



LenteAkkoord  
Zeer Energiezuinige Nieuwbouw

# Woningbouw volgens BENG

Regelgeving en aandachtspunten  
voor (bijna) energieneutraal bouwen

November 2019



## Inhoud

### **3 Maak nieuwe woningen energieneutraal**

### **4 De drie BENG-indicatoren**

### **8 Woningbouw volgens BENG 1**

13 Hoe zorg je voor een lage BENG 1?

### **14 BENG en TOjuli**

16 Hoe zorg je voor een lage TOjuli?

### **18 Woningbouw volgens BENG 2**

20 Hoe zorg je voor een lage BENG 2?

### **22 Woningbouw volgens BENG 3**

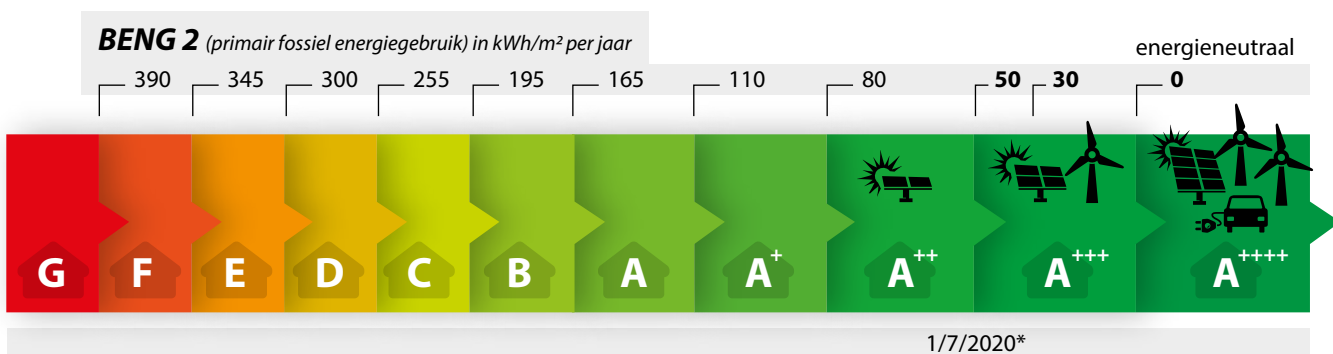
24 Hoe zorg je voor een hoge BENG 3?

### **31 Verder lezen**

### **31 Colofon**

Woningen waarvoor op of na 1 juli 2020 een omgevingsvergunning wordt afgegeven, moeten voldoen aan de eisen voor bijna energieneutrale gebouwen (BENG). Hoe zit de regelgeving in elkaar en wat kunnen bouwpartijen doen om eraan te voldoen? In deze publicatie wordt BENG toegelicht voor de nieuwbouw van appartementen en grondgebonden woningen.

# Maak nieuwe woningen energieneutraal



\* Per 1/7/2020:  
BENG 2 woongebouwen  $\leq 50$  kWh/m<sup>2</sup>  
BENG 2 grondgebonden woningen  $\leq 30$  kWh/m<sup>2</sup> } = wettelijke eis bij bouwaanvraag  
nieuwbouwwooning

Gebouwgebonden  
bijna energieneutraal  
(eis van EU)

Nul-op-de-meter  
Energieleverende  
woningen

## Energieneutraal en aardgasvrij

In 2050 moet Nederland CO<sub>2</sub>-neutraal zijn. Dat is één van de doelstellingen van de Klimaatwet. Bovendien gaat Nederland van het aardgas af. In 2018 is de Wet Voortgang Energietransitie vastgesteld waarin staat dat nieuwe woningen geen gasaansluiting meer krijgen. De bouwsector staat daarmee voor de uitdaging om comfortabele en gezonde woningen te realiseren die aardgasvrij én bijna energieneutraal zijn.

## Van EPC naar BENG

BENG is een nieuw stelsel om de energieprestatie van gebouwen uit te drukken. Het komt op 1 juli 2020 in de plaats van de EPC. Dat was sinds 1996 de wettelijke indicator voor de energieprestatie van nieuwbouwwoningen. Met de EPC als knop om aan te draaien zijn de energie-eisen in de afgelopen jaren aangescherpt. Voor (bijna) energieneutrale gebouwen is deze indicator minder geschikt. Bovendien is de EPC moeilijk te vergelijken met Europese normen. Om die redenen is besloten over te stappen op BENG.

## Deze publicatie

De invoering van BENG heeft verstrekkende gevolgen voor de hele keten. Het is daarom belangrijk dat bouwpartijen tijdig beginnen met de voorbereiding van projecten. In

deze publicatie lichten we het BENG-stelsel toe. We laten zien hoe BENG doorwerkt bij de nieuwbouw van woongebouwen en van grondgebonden woningen. We beschrijven maatregelen en belangrijke aandachtspunten.

## Rekenvoorbeelden

Door eraan te rekenen krijg je gevoel bij de consequenties van BENG. Voor dat doel zijn twaalf praktijkprojecten doorgerekend, variërend van rijwoningen tot hoogbouw. In deze publicatie vatten we de resultaten samen. Van ieder woningontwerp is eerst een fictief basisconcept geschetst, dat net voldoet aan de huidige EPC-eis van 0,4. Van dat concept zijn de BENG-indicatoren berekend. Te zien is, dat veruit de meeste gebouwen met een EPC van 0,4 niet aan BENG voldoen. Daarna is een verbeterd energieconcept ontworpen dat wel aan alle eisen voldoet. Verbeteringen ten opzichte van het basisconcept zijn geel gearceerd; versoberingen zijn oranje.

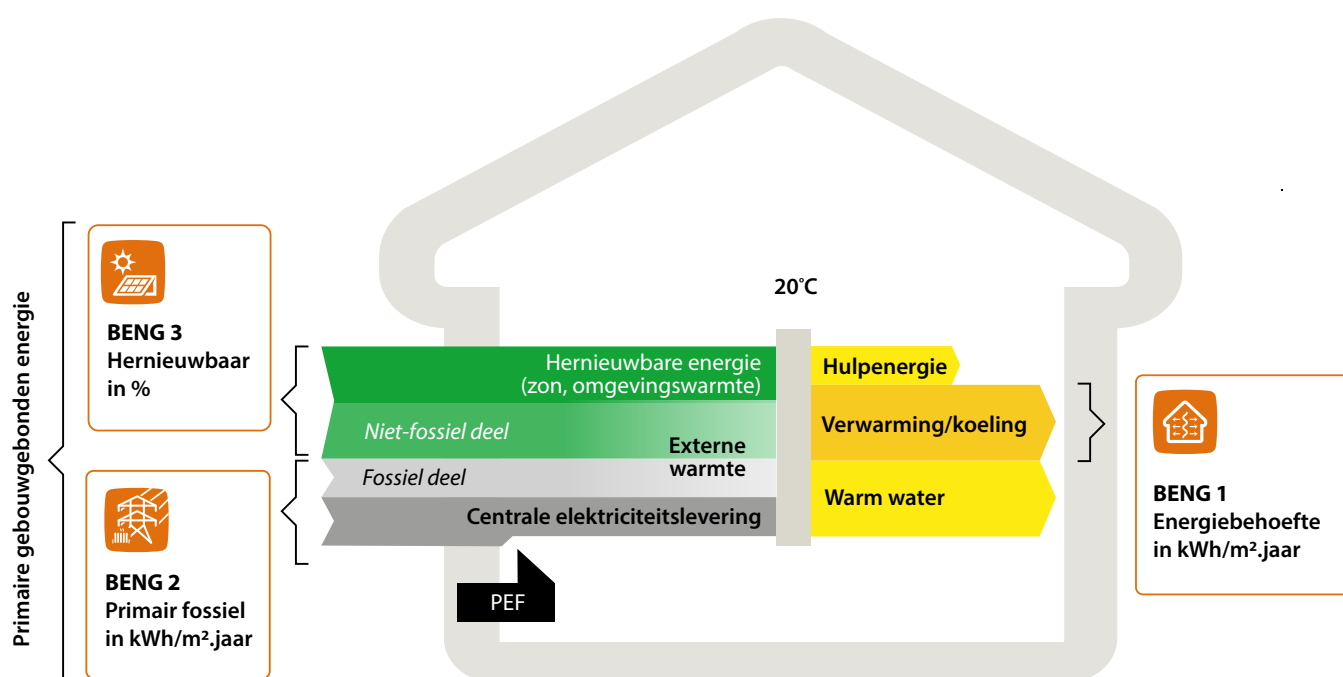
Let wel: de geschetste concepten laten niet zien hoe de woningen uiteindelijk zijn of worden gerealiseerd. De voorbeelden zijn slechts bedoeld als oefening om inzicht te krijgen in de consequenties van BENG.

De rekenvoorbeelden staan uitgebreider beschreven in *Consequenties definitieve BENG-eisen en TOjuli*, Nieman RI i.o.v. Lente-akkoord, 24 oktober 2019.

# De drie BENG-indicatoren

BENG is geïnspireerd op de Trias Energetica: eerst de energievraag beperken, dan hernieuwbare energie gebruiken en als laatste fossiele energie zo efficiënt mogelijk inzetten. Op grond daarvan zijn drie BENG-indicatoren gedefinieerd.

## Woningbouw volgens BENG 1, 2 en 3



*BENG heeft alleen betrekking op gebouwgebonden energie. In woningen gaat het om verwarmen en koelen, tapwaterverwarming en hulpenergie voor installaties zoals pompen en ventilatoren. Huishoudelijk energiegebruik en verlichting blijven in BENG buiten beschouwing.*

*BENG 1 geeft aan hoeveel energie een woning nodig heeft voor verwarmen en koelen. BENG 2 en 3 laten zien waar energie vandaan komt. Daarbij gaat het in BENG 2 om de hoeveelheid fossiele energie en in BENG 3 om het percentage hernieuwbare energie.*




*Als eenheid van energie wordt kWh gebruikt. Ook energie in de vorm van fossiele brandstof wordt in kWh uitgedrukt. Het gaat dus niet om het aantal kWh op de meter in huis. De hoeveelheid elektriciteit die via het net wordt geleverd, wordt vermenigvuldigd met de primaire energiefactor (PEF) van 1,45.*

### Ontwikkeling van BENG

De definitie van BENG is in Europa globaal vastgesteld in de EPBD Recast (Energy Performance of Buildings Directive). De eisen die in Nederland gaan gelden, zijn op 11 juni 2019 door de minister van BZK bekendgemaakt in een brief aan de Tweede Kamer. Nieuwe woningen waarvoor op of na 1 juli 2020 een omgevingsvergunning wordt aangevraagd, moeten aan die eisen voldoen.

### BENG en TOjuli

Behalve aan de BENG-eisen moeten nieuwe woningen ook voldoen aan de basiseisen die in de bouwregelgeving staan, bijvoorbeeld op het gebied van isolatie, luchtverversing en daglicht. Op 1 juli 2020 wordt daar een nieuwe basiseis aan toegevoegd: de eis aan de beperking van de kans op temperatuuroverschrijding (TOjuli). Deze TOjuli-eis wordt tegelijk met BENG van kracht.

	<i>Indicator</i>	<i>Wat houdt deze in?</i>	<i>Eis grondgebonden woningen</i>	<i>Eis woongebouwen</i>
<b>BENG 1</b> 	Energie-behoefte	Behoefte aan energie voor verwarming en koeling.	$\leq 55 \text{ kWh/m}^2\text{.jr}$  De grenswaarde is hoger bij woningen met een ongunstige geometrie en/of een lichte bouwconstructie (zie verder pagina 9).	$\leq 65 \text{ kWh/m}^2\text{.jr}$
<b>BENG 2</b> 	Primair fossiel energie-gebruik	De hoeveelheid fossiele brandstof die wordt gebruikt voor verwarming, koeling, warm tapwater en installaties.	$\leq 30 \text{ kWh/m}^2\text{.jr}$	$\leq 50 \text{ kWh/m}^2\text{.jr}$
<b>BENG 3</b> 	Aandeel hernieuwbare energie	De hoeveelheid hernieuwbare energie als deel van het totaal primaire energiegebruik.	$\geq 50\%$	$\geq 40\%$

# Tussenwoning Trebbe

## Trebbe Wonen

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een rij-tussenwoning. De  $A_{15}/A_g$ -ratio van deze woning is 1,39. Voor deze woning is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5; gevel 5,22; dak 6,09 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / U-glas 1,35 / geen zonwering / buitenluchtwarmtepomp / douche-wtw / mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer / geen PV.

Dit concept voldoet niet aan alle eisen:

🟡 BENG 1 ( $\leq 55$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	47,7 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🔴 BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	34,7 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	55%
🟢 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,63

Ter vergelijking is voor deze woning ook een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5; gevel 5,22; dak 6,09 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / U-glas 1,35 / geen zonwering / buitenluchtwarmtepomp / douche-wtw (met aansluiting op douchemengkraan en warmtepomp) / mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer met extra CO<sub>2</sub>-sensoren / geen PV.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen en aan de TO-juli-eis:

🟢 BENG 1 ( $\leq 55$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	47,7 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	29,7 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	54%
🟢 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,63

Het heeft de voorkeur de thermische schil niet op de minimale eisen uit het Bouwbesluit uit te leggen. Enkele andere aanpassingen van het basisconcept zijn voldoende. PV is in dit concept niet nodig om aan de eisen te voldoen.

*Van het Trebbe-woning-concept zijn onder andere 44 sociale huurwoningen gebouwd in Veenendaal Eiland.*



## NTA 8800 en Uniec 3

De berekening van BENG en TOjuli vindt plaats met de bepalingsmethode NTA 8800. Deze is kosteloos beschikbaar via NEN.nl. De berekening wordt gemaakt met het rekenprogramma Uniec 3. Eind 2019 zal de eerste versie van deze software verschijnen.

## Toets bij oplevering

Naar verwachting wordt op 1 januari 2021 de *Wet kwaliteitsborging voor het bouwen* van kracht. Die wet bepaalt onder meer dat de situatie bij oplevering maatgevend is voor de energieprestatie van een nieuwbouwwoning. Kopersopties, ook al zijn ze vergunningvrij, moeten dan dus evengoed aan BENG voldoen. Ook kwaliteitscontrole en inregeling van installaties zijn dan medebepalend voor de energieprestatie.

## Gevolgen voor de hele keten

De nieuwe wet- en regelgeving verschilt wezenlijk van de oude EPC. Straks moet een gebouw gelijktijdig aan alle eisen voldoen. Het is niet mogelijk een onvoldoende op de ene indicator te compenseren met een ruime voldoende op de andere. Daarmee heeft de nieuwe wet- en regelgeving gevolgen voor het hele proces van ontwikkelen, ontwerpen, bouwen en opleveren. In alle fasen moet de energieprestatie integraal aandacht krijgen.



REKENVOORBEELD 1A EN 1B

## Rijwoningen Wij Wonen

Van Wijnen

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een tussen- en een hoekwoning.

De  $A_g/A_g$ -ratio van de tussenwoning is 1,39. Voor de hoekwoning is deze 2,12. Voor de woningen is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5; gevel 4,5; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,4 / U-glas 1,3 / geen zonwering / buitenluchtwarmtepomp / vloerverwarming / balansventilatie met wtw / 1 PV-paneel.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen, maar niet aan de TO-juli-eis:

tussenwoning		eindwoning	
BENG 1 ( $\leq 55$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	48,4 kWh/m <sup>2</sup> .jr	BENG 1 ( $\leq 73,7$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	60,5 kWh/m <sup>2</sup> .jr
BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	24,6 kWh/m <sup>2</sup> .jr	BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	28,7 kWh/m <sup>2</sup> .jr
BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	55%	BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	59%
TOjuli ( $\leq 1,0$ )	1,34	TOjuli ( $\leq 1,0$ )	2,21

Dankzij de 'vormfactor' voldoen de hoekwoning en de tussenwoning met hetzelfde maatregelenpakket aan BENG. Ter vergelijking is voor deze woningen ook een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken:

Rc vloer 4,5; lengtegevel 4,5; kopgevel 5,0; dak 7,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,4 / U-glas 1,3 / zonwering pui achtergevel / buitenluchtwarmtepomp / vloerverwarming / balansventilatie met wtw en CO<sub>2</sub>-sturing per zone / geen PV.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen en aan de TO-juli-eis:

tussenwoning		hoekwoning	
BENG 1 ( $\leq 55$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	49,7 kWh/m <sup>2</sup> .jr	BENG 1 ( $\leq 73,7$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	61,5 kWh/m <sup>2</sup> .jr
BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	27,8 kWh/m <sup>2</sup> .jr	BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	30,0 kWh/m <sup>2</sup> .jr
BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	50%	BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	55%
TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,54	TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,92

Zonwering blijkt een effectieve maatregel te zijn om de kans op temperatuuroverschrijding te verkleinen. Door zonwering gaat de energiebehoefte iets omhoog. PV is in dit concept niet nodig om aan de eisen te voldoen.

In de Ermelose wijk Groevebeek-Noord zijn 39 woningen volgens het concept Wij-Wonen gebouwd.



## BENG 1

De jaarlijkse energiebehoefte

BENG 1 is de indicator voor de energiebehoefte voor verwarming en koeling. Dat is de hoeveelheid energie die nodig is om verlies van warmte of koude ten gevolge van transmissie en luchtverversing te compenseren.

*Door PV integraal in het ontwerp mee te nemen, is een maximale benutting mogelijk.*





# Woningbouw volgens BENG 1

## Warmte- en koudeverlies via de schil

Warmteverlies via de thermische schil, warmte-winst doordat de zon naar binnen schijnt en het warmte- en koudeverlies via luchtverversing bepalen de energiebalans in huis. Voor een comfortabele binnentemperatuur moeten warmteverliezen worden aangevuld. In de zomermaanden speelt de behoefte aan koeling een belangrijke rol. BENG 1 betreft de energie die hiervoor nodig is.

## Warmte- en koudeverlies door ventilatie

BENG 1 is een indicator voor de kwaliteit van de schil. Het ventilatiesysteem blijft hierin buiten beschouwing. BENG 1 gaat daarom rekenkundig uit van ventilatie met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer, zonder vraagsturing. Installatie van een geavanceerd ventilatiesysteem met vraagsturing en/of warmteterugwinning zorgt uiteraard wel voor minder energiegebruik voor verwarming en koeling. Dat komt tot uitdrukking in BENG 2.

## De geometrie van het gebouw

De grenswaarde voor BENG 1 hangt af van de verhouding tussen verliesoppervlak ( $A_{is}$ ) en gebruiksoppervlak ( $A_g$ ). Wanneer dat verhoudingsgetal groot is, dan is de grenswaarde voor BENG 1 hoger. Dit maakt het mogelijk dat vrijstaande en hoekwoningen met eenzelfde maatregelenpakket aan BENG voldoen als een tussenwoning. Bij grondgebonden woningen telt

de vormfactor mee als  $A_{is}/A_g$  groter is dan 1,5. Dat is het geval bij veel hoekwoningen, rij-eindwoningen, vrijstaande woningen en zeer kleine woningen (tiny houses). Bij woongebouwen gaat dit tellen als  $A_{is}/A_g$  groter is dan 1,83. De meeste woongebouwen blijven daar onder.

## Lichte bouwconstructies

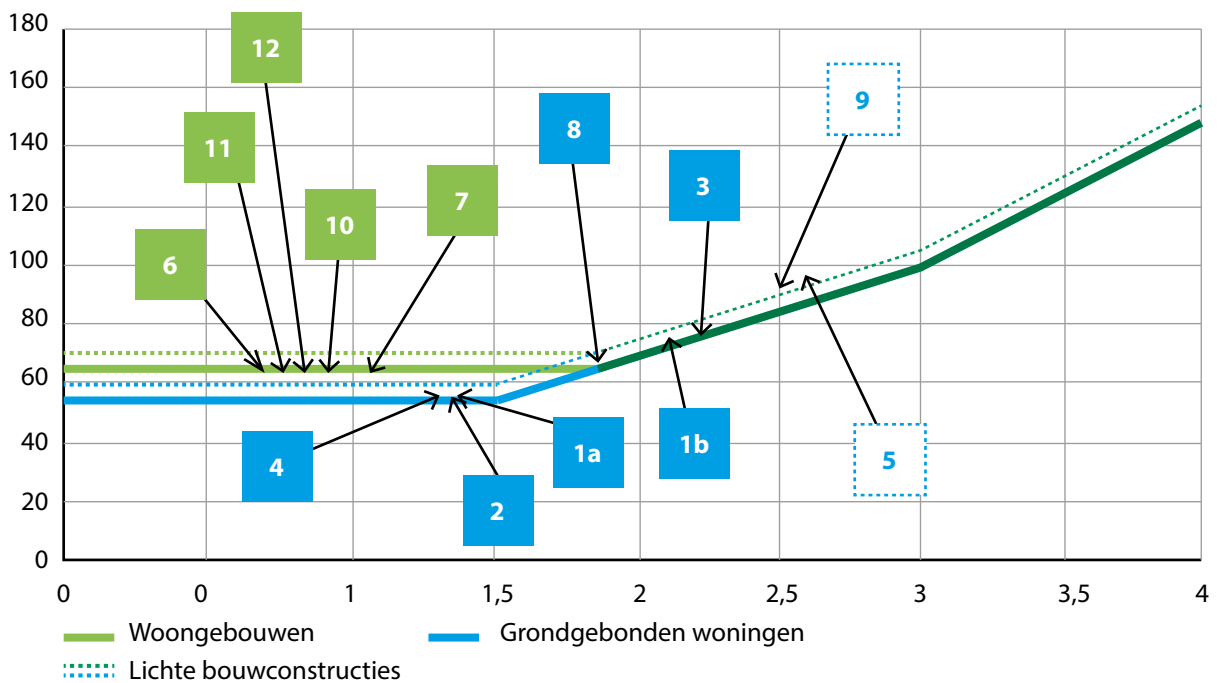
Gebouwen met een lichte constructie (zoals skeletbouw op basis van staal of hout) zijn zuinig met grondstoffen en verdienen uit oogpunt van circulariteit de voorkeur. De energiebehoefte voor verwarming en koeling is daarbij echter hoger. De grenswaarde voor BENG 1 is daarom bij lichte bouwconstructies 5 kWh/m<sup>2</sup>.jr hoger dan bij zwaardere. De toeslag is van toepassing bij constructies die lichter zijn dan 500 kg/m<sup>2</sup>.

Grondgebonden woningen		Woongebouwen	
Geometrie	Grenswaarde	Geometrie	Grenswaarde
$A_{is}/A_g \leq 1,5$	$\leq 55$	$A_{is}/A_g \leq 1,83$	$\leq 65$
$1,5 < A_{is}/A_g \leq 3,0$	$\leq 55 + 30 * (A_{is}/A_g - 1,5)$	$1,83 < A_{is}/A_g \leq 3,0$	$\leq 55 + 30 * (A_{is}/A_g - 1,5)$
$A_{is}/A_g > 3,0$	$\leq 100 + 50 * (A_{is}/A_g - 3,0)$	$A_{is}/A_g > 3,0$	$\leq 100 + 50 * (A_{is}/A_g - 3,0)$
Bij bouwconstructies lichter dan 500 kg/m <sup>2</sup> is de grenswaarde 5 kWh/m <sup>2</sup> .jr hoger.			

### Grenswaarden in grafiek

De grenswaarden voor BENG 1 staan ook in de onderstaande grafiek. De groene lijn toont de grenswaarden voor woongebouwen en de blauwe voor grondgebonden woningen. Te zien is dat de grenswaarden voor BENG 1 voor grondgebonden woningen en die voor woongebouwen gelijk zijn wanneer het verhoudingsgetal  $A_{15}/A_0$  groter is dan 1,83. De gestippelde lijn laat de grenswaarden zien bij toepassing van een lichte bouwconstructie.

**BENG 1 in kWh/m<sup>2</sup>.jr**



De nummers verwijzen naar de rekenvoorbeelden die in deze publicatie zijn uitgewerkt. De voorbeelden 6, 7, 10, 11 en 12 zijn woongebouwen. De andere voorbeelden zijn grondgebonden woningen. De voorbeelden 5 en 9 zijn gebouwen met een lichte bouwconstructie.

## Hoekwoning

### ERA Contour

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een hoekwoning met één en twee bouwlagen en een plat dak. De  $A_s/A_g$ -ratio van deze woning is 2,21. Voor deze woning is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken:

Rc vloer 5,0; gevel 6,5; dak 7,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,5 / lineaire warmteverliezen forfaitair / U-glas 1,1 / geen zonwering / HR-107 combiketel / douche-wtw / mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer / 7 PV-panelen.

Dit concept voldoet niet aan alle eisen:

🚫 BENG 1 ( $\leq 76,35$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	55,5 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🚫 BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	74,9 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🚫 BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	18%
🚫 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	1,01

Ter vergelijking is voor deze woning ook een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken: Rc vloer 5,0; gevel 6,5; dak 7,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,4 / lineaire warmteverliezen nauwkeurig berekend / U-glas 1,1 / zonwering op zuid en oost / luchtwaterwarmtepomp / douche-wtw / mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer / 5 PV-panelen.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen en aan de TOjuli-eis:

✅ BENG 1 ( $\leq 76,35$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	58,4 kWh/m <sup>2</sup> .jr
✅ BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	29,8 kWh/m <sup>2</sup> .jr
✅ BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	65%
✅ TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,27

Doorslaggevend is de toepassing van een warmtepomp. Deze brengt het energiegebruik omlaag en verhoogt het aandeel hernieuwbare energie. De kans op temperatuuroverschrijding is effectief verkleind door zonwering. Om BENG te halen kan worden volstaan met minder PV-panelen.

ERA Contour heeft in opdracht van Stadlander 34 energieneutrale nultredewoningen gebouwd in Steenberg.



#### REKENVOORBEELD 4





## Tussenwoning Houthaven pier 2, Amsterdam

*Bouwfonds Property Development*

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een tussenwoning met vier tot vijf bouwlagen en een schuine kap. De  $A_{15}/A_g$ -ratio van deze woning is 1,29. Voor deze woning is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5; gevel 4,5; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,7 / U-glas 1,6 / externe warmte- en koudelevering / douche-wtw / mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer / geen PV.





Dit concept voldoet niet aan de BENG-eisen:

 BENG 1 ( $\leq 55$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	59,5 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	33,1 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	31%
 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,0

De koudelevering geldt als actieve koeling waardoor TOjuli automatisch op 0,0 is gesteld. Ter vergelijking is voor deze woning ook een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5; gevel 4,5; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,4 / U-glas 0,9 / externe warmte- en koudelevering / douche-wtw / balansventilatie met wtw / 11 PV-panelen.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen en aan de TOjuli-eis:

 BENG 1 ( $\leq 55$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	49,5 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	16,1 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	50%
 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,0

Ten opzichte van het basisconcept is de thermische schil op onderdelen verbeterd. Verder is balansventilatie met wtw toegepast. Doorslaggevend is de toepassing van zonnepanelen. Voor externe warmtelevering is uitgegaan van 0% hernieuwbaar. Wanneer wordt uitgegaan van een  $f_{p,del}$  van 0,49, dan komt BENG 3 uit op 68%.



*BPD bouwt circa 130 woningen op Pier2 in de Amsterdamse Houthaven.*

## Hoe zorg je voor een lage BENG 1?

Belangrijke aandachtspunten bij BENG 1 zijn het stedenbouwkundig ontwerp, de oriëntatie van de woning, schilisolatie, luchtdichtheid, zomernachtventilatie en zonwering.

### Stedenbouwkundig ontwerp

In een stedenbouwkundig ontwerp en/of een beeldkwaliteitsplan zijn verkavelingen, oriëntaties en (dak)vormen vastgelegd. Deze zijn bepalend voor de mogelijkheden om in woningen passief en actief gebruik te maken van de zon. Een plan dat ruimte biedt voor zongeerichte woningontwerpen en plaatsing van zonnepanelen geeft de meeste mogelijkheden om woningen te bouwen die aan BENG voldoen.

### Thermische schil

Het is essentieel dat de isolatiewaarde van de thermische schil hoog is. Dat helpt overigens ook om de woning 's zomers koel te houden. Volgens het huidige Bouwbesluit zijn Rc-waarden van 3,5 (vloer), 4,5 (gevel) en 6,0 (dak) minimaal vereist. Een hogere isolatiewaarde kan de energiebehoefte volgens BENG 1 verder omlaag brengen. Daarnaast hebben luchtdicht bouwen en het beperken van lineaire warmteverliezen (koudebruggen) veel invloed. Het is belangrijk aansluitdetails gedetailleerd uit te werken en lineaire warmteverliezen nauwkeurig te berekenen. Ook is een zorgvuldige uitvoering (met kwaliteitscontrole) van belang.

### Oriëntatie en glas

Een dicht geveldeel isoleert vier tot vijf keer beter dan het beste glas. Via glas gaat dus relatief veel warmte verloren. Daar tegenover staat de warmte winst doordat de zon naar binnen schijnt. De open-dichtverhouding, de oriëntatie van ramen en de U- en ZTA-waarde (g-waarde) van het glas zijn daarmee van grote invloed op de energiebehoefte van de woning. Glas kan ook leiden tot temperatuuroverschrijding. Met zonwering, overstekken, spuiventilatie en zomernachtventilatie wordt de kans daarop beperkt.



#### Do's

- Probeer de keuzes ten aanzien van verkaveling en oriëntatie van woningen te beïnvloeden.
- Let in het ontwerp van een woning op de hoeveelheid en de oriëntatie van glas.
- Let op aansluitdetails, koudebruggen en luchtdichtheid.
- Maak al op basis van een schetsontwerp een eerste energieberekening.



#### Don'ts





- Houd niet vast aan stokpaardjes en ingesleten gewoontes. BENG vereist een nieuw proces.
- Ga niet pas rekenen als de architect klaar is. In het ontwerp stadium wordt voor een belangrijk deel vastgelegd welke keuzemogelijkheden er later nog zijn.
- Reken er niet op dat het energieplaatje sluitend kan worden gemaakt met extra zonnepanelen. In BENG is compenseren niet meer toegestaan.

## Seniorenwoning

Geveke Bouw

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een kleine hoekwoning met één bouwlaag en een plat dak. De woning is gebouwd in houtskeletbouw (250-500 kg/m<sup>2</sup>). De  $A_{is}/A_g$ -ratio van deze woning is 2,61. Voor deze woning is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken: Rc vloer 3,5; gevel 4,5; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,4 / U-glas 1,4 / geen zonwering / luchtwaterwarmtepomp / douche-wtw / balansventilatie met wtw / 7 PV-panelen.





Dit concept voldoet wel aan BENG maar niet aan de TOjuli-eis:

 BENG 1 ( $\leq 93,39$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	74,1 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	10,2 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	88%
 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	1,97

Ter vergelijking is voor deze woning ook een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken:

Rc vloer 4,0; gevel 6,0; dak 8,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / U-glas 1,4 / zonwering op oost en west / luchtwaterwarmtepomp / douche-wtw / balansventilatie met wtw / geen PV.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen en aan de TOjuli-eis:

 BENG 1 ( $\leq 93,39$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	69,4 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	29,7 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	59%
 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,94

De  $A_{is}/A_g$ -verhouding is 2,61 en de bouwconstructie is licht. De eis voor BENG 1 is daardoor maximaal 93,39. De toepassing van zonwering is effectief om de kans op temperatuuroverschrijding te verkleinen. PV-panelen zijn niet nodig om aan de BENG-eisen te voldoen.



## TOjuli

De kans op temperatuuroverschrijding

Tegelijk met de BENG-eisen wordt in de bouwregelgeving een grenswaarde opgenomen voor de kans op temperatuuroverschrijding. Die kans wordt uitgedrukt met het indicatiegetal TOjuli. De grenswaarde is gesteld op 1,0.

### Wel of geen actief koelsysteem?

Als een woning een actief koelsysteem heeft (zoals een warmtepomp met koelfunctie), wordt verondersteld dat de kans op de temperatuuroverschrijding acceptabel is. TOjuli wordt dan automatisch op 0,0 gesteld. Een aparte TOjuli-berekening is dus alleen vereist bij woningen zonder actief koelsysteem.

### Tegelijk met BENG-berekening

Bij grondgebonden woningen volgt de TOjuli-berekening rechtstreeks uit de berekening van de energieprestatie volgens BENG. Gegevens worden hiervoor maar één keer ingevoerd. Bij een woongebouw wordt de BENG-berekening voor het gebouw als geheel gemaakt. De TOjuli-berekening moet per appartement worden gemaakt.

### Globale TOjuli-indicator

De TOjuli-berekening gaat uit van gemiddelden. Pieken in buitentemperatuur, verschillen tussen verblijfsruimten en verschillen in activiteitsniveaus worden niet tot uitdrukking gebracht. De uitkomst is daarom niet meer dan een globale indicatie van de kans op temperatuuroverschrijding. De eis geldt slechts als randvoorwaarde in de bouwregelgeving. Een laag TOjuli-getal biedt nog geen garantie voor zomercomfort en TOjuli is zeker geen ontwerpinstrument.

# BENG en TOjuli



*Woongebouw Madrona in Almere. Het gebouw met 95 appartementen volgens het concept zes-spanner wordt in opdracht van GoedeStede door Trebbe gebouwd. De woningen zijn voorbereid op all-electric.*

## **Gedetailleerde GTO-berekening**

In plaats van een TOjuli-berekening is ook een gewogen temperatuuroverschrijdingsberekening geldig (GTO-berekening). Dit is een uitgebreide simulatieberekening die gemaakt wordt met speciale software. Zo'n berekening geeft een nauwkeuriger beeld dan een TOjuli-berekening en biedt meer inzicht. Soms is het TOjuli-getal groter dan 1,0 terwijl het risico van oververhitting volgens een GTO-simulatie toch acceptabel is. In zo'n geval mag een omgevingsvergunning toch worden verleend. Uit berekening moet dan blijken dat het aantal GTO-uren niet groter is dan 450.

## **Grenswaarden voor temperatuuroverschrijding**

- $TOjuli \leq 1,0$
- Of  $GTO \leq 450$  uur

## Neem oververhitting serieus

Door klimaatverandering worden de zomers warmer. Door steeds betere isolatie komt die warmte vertraagd binnen. Maar eenmaal binnen, blijft de warmte lang in huis. In de winter is dat een voordeel; in de zomer leidt een te hoge warmtelast tot oververhitting. Bewoners zijn bovendien kritischer omdat steeds meer mensen het comfort kennen van een koele auto, trein of werkplek. Uit oogpunt van gezondheid is het beperken van oververhitting vaak een must. Aandacht voor zomercomfort is bij ontwerp en bouw van woningen daarom noodzakelijk.



*Voorkom oververhitting door het toepassen van diepe overstekken, buitenzonwering, luifels of luiken.*

## Hoe zorg je voor een lage TOjuli?

Belangrijke aandachtspunten bij TOjuli zijn passieve en actieve koeling. Passieve koeling gaat niet of nauwelijks ten koste van de energieprestatie. Actieve koeling vaak wel.

### Passieve koeling

Passieve maatregelen om het risico van temperatuuroverschrijding te beperken, verdienen de voorkeur. Niet alleen vanwege de energieprestatie, maar ook in de beleving van bewoners. Voorbeelden zijn een gunstige oriëntatie en woningindeling, zonwering, overstekken, zomernachtventilatie en spuiventilatie. Ook de ZTA-waarde van het glas is van invloed. Als door passieve maatregelen het TOjuli-getal laag is, zal dat in de meeste situaties samengaan met een lage energiebehoefte conform BENG 1.

### Actieve koeling

Wanneer een woning wel een actief koelsysteem heeft, wordt aangenomen dat de kans op temperatuuroverschrijding daardoor acceptabel is. TOjuli wordt in de berekening dan automatisch op 0,0 gesteld. Voorbeelden van actieve koeling zijn gebruik van een warmtepomp (met koelfunctie), externe koudelevering en een airco-unit. Het energiegebruik van een actief koelsysteem heeft invloed op de uitkomst van de berekening van BENG 2. Het rendement van de koeling is dus van groot belang. Toepassing van actieve koeling heeft de bouwpartij er bovendien niet van te weerhouden ook passieve maatregelen te treffen.



### Do's

- Bereken zo vroeg mogelijk het risico van oververhitting.
- Denk in het ontwerp aan overstekken, spuiventilatie, zomernachtventilatie en buitenzonwering.



### Don't

- Ga er niet vanuit dat een airco het discomfort door oververhitting wel zal wegnemen.





*De Spakler is in 2017 in opdracht van Hurks gebouwd. Het is de allereerste energieneutrale woontoren van Nederland (EPC=nul): 24 bouwlagen, 160 appartementen, 500 m<sup>2</sup> commerciële ruimte.*



## REKENVOORBEELD 6

# @Home Amstelkwartier / De Spakler

Lingotto, APF en Hurks Vastgoedontwikkeling

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een woongebouw met 22 woonlagen. De  $A_s/A_g$ -ratio van dit gebouw is 0,77. Voor dit woongebouw is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5; gevel 4,5; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,5 / U-glas 0,9 / geen zonwering / externe warmtelevering / douche-wtw / mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer / geen PV.

Dit concept voldoet niet aan de BENG-eisen:

🌱 BENG 1 ( $\leq 65$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	51,3 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🌱 BENG 2 ( $\leq 50$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	54,6 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🌱 BENG 3 ( $\geq 40\%$ )	0 %
🌱 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	niet bepaald op appartementsniveau

Ter vergelijking is voor deze woning ook een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5; gevel 4,5; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,4 / U-glas 0,9 / 743 PV-panelen dak en gevel / externe warmtelevering / douche-wtw / balansventilatie met wtw en CO<sub>2</sub>-sturing.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen:

🌱 BENG 1 ( $\leq 65$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	52,3 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🌱 BENG 2 ( $\leq 50$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	26,7 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🌱 BENG 3 ( $\geq 40\%$ )	41%
🌱 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	niet bepaald op appartementsniveau

In dit gebouw is het aandeel hernieuwbare energie bepalend. In de berekening is er vanuit gegaan dat het aandeel hernieuwbaar in de externe warmtelevering 0 is. Als de fP<sub>del</sub> 0,49 is, komt BENG 3 in het verbeterde concept uit op 59%.



## REKENVOORBEELD 8

# Twee-onder-één-kapwoning

SCW

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een twee-onder-één-kapwoning met een schuine kap.

De  $A_{is}/A_g$ -ratio van deze woning is 1,91. Voor deze woning is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5; gevel 4,5; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / geen zonwering / lineaire warmteverliezen forfaitair / U-glas 1,34 / bodemwarmtepomp / douche-wtw / balansventilatie met wtw / geen PV.

Dit concept voldoet niet aan de BENG-eisen:

BENG 1 ( $\leq 67,32$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	65,3 kWh/m <sup>2</sup> .jr
BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	32,1 kWh/m <sup>2</sup> .jr
BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	51 %
TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,0

Ter vergelijking is voor deze woning ook een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5; gevel 4,5; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / lineaire warmteverliezen berekend / U-glas 1,34 / zonwering en zomernachtventilatie / bodemwarmtepomp met hoger tapwaterrendement / douche-wtw / balansventilatie met wtw / geen PV.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen en aan de TO-juli-eis:

BENG 1 ( $\leq 67,32$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	56,5 kWh/m <sup>2</sup> .jr
BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	26,3 kWh/m <sup>2</sup> .jr
BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	55%
TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,0

Door verhoging van het tapwaterrendement en toepassing van zonwering wordt zonder PV aan BENG 3 voldaan. De bodemwarmtepomp levert ook actieve koeling waardoor TOjuli automatisch 0,0 is. Wanneer toch een TOjuli-berekening wordt gemaakt, geeft die in de basisvariant een uitkomst van 4,85. Door toepassing van zonwering en zomernachtventilatie wordt de TOjuli fors verlaagd naar 0,18.

## BENG 2

Het jaarlijkse primair fossiele energiegebruik

BENG 2 geeft aan hoeveel primair fossiele energie wordt gebruikt voor gebouwgebonden functies: verwarming, koeling, warmwater en hulpenergie. Bij woningbouw blijven verlichting en huishoudelijke apparaten in de BENG-berekening buiten beschouwing.



# Woningbouw volgens BENG 2

## Primair fossiel energiegebruik

Een deel van de energie die een woning krijgt uit energienetten, bestaat uit fossiele energie. Per levering wordt teruggerekend hoeveel fossiele energie daarvoor nodig is geweest. De som is het totaal primair fossiele energiegebruik van de woning. Dat mag niet meer zijn dan 30 kWh/m<sup>2</sup> per jaar bij grondgebonden woningen en 50 kWh/m<sup>2</sup> per jaar bij woongebouwen.

## Elektriciteitslevering

Bij elektriciteit die door het net wordt geleverd, moet het aantal kilowatturen op de meter in huis worden vermenigvuldigd met de primaire energiefactor (PEF). Met ingang van 1 juli 2020 is deze bepaald op 1,45. De PEF is gebaseerd op het fossiele aandeel in de landelijke elektriciteitsproductie. Het rendement van elektriciteitsopwekking in kolen- en gascentrales en het aandeel hernieuwbare energie in de landelijke mix zijn in die factor verdisconteerd.

## Levering van aardgas

Het gebruik van aardgas voor verwarming, warm tapwater en koken telt volledig mee in BENG 2. Omdat in 2018 de Wet Voortgang Energietransitie is vastgesteld, krijgen nieuwe woningen in de regel geen aansluiting meer. In deze publicatie laten we het gebruik van aardgas buiten beschouwing.

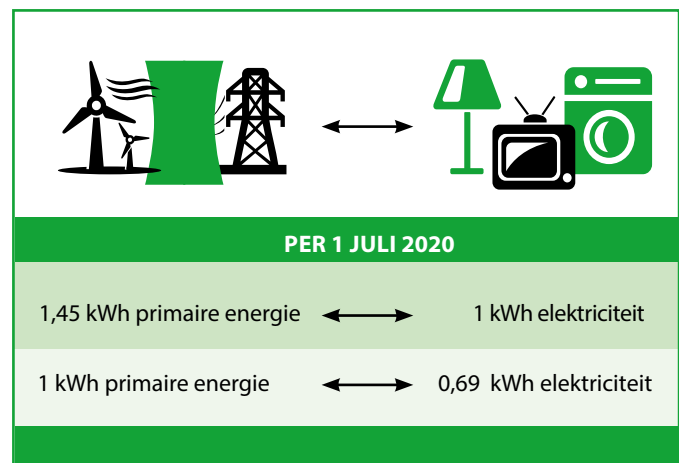
## Externe warmtelevering

Externe warmtelevering is een logisch alternatief voor het gebruik van aardgas. In sommige situaties is aansluiting op een warmtenet de enige optie of zelfs verplicht. Warmtenetten worden gevoed door diverse bronnen: industriële restwarmte, koel- en aftapwarmte van elektriciteitscentrales (stadsverwarming), verbrandingswarmte van een AVI, geothermie en warmte uit biomassa. Per warmtenet wordt bepaald welk deel van de geleverde warmte meetelt als primair fossiel energiegebruik. Dat aandeel wordt uitgedrukt met de factor  $f_{P;del}$ . Hoe lager deze factor, hoe beter. De warmteleverancier berekent de  $f_{P;del}$ . Die berekening wordt getoetst door bureau CRG waarna deze een kwaliteitsverklaring afgeeft. Als er geen kwaliteitsverklaring is afgegeven, geldt voor de  $f_{P;del}$  een forfaitaire waarde van 0,9.

## Grenswaarden voor BENG 2 (in kWh/m<sup>2</sup>.jr)

Grondgebonden woningen	Woongebouwen
≤ 30 kWh/m <sup>2</sup> .jr	≤ 50 kWh/m <sup>2</sup> .jr

## Primaire energie versus energie op de meter





### Do's

- Kies voor de meest efficiënte installaties voor verwarming, koeling, ventilatie en warmwater.
- Kies voor laagtemperatuurverwarming, zelfs als hoge temperatuur beschikbaar is.
- Zorg in het ontwerp voor korte aanvoerleidingen voor warmwater.
- Installeer een douche-wtw en andere installaties om rest-warmte nuttig te gebruiken.
- Gebruik een zonneboiler en/of een (booster)warmtepomp voor tapwaterverwarming.



### Don'ts

- Ga niet automatisch uit van oude energieconcepten. Een warmtepomp past niet zonder meer in de plaats van een cv-ketel. Het hele concept is anders.
- Voorkom lange leidingen tussen een warmwatertoestel en de afgiftepunten. Een elektrische keukenboiler maakt het lastig om aan BENG 2 te voldoen.



Tuinwijk Wageningen, 249 woningen met individuele warmtepompen. BPD/Trebbe.

## Hoe zorg je voor een lage BENG 2?

Aandachtspunten bij BENG 2 zijn efficiënte installaties, warmte-afgifte op lage temperatuur, ventilatie met vraagsturing en wtw, korte leidingen voor warmwater, gebruik van een douche-wtw en toepassing van hernieuwbare energie.

### Lagetemperatuurverwarming

Verwarming met een afgifte op een temperatuur van rond de 40°C is efficiënter dan verwarming op een hogere temperatuur. Dat leidt dus tot een lagere BENG-2-waarde. Bovendien kan daarmee geprofiteerd worden van warmtenetten met een groot aandeel hernieuwbare energie. Die leveren immers vaak warmte op een lage temperatuur. Verdere besparingen zijn mogelijk door te zorgen dat het systeem met zo weinig mogelijk (extra) circulatiepompen werkt. Hoe efficiënter de installaties werken, hoe minder primaire energie de woning gebruikt.

### Tapwaterverwarming

Woningen gebruiken voor warmwater tegenwoordig vaak meer energie dan voor verwarming en koeling. Een efficiënt tapwatersysteem heeft dus veel effect op BENG 2. Besparingen zijn mogelijk door een efficiënt opwektoestel, korte leidinglengtes en gebruik van een douche-wtw. Een boosterwarmtepomp werkt met een hoog rendement. Bovendien maakt zo'n toestel korte transportafstanden mogelijk. Als bron kan een laagtemperatuurwarmtenet of een zonneboiler dienen.

### Ventilatie

Goede ventilatie is essentieel voor comfort en een gezond binnenmilieu. Met de afvoer van ventilatielucht gaat echter ook warmte verloren die door een verwarmingstoestel moet worden

# Galerijflat Trebbe

## Trebbe Wonen

aangevuld. Besparingen zijn mogelijk door de ventilatiecapaciteit nauwkeurig af te stemmen op de vraag per zone of vertrek en door terugwinning van warmte. Voor kookafzuiging is een apart afvoerkanaal gewenst. Kookluchtjes en fijnstof worden dan effectief uit de woning verwijderd. Omdat de kookafzuiging toch maar kortstondig aan hoeft te staan, is het energieverlies sowieso beperkt.

### Actieve koeling

Wanneer een woning een actief koelsysteem heeft, telt het energiegebruik daarvan mee bij de berekening van BENG 2. Gebruik van een bodemwarmtepomp voor actieve koeling kost slechts weinig energie, terwijl de bodembron hierdoor op temperatuur blijft en het rendement in de winter omhoog gaat. Wanneer een buitenluchtwarmtepomp voor actieve koeling wordt ingezet, moet dat in de BENG-berekening expliciet worden aangegeven. Het energiegebruik van een woning gaat dan met enkele honderden kilowatturen per jaar omhoog. Een losse airco-unit gebruikt veel energie en maakt het in de praktijk lastig om nog te voldoen aan de eis voor BENG 2.

### Hernieuwbare energie

De energie die een woning gebruikt, kan worden geleverd door hernieuwbare bronnen op of om het huis. Een woning met veel hernieuwbare energie zal navenant minder primair fossiele energie gebruiken. In BENG 3 wordt het aandeel hernieuwbare energie uitgedrukt. Als alle energie voor gebouwgebonden functies wordt geleverd door hernieuwbare bronnen, is BENG 3 per definitie 100% en BENG 2 gelijk aan 0,0.

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een galerijflat met zes bouwlagen. De  $A_{15}/A_g$ -ratio van dit gebouw is 1,07. Voor dit gebouw is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5; gevel 5,2; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / U-glas 1,45 / geen zonwering / warmtepompboiler / douche-wtw / mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer / 136 PV-panelen.

Met de huidige rekentool is het niet mogelijk een warmtepompboiler op ventilatielucht door te rekenen. TOjuli is voor enkele maatgevende appartementen berekend.

● BENG 1 ( $\leq 65$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	Onbekend
● BENG 2 ( $\leq 50$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	Onbekend
● BENG 3 ( $\geq 40\%$ )	Onbekend
● TOjuli ( $\leq 1,0$ )	1,11 – 3,07

Voor dit gebouw is een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5; gevel 5,2; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / U-glas 1,45 / zonwering op westgevel / luchtwaterwarmtepomp / geen douche-wtw / mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer / geen PV.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen en voor de meeste appartementen ook aan de TOjuli-eis:

● BENG 1 ( $\leq 65$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	53,5 kWh/m <sup>2</sup> .jr
● BENG 2 ( $\leq 50$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	45,6 kWh/m <sup>2</sup> .jr
● BENG 3 ( $\geq 40\%$ )	50%
● TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,81 – 1,09

Het minimale aandeel hernieuwbare energie (BENG 3) is gerealiseerd met een luchtwaterwarmtepomp. PV is niet noodzakelijk om aan de eisen te voldoen. Om de kans op temperatuuroverschrijding te verkleinen is zonwering op de westgevel aangebracht. Het effect daarvan is voor de meeste appartementen toereikend.





### **BENG 3**

Het aandeel hernieuwbare energie

BENG 3 is de indicator voor het aandeel hernieuwbare energie ten opzichte van het totale primaire energieverbruik voor gebouwgebonden functies.



# Woningbouw volgens BENG 3

## Hernieuwbare energie

Hernieuwbare energie die op en rond de woning wordt gewonnen, telt mee in BENG 3. De zogenoemde postcode-roos-regeling (PCR) telt bij BENG 3 niet. Dat betekent dat zonnepanelen op of aan het gebouw moeten zijn bevestigd. Externe warmte, voor zover hernieuwbaar, telt in BENG 3 wel mee. Hernieuwbare energie die onderdeel is van de landelijke elektriciteitsmix zoals windenergie op zee, telt niet mee. Die is immers al verrekend in de PEF (zie pagina 19).

## Nul op de meter

De berekening van BENG beperkt zich tot de energie die nodig is voor gebouwgebonden functies. In een nul-op-de-meterwoning telt ook de energie voor huishoudelijke apparaten en verlichting mee. Een woning die aan alle BENG-eisen voldoet is dus zeker nog geen NOM-woning. Daarvoor zijn meestal meer PV-panelen of andere hernieuwbare bronnen nodig.

## Grenswaarden

De waarde voor BENG 3 is gelijk aan de hoeveelheid hernieuwbare energie gedeeld door de totale hoeveelheid primaire energie die een woning voor gebouwgebonden functies gebruikt.

Grenswaarden voor BENG 3	
Grondgebonden woningen	Woongebouwen
≥ 50%	≥ 40%



*De dakramen van de woningen in Groevenbeek-Noord (Ermelo) passen naadloos in het PV-dak. Een geïntegreerde chip in het dakraam, ook werkend op PV, communiceert met andere apparaten in huis en regelt de automatische buitenzonwering.*



### Do's

- Onderzoek de mogelijkheden van externe warmtelevering. Vooral bij hoogbouw is het vaak essentieel om aan BENG 3 te voldoen.
- In het stedenbouwkundig plan of een beeldkwaliteitsplan zijn de mogelijkheden voor zonne-energie impliciet bepaald. Overleg indien nodig, of de plannen kunnen worden aangepast.
- Kies voor een ontwerp met een dakvlak dat geschikt is voor zonne-energie. Houd bij dakdoorvoeren en –ramen rekening met ruimte voor PV-panelen.
- Houd op dak ruimte beschikbaar voor extra PV-panelen om ook het energiegebruik van huishoudelijke apparaten en verlichting te kunnen dekken.



### Don'ts

- Ga niet per se voor de laagste bouwkosten. Investerings in hernieuwbare energie verdienen zich in het gebruik terug.
- Leg zonnepanelen niet in de schaduw van dakdoorvoeren of een dakkapel.
- Blijf niet denken dat PV-panelen lelijk zijn. De architect kan zonnepanelen goed in het ontwerp integreren.

## Hoe zorg je voor een hoge BENG 3?

In woningen zijn belangrijke aandachtspunten voor BENG 3 het gebruik van zonne-energie en omgevingswarmte (via een warmtepomp). Ook het hernieuwbare deel van externe warmte telt mee.

### Zonne-energie

Actieve benutting van zonne-energie is mogelijk met PV-panelen, een zonneboiler, PVT-panelen, zonnegevels en transparante zonnepanelen. Grondgebonden woningen hebben meestal genoeg dakvlak. Zeker als daar in het ontwerp al aan is gedacht. Bij hoogbouw ligt dat anders. Dan zijn meestal ook andere hernieuwbare bronnen nodig. Het is de kunst om met zo weinig mogelijk PV-panelen aan BENG te voldoen. Dan is er nog dakvlak over om het elektriciteitsgebruik voor huishoudelijke apparaten en verlichting te compenseren.

### Externe warmtelevering

Externe warmte wordt gedeeltelijk aangemerkt als hernieuwbare energie. Voorbeelden zijn industriële restwarmte en koelwarmte van bijvoorbeeld koelhuizen en datacenters, het biogene deel van afvalverbranding van een AVI, biomassa die wordt mee gestookt in elektriciteitscentrales en bodemenergie en/of omgevingswarmte in vaak kleinere, innovatieve warmtenetten.

Het aandeel hernieuwbare energie in een warmtenet wordt uitgedrukt met de factor  $fP_{ren}$ . Hoe hoger deze factor, hoe beter. Omdat warmtebedrijven werken aan verduurzaming van hun netten, mag in bepaalde situaties een hogere  $fP_{ren}$  worden meegenomen in de BENG-berekening.

### Omgevingswarmte

Warmte in de omgeving van de woning (buitenlucht, bodem of oppervlaktewater) kan dienen als bronwarmte voor een warmtepomp en telt dan in BENG 3 mee als hernieuwbare energie. Het jaarrendement (SPF) van een warmtepomp voor verwarming kan oplopen tot 250 à 400 procent. Dat wil zeggen dat één kWh elektriciteit 2,5 tot 4 kWh nuttige warmte levert. De hoeveelheid omgevingswarmte is dan 1,5 tot 3 kWh.



## Vrijstaande woning

### Particuliere ontwikkeling

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een vrijstaande houtskeletbouw woning met drie bouwlagen en een schuine kap. De  $A_{is}/A_g$ -ratio van deze woning is 2,5. Voor deze woning is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken:

Rc vloer 4,0; gevel 5,0; dak 6,5 /  $Q_{v,10}$ : 0,4 / U-glas 1,0 / luchtwaterwarmtepomp / compressiekoelmachine / balansventilatie met wtw / 1 PV-paneel.

Dit concept voldoet niet aan de BENG-eisen:

🟡 BENG 1 ( $\leq 90,11$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	69,6 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🔴 BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	36,3 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	51 %
🟢 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,0

Ter vergelijking is voor deze woning ook een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken: Rc vloer 4,0; gevel 5,0; dak 6,5 /  $Q_{v,10}$ : 0,4 / U-glas 1,0 (ZTA 0,5) / zonwering oost en west / luchtwaterwarmtepomp / compressiekoelmachine / balansventilatie met wtw en CO<sub>2</sub> sturing per verblijfsruimte / geen PV.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen en aan de TO-juli-eis:

🟢 BENG 1 ( $\leq 90,11$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	66,4 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 2 ( $\leq 30$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	29,5 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 3 ( $\geq 50\%$ )	55%
🟢 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,0

De  $A_{is}/A_g$ -verhouding is 2,5 en de bouwconstructie is licht. De eis voor BENG 1 is daardoor 90,11. TOjuli wordt automatisch op 0,0 gesteld omdat er voor zonwering en glas met een lage ZTA-waarde. Ten opzichte van het basisconcept is de regelbaarheid van het ventilatiesysteem verbeterd. PV kan daardoor achterwege blijven.

De SPF (*seasonal performance factor*) is het systeemrendement (inclusief hulpenergie), gemeten over een heel jaar. De COP (coëfficiënt of performance) is het rendement van de warmtepomp in een testopstelling. De SPF is altijd lager dan de COP.



## Zes-spanner Trebbe

### Trebbe Wonen

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een woongebouw met zes bouwlagen. De  $A_{is}/A_g$ -ratio van dit gebouw is 0,96. Voor dit gebouw is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5-4,5; gevel 5,2; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / U-glas 1,45 / geen zonwering / luchtwaterwarmtepomp / douche-wtw / mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer en CO<sub>2</sub>-sturing / 54 PV-panelen.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen, maar niet aan TOjuli:

🟢 BENG 1 ( $\leq 65$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	47,1 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 2 ( $\leq 50$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	30,3 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 3 ( $\geq 40\%$ )	57%
🔴 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	1,61 – 4,81

Ter vergelijking is voor deze woning ook een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken:

Rc vloer 3,5-4,5; gevel 5,2; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / U-glas 1,45 (ZTA: 0,3) / zonwering zuidoost en zuidwest / luchtwaterwarmtepomp / douche-wtw / balansventilatie met wtw en CO<sub>2</sub>-sturing / geen PV.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen en aan de TOjuli-eis:

🟢 BENG 1 ( $\leq 65$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	51,7 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 2 ( $\leq 50$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	35,3 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 3 ( $\geq 40\%$ )	42%
🟢 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,39 – 0,77

Zonwering en een lage ZTA-waarde van het glas zijn zeer effectief om de kans op temperatuuroverschrijding te verkleinen. Deze maatregelen leiden tot een iets hogere energiebehoefte. Het benodigde aandeel hernieuwbare energie (BENG 3) kan volledig worden gerealiseerd door de luchtwaterwarmtepomp. In dat geval zijn geen PV-panelen nodig om aan BENG te voldoen.

*In opdracht van woningcorporatie de Alliantie bouwt Trebbe het project Molenwiek met 76 sociale huurappartementen in het centrum van Almere Buiten.*



# Comfortabel, gezond én BENG

In de afgelopen jaren is de bouwsector erin geslaagd zeer energiezuinige woningen te bouwen die ook gezond en comfortabel zijn. Bewoners zijn er over het algemeen positief over. Maar er zijn ook verbeterpunten.

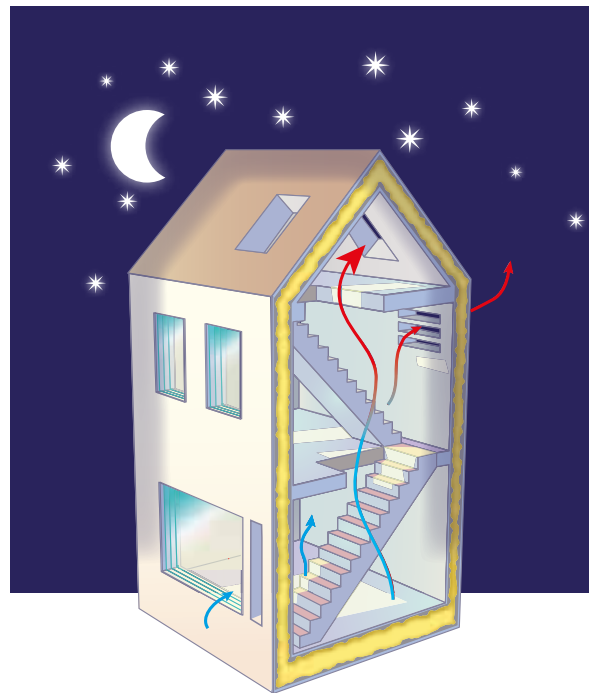
## Verwarming en koeling

Zeer energiezuinige nieuwbouwwoningen hebben vaak een constante binnentemperatuur. Onafhankelijk van de buitentemperatuur. Bewoners waarderen dat. Ook de ervaring met vloerverwarming is positief. Een punt van aandacht is de regelbaarheid. Vloerverwarming reageert soms traag en dat geeft discomfort. Oververhitting verdient serieus aandacht. Het leidt tot discomfort en soms zelfs tot gezondheidsrisico's. Bewoners willen graag makkelijk bedienbare zonwering en de mogelijkheid voor zomernachtventilatie. Ook vloerverwarming met een koelfunctie (via een bodemwarmtepomp) wordt positief gewaardeerd.

## Lucht

Voldoende luchtverversing is essentieel voor gezondheid: niet teveel en niet te weinig. Daarvoor is een goede regeling nodig, bijvoorbeeld op basis van CO<sub>2</sub>-concentratie per zone of vertrek. Tocht moet worden voorkomen. De combinatie van ventilatieroosters en vloerverwarming is in dat opzicht riskant. Beter is voorverwarming van verse lucht en toevoer van lucht via ruime roosters op plaatsen waar luchtstroming niet als tocht wordt ervaren. Naast een goed ventilatiesysteem stellen bewoners het op prijs als er voorzieningen zijn voor spuiventilatie.

Er is steeds meer kennis over ventilatie en bouwpartijen maken steeds minder fouten. In nieuwe woningen zijn bewoners dan ook overwegend tevreden over de luchtkwaliteit. Er zijn weinig klachten over tocht, vocht en schimmel. Het negatieve imago van balansventilatie lijkt te verminderen.



## Principe van zomernachtventilatie

*Zet 's nachts (inbraakwerende) ramen op de begane grond en een dakraam boven het trappgat open, zodat warme lucht weg kan.*



### Do's

- Denk bij het ontwerpen en bouwen van een woning vanuit het perspectief van de bewoner: 'Zou ik dat in m'n eigen huis ook zo doen?'
- Communiceer met de bewoner op meerdere momenten. Ook na oplevering. Luister naar bewoners en leer van ervaringen om daarmee concepten steeds beter te kunnen maken.



### Don't

- Maak energie niet tot doel. Het doel is een gezond en comfortabel huis. Energie is een randvoorwaarde.

### Geluid

In een goed geïsoleerd huis valt installatiegeluid extra op. Vooral het geluid van ventilatie en een warmtepomp verdient aandacht. De eis voor installatiegeluid in het Bouwbesluit is maximaal 30 dB, maar het is aan te bevelen verder te gaan, onder andere door een geïsoleerde technische ruimte te maken waar de ventilatie-unit en de warmtepomp kunnen staan. Zorg voor grote ventilatieroosters en ruime ventilatiekanalen zonder vertakkingen zodat lucht niet gaat fluiten. Bij een luchtwaterwarmtepomp is de plaatsing van de buitenunit bepalend voor mogelijke geluidhinder.

### Licht

Daglicht in huis is belangrijk voor comfort en gezondheid. Een licht huis valt bij mensen zeer in de smaak. Uit energieoogpunt vraagt glas om een goed ontwerp. Zorg dat glas zodanig is georiënteerd dat zonlicht tot ver in de woning doordringt, maar dat overmatige zomerzon effectief kan worden tegengehouden. Let bij gebruik van drievoudig glas in draairamen op de bedienbaarheid. Drievoudig glas is immers 50 procent zwaarder.

### Gebruiksvriendelijkheid en onderhoud

Een huis moet eenvoudig zijn. Het is belangrijk dat temperatuur, ventilatie en zonwering liefst per vertrek regelbaar zijn. Laat de installaties voor zich spreken en zorg dat bewoners niets 'fout' kunnen doen. Bewoners zijn geen regeltechnici.

In de praktijk mankeert er nogal eens iets aan de installaties. Dan vinden bewoners het prettig als het onderhoud goed geregeld is. Als zij het onderhoud zelf moeten uitbesteden, is het niet altijd makkelijk een geschikt bedrijf te vinden omdat veel technieken nog betrekkelijk nieuw zijn.

### Communicatie





Een zeer energiezuinige woning werkt op een aantal punten net even anders dan waar de meeste mensen aan gewend zijn. Er leven veel vragen over inregeling, gebruik en onderhoud. Soms twijfelen bewoners eraan of een installatie het wel goed doet. Ook over het slim gebruik van zonwering en zomernachtventilatie moeten bewoners voorgelicht worden. Goede communicatie met bewoners, voor, tijdens en na de oplevering is essentieel. Zorg voor eenvoudige voorlichting op meerdere momenten en via meerdere kanalen. Als bewoners hun huis snappen, zijn zij meer tevreden.

## Vlietpoort Den Haag

Stebru Bouwgroep

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een woongebouw met 24 bouwlagen. De  $A_{1s}/A_g$ -ratio van dit gebouw is 0,82. Voor dit gebouw is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken: Rc vloer 3,5-6,0; gevel 5,0; dak 7,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / U-glas 1,05 / externe warmtelevering / balansventilatie met wtw en CO<sub>2</sub>-sturing / 90 PV-panelen.





Dit concept voldoet niet aan alle eisen:

 BENG 1 ( $\leq 65$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	52,6 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 2 ( $\leq 50$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	37,1 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 3 ( $\geq 40\%$ )	10%
 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	1,09 – 2,35

Ter vergelijking is voor dit gebouw een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken:

Rc vloer 5,0; gevel 5,0; dak 7,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / U-glas 0,9 (ZTA 0,2-0,3) / externe warmtelevering / douche-wtw / balansventilatie met wtw en CO<sub>2</sub>-sturing / 90 PV-panelen op dak en 365 PV-panelen langs de gevel.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen:

 BENG 1 ( $\leq 65$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	54,4 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 2 ( $\leq 50$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	24,3 kWh/m <sup>2</sup> .jr
 BENG 3 ( $\geq 40\%$ )	40%
 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,26 – 0,77

In dit voorbeeld is ingezet op extra PV-panelen. Dit heeft consequenties voor de architectuur. De gevelpanelen kunnen achterwege blijven als de externe warmtelevering een fP<sub>del</sub>-waarde van rond de 0,5 zou hebben. Dan zouden panelen op dak voldoende zijn om aan BENG te voldoen. Om het risico van temperatuuroverschrijding te verkleinen is in het verbeterde concept gerekend met glas met een extra lage ZTA-waarde. Dit is een effectieve maatregel.



## Frank is een Binck, Den Haag

Stebru Bouwgroep

Rekenvoorbeeld aan de hand van een concept voor een woongebouw met 18 bouwlagen. De  $A_{1s}/A_g$ -ratio van dit gebouw is 0,85. Voor dit gebouw is een basisvariant ontworpen met een EPC van 0,4 met de volgende kenmerken:

Rc vloer 4,5; gevel 4,5; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / U-glas 1,2 / collectieve bodemwarmtepomp en niet-preferente externe warmtelevering / bodemkoeling / balansventilatie met wtw en CO<sub>2</sub>-sturing / 220 PV-panelen.

Dit concept voldoet niet aan alle BENG-eisen:

🔴 BENG 1 ( $\leq 65$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	65,1 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 2 ( $\leq 50$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	38,2 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 3 ( $\geq 40\%$ )	55%
🟢 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,0

Ter vergelijking is voor dit gebouw is een verbeterd energieconcept doorgerekend met de volgende kenmerken:

Rc vloer 4,5; gevel 5,0; dak 6,0 /  $Q_{v,10}$ : 0,3 / U-glas 1,2 / collectieve bodemwarmtepomp en niet-preferente externe warmtelevering / bodemkoeling / balansventilatie met wtw en CO<sub>2</sub>-sturing (werkelijk vermogen) / geen PV.

Dit concept voldoet aan alle BENG-eisen en aan de TOjuli-eis:

🟢 BENG 1 ( $\leq 65$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	64,8 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 2 ( $\leq 50$ kWh/m <sup>2</sup> .jr)	49,9 kWh/m <sup>2</sup> .jr
🟢 BENG 3 ( $\geq 40\%$ )	40%
🟢 TOjuli ( $\leq 1,0$ )	0,0

In vergelijking tot het basisconcept met een EPC van 0,4 zijn beperkte wijzigingen nodig om zonder PV aan de BENG-eisen te voldoen. Het benodigde aandeel hernieuwbare energie wordt dan volledig door de bodemwarmtepomp geleverd. Deze warmtepomp geldt als actieve koeling waardoor TOjuli automatisch op 0,0 is gesteld.



## Verder lezen

- Warmtenetten in BENG, Lente-akkoord, juni 2019.
- Eisen aan temperatuuroverschrijding in nieuwe woningen, Lente-akkoord, september 2019.
- Communicatie bij ZEN-woningen, Lente-akkoord, juni 2016.
- Consequenties definitieve BENG-eisen en TOjuli, Nieman RI i.o.v. Lente-akkoord, 24 oktober 2019.
- Onderzoek voor handvatten zeer energiezuinige nieuwbouw - BENG, Nieman RI i.o.v. Lente-akkoord, juni 2016.
- Wat betekent BENG voor de Bouw? Webinar over de BENG-eisen in nieuwbouwwoningen, Bouwend Nederland i.s.m. Lente-akkoord, 25 september 2019. Terug te zien tot 25 september 2020.
- Woonbelevingsonderzoek bij bewoners van ZEN nieuwbouwwoningen, bureau voor woononderzoek i.o.v. Lente-akkoord, september 2019.

Alle publicaties staan op [www.lente-akkoord.nl](http://www.lente-akkoord.nl).

Kijk ook op [www.rvo.nl/beng](http://www.rvo.nl/beng).

## Colofon

Deze tekst is gemaakt in samenwerking met de Themagroep BENG en TOjuli, geïnitieerd door Lente-akkoord Zeer Energiezuinige Nieuwbouw. Aan de themagroep is deelgenomen door Nico Blaauw (Trebbe Wonen), Jos van Boxtel (Stebru Bouwgroep), Marit Cornelisse (Nieman RI), Ruud Geerligts (RVO), Irmine van der Geest (Syntrus Achmea Real Estate & Finance), Dick van Ginkel (Van Wijnen Midden), Bram Gubbens (Hoedemakers bouw en ontwikkeling), Niek Habraken (Kleurrijk Wonen), Jochem Joosten (Synchroon), Marco Kranenburg (ERA Contour), Cees Leenaerts (W/E Adviseurs), Johan Riezebos (Ter Steege Advies & Innovatie), Jasper Ritsema (Aalberts Ontwikkeling), Lars Roossien (Geveke Bouw), Stefan de Ruijter (Hurks Vastgoedontwikkeling), Gelly Sehat (PlanGarant Nederland), Dennis Strijards (Heijmans), Harm Valk (Nieman RI), Jos de Vries (BPD).  
Voorzitter: Claudia Bouwens (Lente-akkoord ZEN).

**Samenstelling & redactie** > Claudia Bouwens (NEPROM, Lente-akkoord)  
Speciale dank aan Harm Valk (Nieman Raadgevende Ingenieurs)

**Tekst** > Henk Bouwmeester  
November 2019

**Fotoverantwoording voorkant** > BPD

**Overige illustraties en foto's** > met dank aan Trebbe Wonen, Romazo, Crédit Photo Dickson, BPD, Hurks Vastgoed Ontwikkeling, Ivo van Rooy, ERA Contour, Van Wijnen, Stebru Bouwgroep.

Vanaf 1 juli 2020 moet woningbouw bijna energieneutraal zijn. Dat is vertaald in een stelsel van BENG-indicatoren en bijbehorende eisen. BENG komt in plaats van de huidige EPC.

In BENG wordt de energieprestatie uitgedrukt met drie indicatoren:

- De energiebehoefte van het gebouw.
- Het primair fossiele energiegebruik.
- Het aandeel hernieuwbare energie.

Met BENG wordt op 1 juli 2020 ook de TOjuli-eis voor beperking van het risico van temperatuuroverschrijding van kracht.

Een woning moet tegelijk aan alle eisen en randvoorwaarden voldoen. Dat plaatst de hele bouwkolom voor grote uitdagingen. Van begin tot eind moet het proces van ontwikkelen, ontwerpen, bouwen en opleveren opnieuw worden doordacht. Energie moet gedurende het hele proces integraal aandacht krijgen.

In deze publicatie lichten we het BENG-stelsel toe en beschrijven we de belangrijkste maatregelen om aan de eisen te kunnen voldoen. Met rekenvoorbeelden maken we de consequenties inzichtelijk.