,46	1,5 kWh/m ²	1,14
uitvalschermen	2,8 kWh/m ²	0,36	1,9 kWh/m ²	0,90
knikarmschermen	2,0 kWh/m ²	0,51	1,3 kWh/m ²	1,26
zomernachtventilatie (tweezijdig, netto oppervlak 0,5 m ²)	-0,1 kWh/m ²	1,08	-0,2 kWh/m ²	2,51
zomernachtventilatie (tweezijdig, netto oppervlak 1,0 m ²)	-0,3 kWh/m ²	0,98	-0,5 kWh/m ²	2,25
glas g_{gl} -waarde 0,4	3,4 kWh/m ²	0,44	3,4 kWh/m ²	1,10
glas g_{gl} -waarde 0,3	5,7 kWh/m ²	0,22	6,3 kWh/m ²	0,52

* zonwering op achtergevel begane grond en 1e verdieping zuid

Analyse

- De kleur van zonwering/screens: zwarte, gekleurde en witte screens is relevant. Naast esthetica bepaalt de kleur ook de zontoetreding. Een zwart screen heeft een hogere reductie van de zoninstraling dan een gekleurd of wit screen. Uitvalschermen en knikarmschermen zorgen voor een lagere reductie van zoninstraling. Zwarte jaloezieën die buiten worden toegepast zorgen voor de minste zoninstraling.
- Zonwerend glas: een lagere g_{gl} -waarde is gunstig voor TO_{juli} , maar kan een negatief effect hebben op BENG 1. Houd bij een zeer lage g_{gl} -waarde ($< 0,4$) rekening met het verminderde doorzicht, verminderde lichtdoorlatendheid en verkleuring van het glas.
- Zomernachtventilatieluiken hebben in deze twee voorbeelden een positief effect op BENG 1. Afhankelijk van het netto-oppervlak draagt deze maatregel bij aan het verlagen van TO_{juli} . Voorwaarde bij de zomernachtventilatieluiken is dat deze regenwerend, insectenwerend en inbraakwerend zijn. De g_{gl} -waarde van een dergelijk luik of glas is altijd 0, als gevolg van de inbraakwerende en insectenwerende lamellen.





Figuur 4: Links en midden zomernachtventilatieluik, rechts zonwering

5.5 Warmte accumulatie / lineaire warmteverliezen / infiltratie

In de BENG-berekeningen wordt de thermische capaciteit van een materiaal gekoppeld aan de massa van de bouwconstructie (van $< 250 \text{ kg/m}^2$ tot $> 750 \text{ kg/m}^2$). In de huidige woningbouw is vaak sprake van een zware constructie zoals beton/kalkzandsteen. Lichtere constructies met een lagere massa zijn ook in te voeren zoals houtskeletbouw of staalframebouw, dit zijn constructies met een massa van $250 \text{ á } 500 \text{ kg/m}^2$.



Tabel 17: Effect specifieke interne warmtecapaciteit op BENG 1 & TO_{juli} tussenwoning en hoekwoning

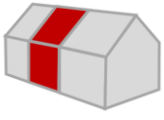
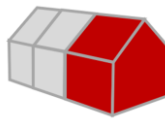
				
	BENG 1 [kWh/m ²]	TO _{juli} [K]	BENG 1 [kWh/m ²]	TO _{juli} [K]
Referentie BENG 1 & TO _{juli} : Betonnen casco (> 750 kg/m ²)	55,1 kWh/m ²	1,20	63,2 kWh/m ²	2,81
	ΔBENG 1	TO_{juli}	ΔBENG 1	TO_{juli}
Houtskeletbouw / staalframebouw of staalskeletbouw met staalbeton of niet- massieve betonnen vloeren, niet massieve betonnen vloer (250-500 kg/m ²)	5,2 kWh/m ²	1,90	6,5 kWh/m ²	3,50
Houtskeletbouw / staalskeletbouw staalframebouw, met houtskeletbouw of staalframebouw vloeren (< 250 kg/m ²)	11,8 kWh/m ²	2,52	13,6 kWh/m ²	4,13

Analyse

- Een lichtere bouwconstructie heeft een zeer grote invloed op de uitkomst van BENG 1 en TO_{juli}. De stijging van de energiebehoefte is bij volledig houtskeletbouw vele malen hoger dan de extra marge die gegeven wordt bovenop de basis BENG 1 eis van + 5 kWh/m².
- Het risico op temperatuuroverschrijding stijgt eveneens fors door de keuze voor een lichtere bouwconstructie en daarmee een beperkt warmte accumulerend vermogen.

Het nauwkeurig invoeren van de lineaire warmteverliezen heeft effect op BENG 1 en daardoor ook op TO_{juli}.

Tabel 18: Effect lineaire warmteverliezen op BENG 1 & TO_{juli} tussenwoning en hoekwoning

				
	BENG 1 [kWh/m ²]	TO _{juli} [K]	BENG 1 [kWh/m ²]	TO _{juli} [K]
Referentie BENG 1 & TO _{juli} : Lineaire warmteverliezen conform bijlage I NTA8800	55,1 kWh/m ²	1,20	63,2 kWh/m ²	2,81
	ΔBENG 1	TO_{juli}	ΔBENG 1	TO_{juli}
Lineaire warmteverliezen forfaitair	-1,7 kWh/m ²	1,24	3,2 kWh/m ²	2,64

Analyse


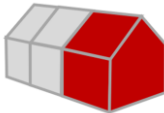
- Het uitgebreid rekenen van de lineaire warmteverliezen heeft doorgaans een positief effect op BENG 1, aangezien het warmteverlies daalt. In de tussenwoning is dit echter niet het geval. Hier zijn de warmteverliezen als gevolg van het uitgebreid rekenen met bijlage I hoger dan wanneer er forfaitair wordt gerekend. Oorzaak ligt mogelijk in de strafcorrectie voor forfaitair rekenen en een andere verhouding tussen de warmte- en koudebehoefte.
- Minder transmissieverlies zorgt doorgaans voor een stijging van TO_{juli} . Bij de tussenwoning is het warmteverlies minder als gevolg van het forfaitair rekenen en heeft dus een negatief effect op TO_{juli} .

Infiltratie

De luchtdoorlatendheid van de thermische schil is een parameter die van invloed is op de energiebehoefte van de woning. Het effect van een lagere $q_{v,10}$ -waarde van $0,3 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$ en $0,15 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$ is in tabel 19 opgenomen. De forfaitaire luchtdichtheid verschilt per woningtype en kapvorm.



Tabel 19: Effect infiltratie op BENG 1 & TO_{juli} tussenwoning en hoekwoning

				
	BENG 1 [kWh/m ²]	TO_{juli} [K]	BENG 1 [kWh/m ²]	TO_{juli} [K]
Referentie BENG 1 & TO_{juli} : $q_{v,10}$ -waarde: $0,40 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	55,1 kWh/m ²	1,20	63,2 kWh/m ²	2,81
	Δ BENG 1	TO_{juli}	Δ BENG 1	TO_{juli}
$q_{v,10}$ -waarde: $0,30 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	-1,2 kWh/m ²	1,23	-1,2 kWh/m ²	2,87
$q_{v,10}$ -waarde: $0,15 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2$	-3,0 kWh/m ²	1,29	-2,9 kWh/m ²	2,96

Analyse


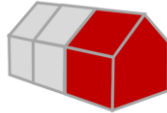
- Het verbeteren van de luchtdichtheid van de woning zorgt voor een vermindering van BENG 1 en een stijging van het risico op temperatuuroverschrijding.

5.6 Ventilatiesysteem

Het onderdeel ventilatie heeft alleen invloed op de tweede BENG-indicator. Het toe te passen ventilatiesysteem is niet van invloed op BENG 1, de energiebehoefte. In BENG 1 wordt gerekend met een (aanzienlijke) hoeveelheid op te warmen (of af te koelen) ventilatielucht. Dit is gebaseerd op ventilatiesysteem C1, natuurlijke toevoer en mechanische afvoer. In tabel 20 is het effect weergegeven van verschillende ventilatiesystemen op BENG 1 en TO_{juli} .



Tabel 20: Effect ventilatiesysteem op BENG 1 & TO_{juli} tussenwoning en hoekwoning

				
	BENG 1 [kWh/m ²]	TO _{juli} [K]	BENG 1 [kWh/m ²]	TO _{juli} [K]
Referentie BENG 1 & TO _{juli} : (C4a CO ₂ -sturing (één CO ₂ -sensor in woonkamer))	55,1 kWh/m ²	1,20	63,2 kWh/m ²	2,81
Ventilatiesysteem	ΔBENG 1	TO _{juli}	ΔBENG 1	TO _{juli}
C4c CO ₂ -sturing op alle VR	0,0 kWh/m ²	1,46	0,0 kWh/m ²	3,21
D2b2 WTW-sturing, zonder zonering of sturing, volledige bypass	0,0 kWh/m ²	1,17	0,0 kWh/m ²	2,77
D5a WTW met CO ₂ -sturing met twee of meer zones	0,0 kWh/m ²	1,73	0,0 kWh/m ²	3,60

Analyse

- Het type en/of regeling van het ventilatiesysteem is niet van invloed op BENG 1, waardoor het ventilatiesysteem uitsluitend van invloed is op BENG 2 en het risico op temperatuuroverschrijding.
- De TO_{juli} is door toepassing van ventilatiesysteem C lager ten opzichte van ventilatiesysteem D. Dit is een gevolg van de rekenmethode in de NTA 8800 waarbij gerekend wordt met een relatief lage gemiddelde buitentemperatuur in de maand juli. In combinatie met het hogere ventilatiedebiet met systeem C zorgt dit rekentechnisch voor meer afkoeling in de woning.

5.7 Aandachtspunten TO_{juli}

Er zijn verschillende mogelijkheden om TO_{juli} te verlagen, houdt daarbij rekening met:

- Zonwering vraagt om 'mediterraan' gedrag voor de bewoner. In de ochtend de zonwering naar beneden en ramen dicht.
- De kleur van zonwering/screens: zwarte, gekleurde en witte screens. Naast esthetica bepaald de kleur ook de zontoetreding. Een zwart screen heeft een hogere reductie van de zoninstraling dan een gekleurd of wit screen. Uitvalschermen en knikarmschermen zorgen voor een lagere reductie van zoninstraling. Zwarte jaloezieën die buiten worden toegepast zorgen voor de minste zoninstraling.
- Zonwerend glas: een lagere g_{gl}-waarde is gunstig voor TO_{juli}, maar kan een negatief effect hebben op BENG 1. Houd bij een zeer lage g_{gl}-waarde (< 0,4) rekening met het verminderde doorzicht, verminderde lichtdoorlatendheid en verkleuring van het glas.

- Het verkleinen van glasoppervlakken en het toepassen van overstekken verlaagt de TO_{juli} , houdt daarbij rekening met de eisen ten aanzien van daglichttoetreding.
- Houdt er rekening mee dat het toepassen van een ventilatiesysteem met natuurlijke toevoer of mechanische toevoer van invloed is op het risico op temperatuuroverschrijding. De TO_{juli} wordt door toepassing van ventilatiesysteem C lager ten opzichte van ventilatiesysteem D. Dit is een gevolg van de rekenmethode in de NTA 8800 waarbij gerekend wordt met een relatief lage gemiddelde buitentemperatuur in de maand juli. In combinatie met het hogere ventilatiedebiet met systeem C zorgt dit rekentechnisch voor meer afkoeling in de woning.

Hoofdstuk 6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Conclusie

Vanaf 1 januari 2021 geldt voor de nieuwbouw van woningen en woongebouwen eisen aan de uitkomsten van de BENG-indicatoren en het indicatiegetal TO_{juli} . Daarmee wordt inzicht gegeven in de energieprestatie van gebouwen en het risico op temperatuuroverschrijding. In dit onderzoek is de invloed van zonwerende maatregelen op de BENG-indicatoren en TO_{juli} onderzocht. Hieruit komt het volgende naar voren:

- TO_{juli} is een cruciale parameter in de BENG-berekening van woningen en woongebouwen. Realiseer dat de TO_{juli} -eis slechts helpt om de grootste excessen in discomfort te beperken en geen garantie vormt voor een comfortabel zomercomfort.
- Er zijn verschillende factoren die van invloed zijn op TO_{juli} . Naast beweegbare zonwering spelen de volgende aspecten een relevante rol: glaspercentage, oriëntatie, thermische isolatie van de dichte en transparante delen, oversteken of vaste zonwering, zontoetredingsfactor glas, zomernachtventilatie en het ventilatiesysteem.
- Zonwering kan een grote rol spelen om aan de gestelde eis aan TO_{juli} te voldoen. Het effect van beweegbare zonwering op TO_{juli} en het zomercomfort in de woning is namelijk significant.
- Een lichte bouwconstructie heeft een ongunstigere TO_{juli} als gevolg dan dezelfde woning met een zwaardere bouwconstructie.
- Realiseer dat er vrijstaande woningen, appartementen en/of woningen met een lichte bouwconstructie zijn waarbij het toepassen van uitsluitend zonwering niet voldoende is om te voldoen aan TO_{juli} .
- Screens en in de toekomst ook rolluiken hebben een grotere invloed op TO_{juli} dan jaloezieën en binnenzonwering. Rolluiken worden momenteel nog niet in de norm gewaardeerd.
- Er is in de berekening een belangrijke wisselwerking zichtbaar tussen BENG-1 (energiebehoefte) en TO_{juli} . Een maatregel die positief werkt voor TO_{juli} heeft doorgaans een negatief effect op BENG 1 en vice versa. Als gevolg hiervan is het aan te bevelen vanaf de start van het ontwerp een BENG-berekening op te stellen.
- Gezien het effect van TO_{juli} op het ontwerp en de te treffen maatregelen is een hernieuwde aandacht bij de ontwerpende partijen wenselijk als het gaat om gebouwo ontwerp en oriëntatie in relatie tot zoninstraling (zowel stedenbouwkundig als op projectniveau).
- In dit onderzoek ligt de focus op TO_{juli} . Een alternatief is het bepalen van het risico op temperatuuroverschrijding met een GTO-berekening. Het projectspecifiek opstellen van een GTO-berekening is een kans voor de zonweringsbranche om nauwkeuriger te adviseren dan met een TO_{juli} berekening, dit levert gericht advies op voor ontwikkelaars en bouwers.

6.2 Aanbevelingen

Het statisch berekenen van het risico op temperatuuroverschrijding op basis van TO_{juli} kent beperkingen. Het dynamisch rekenen geeft een nauwkeuriger beeld en kan gebruikt worden als ontwerptool om te komen tot een nauwkeuriger advies. Tevens zijn met een dynamische berekening meer parameters voor zonweringsproducten te simuleren, zoals de eigenschappen van de zonwering: absorptie-, reflectie- en doorlating. Een dynamische berekening biedt qua advisering op projectniveau kansen voor de zonweringsbranche.

Momenteel worden rolluiken nog niet gewaardeerd in de NTA 8800 om het risico op temperatuuroverschrijding te verlagen. Aanbevolen wordt om deze maatregel in de norm op te nemen, waarmee een extra maatregel ontstaat om TO_{juli} te verlagen.

Vanuit de markt is er veel behoefte aan kennis en advies over TO_{juli} , de relatie met GTO-uren en de zonwerende maatregelen om te voldoen. Aanbevolen wordt om als zonweringsbranche de consument, ontwerper en bouwer te informeren over alle wijzigingen, beperkingen en invloedsparameters rondom TO_{juli} in het ontwerptraject.

Zwolle, 25 augustus 2020

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.



ing. J. Kaspers



ing. T.G. Haytink



Bijlage 1 - Energieconcepten BENG

ENERGIECONCEPTEN RVO REFERENTIEWONINGEN BENG

Berekening conform NTA 8800:2019-06

PROJECTGEGEVENEN table with columns for project, projectnummer, opdrachtnemer, datum, NTA 8800 & BENG Romazo, 20200475, Romazo, 6 augustus 2020

LUITGANGSPUNTEN table with columns for Oriëntatie, Gebruikte gegevens, Gebruiksfunctie, Woontype, BENG-eisen, toeslag warmtecapaciteit, Verhouding Als/Ag

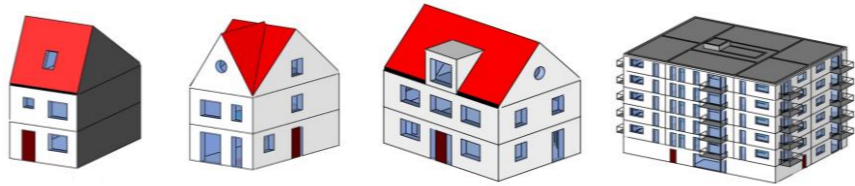


Table with columns for BENG-eisen, BENG 1: Energiebehoefte, BENG 2: Primaire fossiele energiegebruik, BENG 3: Aandeel hernieuwbaar, and Eie TO_jm

Berekeningsprogramma BENG-berekening: Uniec3 (beta versie)

BOUWKUNDIG

Table detailing building specifications: Begane grondvloer, Buitengevel, Hellend dakconstructie, Plak dakconstructie, Glasopeningen, Voordeur, Dakraam, Lineaire warmteverliescoëfficiënt, Kelder, Kruipruimtevloer, Kruipruimventilatie, Buitenzonwering, Zonnemachventilatie, Specificke interne warmtecapaciteit, Infiltratie, Verticale leidingen

1. Lucht-water warmtepomp + ventilatiesysteem C + int. warmtecap. 450 kJ/m²K | 2. Lucht-water warmtepomp + ventilatiesysteem C + int. warmtecap. 80 kJ/m²K | 3. Lucht-water warmtepomp + ventilatiesysteem D + int. warmtecap. 450 kJ/m²K

Large table comparing technical specifications for three energy concepts: 1. Lucht-water warmtepomp + ventilatiesysteem C + int. warmtecap. 450 kJ/m²K, 2. Lucht-water warmtepomp + ventilatiesysteem C + int. warmtecap. 80 kJ/m²K, 3. Lucht-water warmtepomp + ventilatiesysteem D + int. warmtecap. 450 kJ/m²K

BENG-RESULTATEN

Table with columns for Oriëntatie, voorgevel noord, tussenzonwoning (woning S tussenzonwoning), hoekwoning (woning M hoek), vrijstaande woning (woning L vrije), Woongebouw M (33 wooneenheden)

Table showing results for BENG 1 - eis, BENG 2 (woningen ≤ 30 kWh/m² / woongebouw ≤ 50 kWh/m²), BENG 3 (woningen ≥ 50% / woongebouw ≥ 40%), TOjuli max (t 1.2), Aantal PV-panelen benodigd voor BENG-eisen

Table with columns for Oriëntatie, voorgevel oost, tussenzonwoning (woning S tussenzonwoning), hoekwoning (woning M hoek), vrijstaande woning (woning L vrije), Woongebouw M (33 wooneenheden)

Table showing results for BENG 1 - eis, BENG 2 (woningen ≤ 30 kWh/m² / woongebouw ≤ 50 kWh/m²), BENG 3 (woningen ≥ 50% / woongebouw ≥ 40%), TOjuli max (t 1.2), Aantal PV-panelen benodigd voor BENG-eisen

Table with columns for Oriëntatie, voorgevel zuid, tussenzonwoning (woning S tussenzonwoning), hoekwoning (woning M hoek), vrijstaande woning (woning L vrije), Woongebouw M (33 wooneenheden)

Table showing results for BENG 1 - eis, BENG 2 (woningen ≤ 30 kWh/m² / woongebouw ≤ 50 kWh/m²), BENG 3 (woningen ≥ 50% / woongebouw ≥ 40%), TOjuli max (t 1.2), Aantal PV-panelen benodigd voor BENG-eisen

Table with columns for Oriëntatie, voorgevel west, tussenzonwoning (woning S tussenzonwoning), hoekwoning (woning M hoek), vrijstaande woning (woning L vrije), Woongebouw M (33 wooneenheden)

Table showing results for BENG 1 - eis, BENG 2 (woningen ≤ 30 kWh/m² / woongebouw ≤ 50 kWh/m²), BENG 3 (woningen ≥ 50% / woongebouw ≥ 40%), TOjuli max (t 1.2), Aantal PV-panelen benodigd voor BENG-eisen

RESULTATEN TO_jm APPARTEMENTEN

Table with columns for Hoekappartement - bovensla bouwlaag, Tussensappartement - bovensla bouwlaag, TOjuli (t 1.2) Oostgevel, Tussensappartement - bovensla bouwlaag, TOjuli (t 1.2) Oostgevel



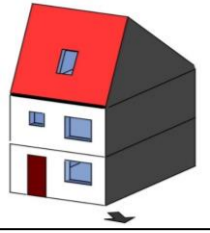
Bijlage 2 - Gevoeligheidsanalyse

GEVOELIGHEIDSANALYSE - RVO TUSSENWONING BENG

Berekening conform NTA 8800:2019-06

PROJECTGEGEVENS

project	NTA 8800 & BENG Romazo
projectnummer	20200475
opdrachtgever	Romazo
datum	1 juli 2020



Energieconcept	Basisconcept: lucht-water warmtepomp + ventilatiesysteem C + interne warmtecapaciteit 450 kg/m ² K
Oriëntatie	tussenwoning: voorgevel noord
Bouwkundig	Rc: 3,7 / 4,7 / 6,3 m ² K/W + Uw: 1,40 W/m ² K + q ₁₀ : 0,40 dm ³ /s.m ²
Installatietechnisch	lucht/water warmtepomp + natuurlijke toevoer en mechanische afvoer met CO ₂ -detectie in woonkamer

TUSSENWONING

BENG-indicator	BENG 1		BENG 2		BENG 3		TO _{geb}	
	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{geb}	ΔTO _{geb}
Uitkomst basisconcept	55,1 kWh/m ²		26,6 kWh/m ²		71,7 %		1,20	

Onderstaand wordt het effect per BENG-indicator ten opzichte van het basisconcept (energieconcept 1) weergegeven

GEBOUWONTWERP

Glaspercentage (huidige glaspercentage 25%)	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{geb}	ΔTO _{geb}
Glaspercentage 30%	55,8 kWh/m ²	0,6 kWh/m ²	26,5 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²	71,7 %	0,0 %	1,58	0,38
Glaspercentage 35%	56,5 kWh/m ²	1,4 kWh/m ²	26,4 kWh/m ²	-0,2 kWh/m ²	71,7 %	0,0 %	2,05	0,85
Glaspercentage 40%	57,6 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	26,3 kWh/m ²	-0,3 kWh/m ²	71,7 %	0,0 %	2,59	1,39
Glaspercentage 50%	60,8 kWh/m ²	5,7 kWh/m ²	26,1 kWh/m ²	-0,5 kWh/m ²	71,7 %	0,0 %	3,60	2,40

ORIENTATIE VOORGEVEL

Oriëntatie (voorgevel: noord)	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{geb}	ΔTO _{geb}
Noordwest	56,7 kWh/m ²	1,6 kWh/m ²	28,2 kWh/m ²	1,6 kWh/m ²	70,5 %	-1,2 %	1,28	0,08
West	58,9 kWh/m ²	3,8 kWh/m ²	31,4 kWh/m ²	4,8 kWh/m ²	67,8 %	-3,9 %	1,05	-0,15
Zuidwest	58,3 kWh/m ²	3,1 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²	2,3 kWh/m ²	70,5 %	-1,2 %	0,70	-0,50
Zuid	57,4 kWh/m ²	2,3 kWh/m ²	27,7 kWh/m ²	1,1 kWh/m ²	71,6 %	-0,1 %	0,61	-0,59
Zuidoost	58,6 kWh/m ²	3,5 kWh/m ²	29,1 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	70,4 %	-1,3 %	0,68	-0,52
Oost	59,2 kWh/m ²	4,1 kWh/m ²	31,5 kWh/m ²	4,9 kWh/m ²	67,8 %	-3,9 %	1,26	0,06
Noordoost	57,1 kWh/m ²	2,0 kWh/m ²	28,2 kWh/m ²	1,6 kWh/m ²	70,5 %	-1,2 %	1,40	0,20

BOUWKUNDIG

Rc-waarde scheidingconstructies (Rc: vloer / gevel / dak: 3,7 / 4,7 / 6,3)	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{geb}	ΔTO _{geb}
Bouwbesluit+ (Rc: vloer/gevel/dak: 5,0/6,0/7,0)	53,7 kWh/m ²	-1,4 kWh/m ²	26,0 kWh/m ²	-0,6 kWh/m ²	71,7 %	0,0 %	1,26	0,06
Passief (Rc: vloer/gevel/dak: 7,0/9,0/10,0)	51,4 kWh/m ²	-3,7 kWh/m ²	25,1 kWh/m ²	-1,6 kWh/m ²	71,8 %	0,1 %	1,36	0,16

U-waarde gevelopeningen

(U _{aan} ≤ 1,40 W/m ² K - ZTA: 0,6)	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{geb}	ΔTO _{geb}
U _{aan} ≤ 1,00 W/m ² K - ZTA: 0,5	53,7 kWh/m ²	-1,4 kWh/m ²	26,3 kWh/m ²	-0,3 kWh/m ²	71,7 %	0,0 %	0,89	-0,31
U _{aan} ≤ 0,80 W/m ² K - ZTA: 0,5	52,3 kWh/m ²	-2,8 kWh/m ²	25,7 kWh/m ²	-0,9 kWh/m ²	71,8 %	0,1 %	0,96	-0,24

Zonwering / zomernachtventilatie / ZTA-waarde

(geen zonwering / ZTA: 0,6)	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{geb}	ΔTO _{geb}
screens buiten (wit)	58,5 kWh/m ²	3,4 kWh/m ²	28,4 kWh/m ²	1,8 kWh/m ²	71,5 %	-0,2 %	0,28	-0,92
screens buiten (zwart, antraciet, donkerbruin)	59,3 kWh/m ²	4,2 kWh/m ²	28,8 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	71,5 %	-0,2 %	0,20	-1,00
screens buiten (overige kleuren)	58,9 kWh/m ²	3,7 kWh/m ²	28,6 kWh/m ²	2,0 kWh/m ²	71,4 %	-0,3 %	0,25	-0,95
jalozeien buiten (wit)	58,9 kWh/m ²	3,7 kWh/m ²	28,6 kWh/m ²	2,0 kWh/m ²	71,5 %	-0,2 %	0,25	-0,95
jalozeien buiten (zwart, antraciet, donkerbruin)	59,9 kWh/m ²	4,7 kWh/m ²	29,0 kWh/m ²	2,4 kWh/m ²	71,5 %	-0,2 %	0,16	-1,04
jalozeien buiten (overige kleuren)	59,5 kWh/m ²	4,3 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²	2,3 kWh/m ²	71,5 %	-0,2 %	0,19	-1,01
gemetalseerde weefsels (binnenzonwering)	57,3 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	27,9 kWh/m ²	1,3 kWh/m ²	71,6 %	-0,1 %	0,46	-0,74
uitschermen	57,9 kWh/m ²	2,8 kWh/m ²	28,2 kWh/m ²	1,6 kWh/m ²	71,5 %	-0,2 %	0,36	-0,84
knikarmschermen	57,1 kWh/m ²	2,0 kWh/m ²	27,8 kWh/m ²	1,2 kWh/m ²	71,6 %	-0,1 %	0,51	-0,69
zomernachtventilatie (handmatig, dwarsventilatie netto doorlaat 0,25 m ² voor- en achtergevel)	55,0 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²	26,6 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	71,7 %	0,0 %	1,08	-0,12
zomernachtventilatie (handmatig, dwarsventilatie netto doorlaat 0,50 m ² voor- en achtergevel)	54,8 kWh/m ²	-0,3 kWh/m ²	26,6 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	71,7 %	0,0 %	0,98	-0,22
glas met ZTA-waarde 0,4	58,5 kWh/m ²	3,4 kWh/m ²	28,4 kWh/m ²	1,8 kWh/m ²	71,5 %	-0,2 %	0,44	-0,76
glas met ZTA-waarde 0,3	60,9 kWh/m ²	5,7 kWh/m ²	29,4 kWh/m ²	2,8 kWh/m ²	71,4 %	-0,3 %	0,22	-0,98

Warme accumulatie

(betonnen casco >750 kg/m ² ofwel 450 kJ/m ² K)	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{geb}	ΔTO _{geb}
Houtskeletbouw, niet massieve betonnen vloer (250-500 kg/m ²)	60,4 kWh/m ²	5,2 kWh/m ²	27,2 kWh/m ²	0,5 kWh/m ²	71,6 %	-0,1 %	1,90	0,70
Houtskeletbouw, met hsb of sfb vloeren (<250 kg/m ²)	66,9 kWh/m ²	11,8 kWh/m ²	28,2 kWh/m ²	1,6 kWh/m ²	71,5 %	-0,2 %	2,52	1,32

Lineaire warmteverliezen

(conform bijlage I NTA 8800)	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{geb}	ΔTO _{geb}
forfaitair:	53,4 kWh/m ²	-1,7 kWh/m ²	25,9 kWh/m ²	-0,7 kWh/m ²	71,7 %	0,0 %	1,24	0,04

Infiltratie

(q _{v10} -waarde: 0,40 dm ³ /s.m ²)	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{geb}	ΔTO _{geb}
Infiltratie (q _{v10} -waarde: 0,30 dm ³ /s.m ²):	53,9 kWh/m ²	-1,2 kWh/m ²	26,1 kWh/m ²	-0,5 kWh/m ²	71,7 %	0,0 %	1,23	0,03
Infiltratie (q _{v10} -waarde: 0,15 dm ³ /s.m ²):	52,1 kWh/m ²	-3,0 kWh/m ²	25,4 kWh/m ²	-1,2 kWh/m ²	71,8 %	0,1 %	1,29	0,09

INSTALLATIE - W

Ventilatiesysteem (C4a CO ₂ -sturing (één CO ₂ -sensor in woonkamer))	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{geb}	ΔTO _{geb}
C4c CO ₂ -sturing op alle VR	55,1 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	23,6 kWh/m ²	-3,0 kWh/m ²	72,4 %	0,7 %	1,46	0,26
D2b2 WTW-sturing, zonder zonering of sturing, volledige bypass	55,1 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	24,8 kWh/m ²	-1,8 kWh/m ²	68,8 %	-2,9 %	1,17	-0,03
D5a WTW met CO ₂ -sturing met twee of meer zones, volledige bypass	55,1 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	20,1 kWh/m ²	-6,5 kWh/m ²	71,6 %	-0,1 %	1,73	0,53

PROJECTGEGEVENS

project	NTA 8800 & BENG Romazo
projectnummer	20200475
opdrachtgever	Romazo
datum	8 juli 2020



Energieconcept	Basisconcept: lucht-water warmtepomp + ventilatiesysteem C + interne warmtecapaciteit 450 kg/m ³ K
Oriëntatie	hoekwoning: voorgevel noord
Bouwkundig	Rc: 3,7 / 4,7 / 6,3 m ² K/W + Uw: 1,40 W/m ² K + q ₁₀ : 0,40 dm ³ /s.m ²
Installatietechnisch	lucht/water warmtepomp + natuurlijke toevoer en mechanische afvoer met CO ₂ -detectie in woonkamer

TUSSENWONING

BENG-indicator	BENG 1		BENG 2		BENG 3		TO _{gbl}	
	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{gbl}	ΔTO _{gbl}
Uitkomst basisconcept	63,2 kWh/m ²		27,1 kWh/m ²		72,7 %		2,81	

Onderstaand wordt het effect per BENG-indicator ten opzichte van het basisconcept (energieconcept 1) weergegeven

GEBOUWONTWERP

Glaspercentage	BENG 1		BENG 2		BENG 3		TO _{gbl}	
(huidige glaspercentage voor en achter 33%)	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{gbl}	ΔTO _{gbl}
Glaspercentage 35%	63,9 kWh/m ²	0,7 kWh/m ²	27,2 kWh/m ²	0,1 kWh/m ²	72,7 %	0,0 %	3,04	0,23
Glaspercentage 40%	65,4 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	27,2 kWh/m ²	0,1 kWh/m ²	72,7 %	0,0 %	3,67	0,86
Glaspercentage 45%	67,2 kWh/m ²	4,0 kWh/m ²	27,2 kWh/m ²	0,1 kWh/m ²	72,7 %	0,0 %	4,28	1,47
Glaspercentage 50%	69,3 kWh/m ²	6,1 kWh/m ²	27,2 kWh/m ²	0,1 kWh/m ²	72,7 %	0,0 %	4,88	2,07

ORIENTATIE VOORGEVEL

Oriëntatie	BENG 1		BENG 2		BENG 3		TO _{gbl}	
(voorgevel: noord)	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{gbl}	ΔTO _{gbl}
Noordwest	63,6 kWh/m ²	0,4 kWh/m ²	26,9 kWh/m ²	-0,3 kWh/m ²	72,7 %	0,0 %	2,99	0,18
West	64,1 kWh/m ²	0,9 kWh/m ²	26,9 kWh/m ²	-0,2 kWh/m ²	72,7 %	0,0 %	2,60	-0,21
Zuidwest	63,4 kWh/m ²	0,1 kWh/m ²	26,9 kWh/m ²	-0,2 kWh/m ²	72,7 %	0,0 %	2,83	0,02
Zuid	62,8 kWh/m ²	-0,4 kWh/m ²	27,7 kWh/m ²	0,6 kWh/m ²	72,7 %	0,0 %	2,46	-0,35
Zuidoost	65,3 kWh/m ²	2,1 kWh/m ²	28,1 kWh/m ²	0,9 kWh/m ²	72,6 %	-0,1 %	2,63	-0,18
Oost	66,7 kWh/m ²	3,5 kWh/m ²	28,5 kWh/m ²	1,4 kWh/m ²	72,5 %	-0,2 %	2,95	0,14
Noordoost	65,4 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	27,9 kWh/m ²	0,8 kWh/m ²	72,6 %	-0,1 %	3,22	0,41

BOUWKUNDIG

Rc-waarde scheidingsconstructies	BENG 1		BENG 2		BENG 3		TO _{gbl}	
(Rc: vloer / gevel / dak: 3,7 / 4,7 / 6,3)	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{gbl}	ΔTO _{gbl}
Bouwbesluit+ (Rc: vloer/gevel/dak: 5,0/6,0/7,0)	60,6 kWh/m ²	-2,6 kWh/m ²	26,0 kWh/m ²	-1,1 kWh/m ²	72,8 %	0,1 %	2,93	0,12
Passief (Rc: vloer/gevel/dak: 7,0/9,0/10,0)	57,4 kWh/m ²	-5,9 kWh/m ²	24,7 kWh/m ²	-2,4 kWh/m ²	73,0 %	0,3 %	3,12	0,31

U-waarde gevelopeningen

(U _{ramm} ≤ 1,40 W/m ² K - ZTA: 0,6)	BENG 1		BENG 2		BENG 3		TO _{gbl}	
	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{gbl}	ΔTO _{gbl}
U _{ramm} ≤ 1,00 W/m ² K - ZTA: 0,5	60,3 kWh/m ²	-2,9 kWh/m ²	26,4 kWh/m ²	-0,7 kWh/m ²	72,8 %	0,1 %	2,26	-0,55
U _{ramm} ≤ 0,80 W/m ² K - ZTA: 0,5	52,1 kWh/m ²	-11,2 kWh/m ²	23,0 kWh/m ²	-4,1 kWh/m ²	73,2 %	0,5 %	2,82	0,01

Zonwering / zomernachtventilatie / ZTA-waarde

(geen zonwering / ZTA: 0,6)	BENG 1		BENG 2		BENG 3		TO _{gbl}	
	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{gbl}	ΔTO _{gbl}
screens buiten (wit)	65,4 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	28,8 kWh/m ²	1,7 kWh/m ²	72,5 %	-0,2 %	0,69	-2,12
screens buiten (zwart, antraciet, donkerbruin)	65,9 kWh/m ²	2,7 kWh/m ²	29,1 kWh/m ²	2,0 kWh/m ²	72,4 %	-0,3 %	0,68	-2,13
screens buiten (overige kleuren)	65,6 kWh/m ²	2,4 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²	1,8 kWh/m ²	72,5 %	-0,2 %	0,68	-2,13
jalozeieën buiten (wit)	65,6 kWh/m ²	2,4 kWh/m ²	28,9 kWh/m ²	1,8 kWh/m ²	72,5 %	-0,2 %	0,68	-2,13
jalozeieën buiten (zwart, antraciet, donkerbruin)	66,3 kWh/m ²	3,1 kWh/m ²	29,3 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	72,4 %	-0,3 %	0,68	-2,13
jalozeieën buiten (overige kleuren)	66,0 kWh/m ²	2,8 kWh/m ²	29,1 kWh/m ²	2,0 kWh/m ²	72,4 %	-0,3 %	0,68	-2,13
gemetalseerde weefsels (binnenzonwering)	64,7 kWh/m ²	1,5 kWh/m ²	28,3 kWh/m ²	1,2 kWh/m ²	72,5 %	-0,2 %	1,14	-1,67
uitschermen	65,1 kWh/m ²	1,9 kWh/m ²	28,5 kWh/m ²	1,4 kWh/m ²	72,5 %	-0,2 %	0,90	-1,91
knikarmschermen	64,5 kWh/m ²	1,3 kWh/m ²	28,2 kWh/m ²	1,1 kWh/m ²	72,6 %	-0,1 %	1,26	-1,55
zomernachtventilatie (handmatig, dwarsventilatie netto doorlaat 0,25 m ² voor- en achtergevel)	63,0 kWh/m ²	-0,2 kWh/m ²	27,1 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	72,7 %	0,0 %	2,51	-0,30
zomernachtventilatie (handmatig, dwarsventilatie netto doorlaat 0,50 m ² voor- en achtergevel)	62,8 kWh/m ²	-0,5 kWh/m ²	27,1 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	72,7 %	0,0 %	2,25	-0,56
glas met ZTA-waarde 0,4	66,6 kWh/m ²	3,4 kWh/m ²	29,4 kWh/m ²	2,3 kWh/m ²	72,4 %	-0,3 %	1,10	-1,71
glas met ZTA-waarde 0,3	69,6 kWh/m ²	6,3 kWh/m ²	30,8 kWh/m ²	3,7 kWh/m ²	72,3 %	-0,4 %	0,52	-2,29

* zonwering op achtergevel begane grond en 1e verdieping zuid

Warme accumulatie

(betonnen casco >750 kg/m ³ ofwel 450 kJ/m ² K)	BENG 1		BENG 2		BENG 3		TO _{gbl}	
	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{gbl}	ΔTO _{gbl}
Houtskeletbouw, niet massieve betonnen vloer (250-500 kg/m ²)	69,7 kWh/m ²	6,5 kWh/m ²	27,8 kWh/m ²	0,7 kWh/m ²	72,6 %	-0,1 %	3,50	0,69
Houtskeletbouw, met hsb of stb vloeren (<250 kg/m ²)	76,8 kWh/m ²	13,6 kWh/m ²	29,0 kWh/m ²	1,9 kWh/m ²	72,5 %	-0,2 %	4,13	1,32

Lineaire warmteverliezen

(conform bijlage I NTA 8800)	BENG 1		BENG 2		BENG 3		TO _{gbl}	
	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{gbl}	ΔTO _{gbl}
forfaitair,	66,4 kWh/m ²	3,2 kWh/m ²	28,5 kWh/m ²	1,4 kWh/m ²	72,5 %	-0,2 %	2,64	-0,17

Infiltratie

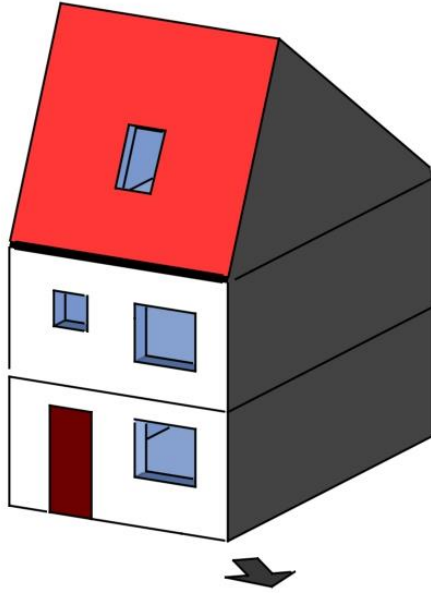
(q _{v10} -waarde: 0,40 dm ³ /s.m ²)	BENG 1		BENG 2		BENG 3		TO _{gbl}	
	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{gbl}	ΔTO _{gbl}
Infiltratie (q _{v10} -waarde: 0,30 dm ³ /s.m ²);	62,1 kWh/m ²	-1,2 kWh/m ²	26,6 kWh/m ²	-0,5 kWh/m ²	72,7 %	0,0 %	2,87	0,06
Infiltratie (q _{v10} -waarde: 0,15 dm ³ /s.m ²)	60,3 kWh/m ²	-2,9 kWh/m ²	25,9 kWh/m ²	-1,2 kWh/m ²	72,8 %	0,1 %	2,96	0,15

INSTALLATIE - W
Ventilatiesysteem

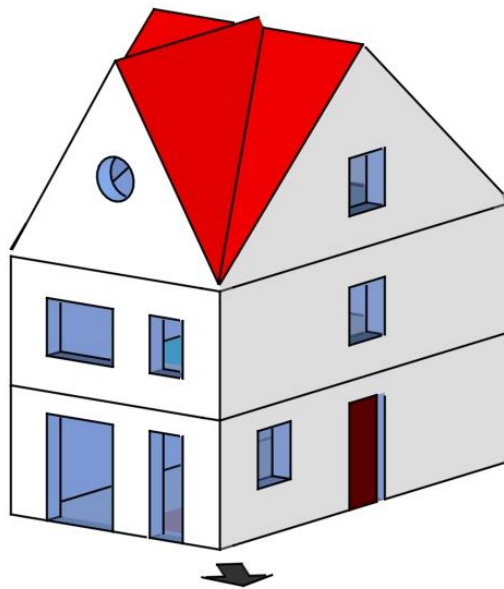
(C4a CO ₂ -sturing (één CO ₂ -sensor in woonkamer)	BENG 1		BENG 2		BENG 3		TO _{gbl}	
	Energiebehoefte	ΔEnergiebehoefte	Primaire energie	ΔPrimaire energie	Hernieuwbare energie	ΔHernieuwbare energie	TO _{gbl}	ΔTO _{gbl}
C4c CO ₂ -sturing op alle VR	63,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	24,2 kWh/m ²	-2,9 kWh/m ²	73,4 %	0,7 %	3,21	0,40
D2b2 WTW-sturing, zonder zonering of sturing, volledige bypass	63,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	24,8 kWh/m ²	-2,3 kWh/m ²	70,1 %	-2,6 %	2,77	-0,04
D5a WTW met CO ₂ -sturing met twee of meer zones, volledige bypass	63,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	20,5 kWh/m ²	-6,6 kWh/m ²	72,9 %	0,2 %	3,60	0,79



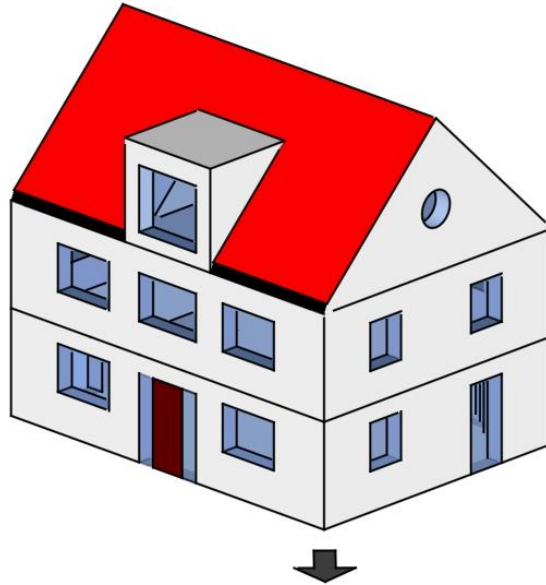
Bijlage 3 - Referentiewoningen



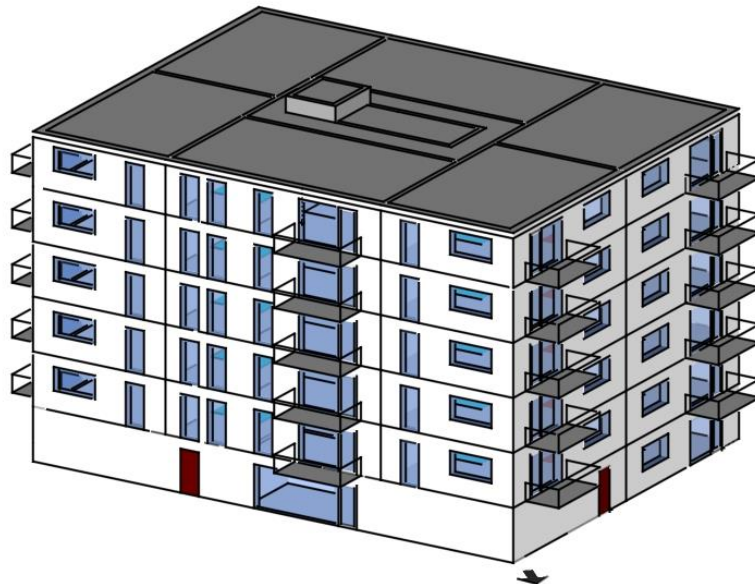
Tussenwoning



Hoekwoning



Vrijstaande woning



Woongebouw



OVER NIEMAN

NIEMAN is al sinds 1988 de partner in de bouwbranche. Wij geven bouwtechnisch advies tijdens het bouwproces: van ontwerp tot bouw en van bestaande bouw, verbouw en transformaties tot nieuwbouw. Onze klanten zijn: bouwbedrijven, woningcorporaties, projectontwikkelaars, architecten en overheden.

Wij hechten veel waarde aan kwaliteit in de bouw en aan een goede samenwerking. Goed partnership vergt investeringen van beide partijen. Investeren in partnership staat hoog in het vaandel, daarom bouwen wij aan langdurige relaties met onze klanten. Wij zien uw klanten als onze klanten en dragen graag bij aan het gewenste en optimale resultaat van uw bouwprojecten.

Nieman Raadgevende
Ingenieurs B.V.

info@nieman.nl
www.nieman.nl

Vestiging Utrecht

Atoomweg 400
3542 AB Utrecht
Postbus 40217
3504 AA Utrecht
030 241 34 27

Vestiging Zwolle

Dr. van Lookeren Campagneweg 16
8025 BX Zwolle
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
038 467 00 30

Algemene gegevens

KVK 30086383
BTW NL0089 69 541 B01
IBAN NL94 INGB 0004 2577 92

