LenteAkkoord
Zeer Energiezuinige Nieuwbouw

Woningbouw volgens BENG

Do's en don'ts voor bijna energieneutraal bouwen

Februari 2017

Inhoud

3 Kunt u in 2020 nog bouwen?

5 De drie BENG-indicatoren

8 Woningbouw volgens BENG 1

12 Woningbouw volgens BENG 2

17 Woningbouw volgens BENG 3

20 Comfortabel, gezond én BENG

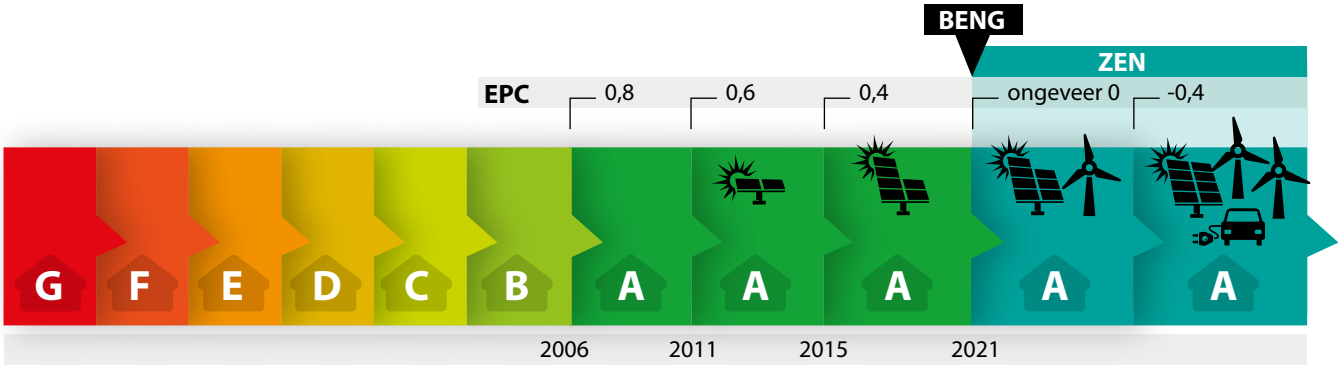
22 Bent u klaar voor de toekomst?

23 Verder lezen

23 Colofon

Kunt u in 2020 nog bouwen?

Nieuwbouwwoningen die na 2020 worden opgeleverd moeten bijna energieneutraal zijn. Wie niet aan die eis voldoet, mag zijn projecten straks niet meer realiseren. Bouwpartijen moeten daarom op een andere manier gaan ontwikkelen, ontwerpen, bouwen en opleveren. In deze publicatie staat wat BENG betekent voor de nieuwbouw van woningen.



Wettelijke eis bij bouwaanvraag nieuwbouwwoning

Gebouwgebonden energieneutraal (eis van EU)

Nul-op-de-meter Energieleverende woningen

Wat is BENG?

BENG staat voor 'bijna energieneutraal gebouw'. In BENG wordt de energieprestatie van een gebouw uitgedrukt met drie indicatoren:

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

Voor deze indicatoren worden afzonderlijke eisen bepaald. Deze worden wettelijk vastgelegd en komen in de plaats van de huidige EPC. De nieuwe eisen gelden voor woningen die op of na 1 januari 2021 worden opgeleverd.

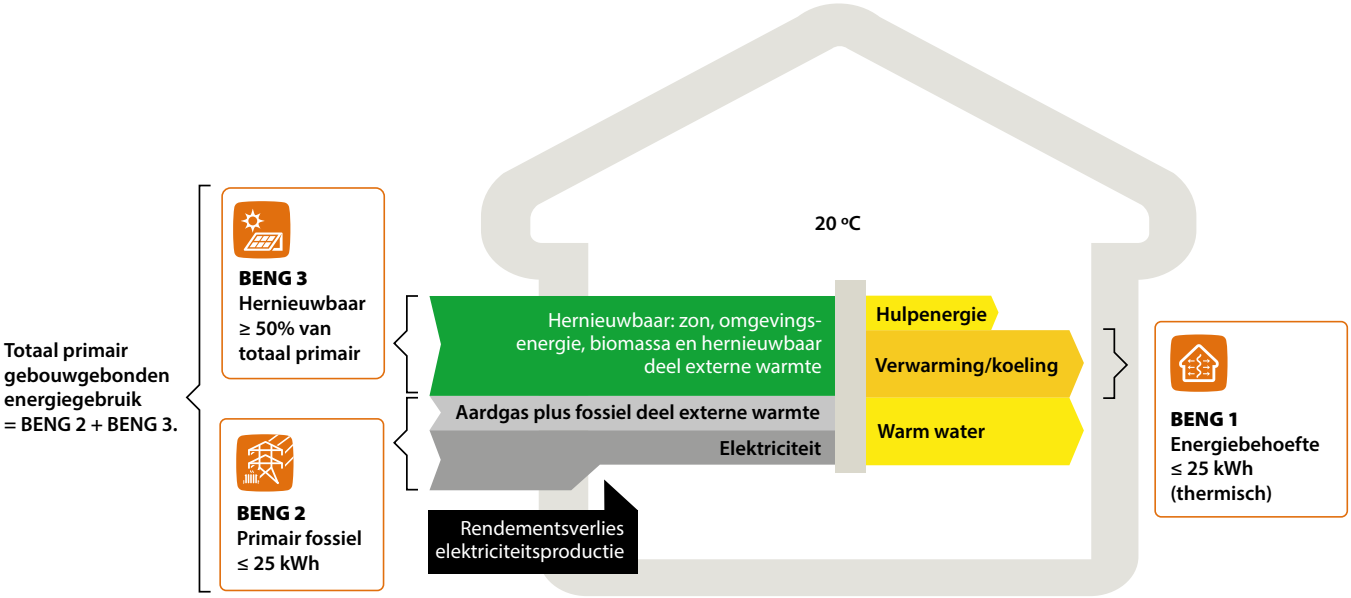
Deze publicatie

Het BENG-stelsel is in ontwikkeling. Details worden nog uitgewerkt, maar de grote lijnen staan vast. In opdracht van het Lente-akkoord is aan de hand van enkele woningconcepten onderzocht wat de effecten van de voorgenomen eisen zijn, zowel voor grondgebonden woningen als voor gestapelde bouw. BENG plaatst de hele bouwkolom voor grote uitdagingen. Zoveel is duidelijk. Van begin tot eind moet het proces van ontwikkelen, ontwerpen, bouwen en opleveren opnieuw worden doordacht.
Bouwpartijen die klaar willen zijn voor de toekomst, doen er goed aan om de concepten die zij nu realiseren, aan BENG te toetsen. Hoe scoren huidige plannen? Waar zitten de knelpunten en welke verbeterpunten zijn er? Om bouwpartijen hierbij te helpen, lichten we het BENG-stelsel toe en beschrijven we belangrijke aandachtspunten.

Proces

De definitie van BENG is in Europa globaal vastgesteld in de EPBD Recast (Energy Performance of Buildings Directive). Het ministerie van BZK, ondersteund door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, heeft de indicatoren binnen dat kader verder uitgewerkt. De BENG-indicatoren en de voorgenomen eisen die daaraan worden gesteld, zijn onder meer gebaseerd op een analyse van energiestromen bij zeer energiezuinige woningen en utiliteitsgebouwen. De voorgenomen eisen zijn vastgelegd in een brief van de minister voor Wonen en Rijksdienst aan de Tweede Kamer van 2 juli 2015. Daarin staat dat na 2020 alle nieuwe gebouwen bijna energieneutraal moeten zijn. Voor overheidsgebouwen geldt deze eis al vanaf 1 januari 2019. Tot die tijd wordt nader onderzoek gedaan. Onder andere naar de kostenoptimaliteit van het eisenpakket. De definitieve eisen kunnen daardoor enigszins afwijken van wat nu is voorgenomen.

Woningbouw volgens BENG 1, 2 en 3



De BENG-indicatoren hebben alleen betrekking op gebouwgebonden energiestromen inclusief tapwaterverwarming. De energie voor verlichting wordt bij woningbouw buiten beschouwing gelaten. Ook huishoudelijke apparaten tellen niet mee.

Het 'primair fossiel energiegebruik' is de hoeveelheid energie uit niet-hernieuwbare bronnen die geen omzetting of transformatie heeft ondergaan.

Als eenheid van energie wordt kWh gebruikt. Dat geldt ook voor de hoeveelheid energie in de vorm van fossiele brandstof. Het gaat in deze tabel dus niet om de kilowatturen die op een elektriciteitsmeter worden geteld.

- *1 kWh is evenveel als 3,6 MJ.*
- *1 m³ aardgas heeft een primaire energie-inhoud van circa 9,8 kWh.*
- *1 m³ aardgas levert na omzetting in een elektriciteitscentrale 3,8 kWh elektriciteit op basis van rendement elektriciteitscentrale 39%.*

De berekening van de BENG-indicatoren is beschreven in de Handreiking BENG. In de berekening wordt vooralsnog gebruik gemaakt van deelresultaten uit de EPC-berekening volgens NEN 7120.

Dat de voorgenomen eisen voor BENG 1 en BENG 2 dezelfde waarde hebben, is toeval.

De drie BENG-indicatoren

BENG is geïnspireerd op het principe van de Trias Energetica: eerst de energievraag beperken, dan energie uit hernieuwbare bronnen gebruiken en voor het restant eindige energiebronnen efficiënt benutten. In een iets andere volgorde zijn daarop de drie BENG-indicatoren gedefinieerd.

	Indicator	*Wat houdt deze in?*	*Voorgenomen eis woningen*	*Aandachtspunten om aan de eis te kunnen voldoen*
BENG 1	Energie-behoefte	Behoefte aan energie voor verwarming en koeling. Let op: vanwege kans op oververhitting, wordt een fictieve toeslag voor 'zomercomfort' berekend.	Maximaal 25 kWh/m² per jaar thermisch	Stedenbouwkundig ontwerp, oriëntatie, compact ontwerp, schilisolatie, luchtdichtheid, zomernachtventilatie, ventilatiesysteem, zonwering.
BENG 2	Primair fossiel energie-gebruik	De hoeveelheid fossiele brandstof die gebruikt wordt voor verwarming, koeling, warmwater en installaties. Let op: voor netstroom wordt het rendement van elektriciteitsproductie verrekend.	Maximaal 25 kWh/m² per jaar primair fossiel	Efficiënte installaties, warmteafgifte op lage temperatuur, warmwater met korte leidingen en warmteterugwinning, toepassing van hernieuwbare energie (ook BENG 3).
BENG 3	Aandeel hernieuwbare energie	De hoeveelheid hernieuwbare energie gedeeld door het totaal primaire energiegebruik (fossiel + hernieuwbaar).	Minimaal 50%	Toepassing van PV, zonneboiler, bodemenergie, omgevingswarmte, biomassa, externe warmtelevering (mits hernieuwbaar).

Het project Hogenkampseweg is binnen het ZEN-platform het eerste gerealiseerde project dat volledig aan BENG voldoet. Het project is in november 2016 opgeleverd.

Hogenkampseweg te Renkum

Bouwer/ontwikkelaar: Optimum plus
Opdrachtgever: Vivare Vastgoedregie

Tussenwoning met zadeldak. Rc-waarde vloer 6,0, gevel 6,1 en dak 6,0, triple glas, infiltratie ($q_{v;10}$) 0,4, HR 107-ketel, balansventilatie met wtw en 21 m² PV. De EPC van deze woning is 0,0. De woning voldoet ook aan de voorgenomen BENG-eisen:

- BENG 1: 23,5 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: 18,9 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 58%

Een tussenwoning is compact doordat de thermische schil ten opzichte van de vloeroppervlakte relatief klein is. Dat is gunstig omdat daarmee de energiebehoefte (BENG 1) automatisch beperkt is. Deze woning is bovendien goed geïsoleerd en goed kierdicht. Tezamen met de zonnepanelen voldoet deze woning nu al aan de voorgenomen BENG-eisen.

- Meerkosten (t.o.v. EPC 0,4): €6.775 (= €63 per m²)
- Energielasten: €49 per maand

De luchtdichtheid van de woningen is middels een blowerdoor-test getoetst. De vereiste $q_{v;10}$ van 0,40 werd ruimschoots gehaald. Deze bleek < 0,30 l/sec/m². Met infrarood camera's is getoetst op warmtelekken.
De komende twee jaar worden 20 woningen gemonitord op energieverbruik, energieopwekking en wooncomfort.

Toets bij oplevering

Een nieuwbouwwoning wordt nu aan de EPC getoetst met berekeningen vooraf. Tegen de tijd dat BENG van kracht wordt, is naar verwachting ook 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. Kwaliteitscontrole en inregeling van installaties zijn dan dus medebepalend voor de energieprestatie.

Samenhang in BENG

Een gebouw moet gelijktijdig aan de drie eisen voldoen. Het is niet mogelijk een onvoldoende op de ene indicator te compenseren met een ruime voldoende op een andere. Maar er zijn wel relaties tussen de drie indicatoren.

- BENG 1 hangt samen met BENG 2. Als een woning minder energie nodig heeft voor verwarming en koeling, dan wordt er meestal ook minder primair fossiele energie gebruikt. Deze relatie is niet één-op-één, want energie voor verwarming en koeling kan ook worden geleverd door hernieuwbare bronnen. Bovendien valt tapwaterverwarming wel onder BENG 2, maar niet onder BENG 1.
- Er is ook een relatie tussen BENG 2 en BENG 3. Als een woning meer hernieuwbare energie opwekt, wordt er minder aanspraak gedaan op fossiele brandstoffen.

Verschil met de EPC

De EPC geeft één waarde voor de energieprestatie van een woning. Binnen die waarde kan een matige score op het ene aspect worden goedgemaakt door een extra hoge score op een ander aspect. Dat is in BENG niet meer mogelijk.

In de EPC valt de post 'verlichting' onder het gebouwgebonden energiegebruik. In BENG (bij woningbouw) wordt verlichting tot het huishoudelijk energiegebruik gerekend.

Analyses van recente plannen voor nieuwbouwwoningen laten zien dat BENG 1 (terugdringen van de energiebehoefte) het meest kritisch is. Zeer energiezuinige woningen, zelfs die met een EPC van nul of negatief, voldoen soms niet aan de voorgenomen eis van maximaal 25 kWh per m².

Hoekwoning Noord-Brabant

Bouwer/ontwikkelaar: ERA Contour
Opdrachtgever: Stadlander

Hoekwoning met plat dak, Rc-waarde vloer 5,0, gevel 6,5 en dak 7,0, triple glas U-waarde 1,1, infiltratie ($q_{v;10}$) 0,5, HR 107-ketel, mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer en CO_2-sturing, 32 m² PV. Ook deze woning heeft een zeer lage EPC: 0,06. Toch voldoet de woning niet aan BENG:

- BENG 1: 57,0 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: 47,0 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 43%
- Energielasten: €61 per maand

Een hoekwoning heeft meer verliesoppervlak dan een tussenwoning. Ook een plat dak is uit energie-oogpunt minder gunstig. Er zijn veel aanvullende maatregelen nodig om de woning te laten voldoen aan BENG. Bijvoorbeeld betere thermische isolatie (Rc-waarde vloer 6,0, gevel 9,0 en dak 10,0), betere kierdichting ($q_{v;10}$) 0,4, triple glas met een U-waarde 0,8, balansventilatie met wtw en CO_2-sturing en berekening van lineaire warmteverliezen (ipv forfaitair). De EPC wordt dan -0,13.

- BENG 1: 24,4 kWh/m² per jaar
- BENG 2: 12,4 kWh/m² per jaar
- BENG 3: 74%

Reductie van de energiebehoefte (BENG 1) door betere thermische isolatie en balansventilatie met wtw geven de doorslag. Doordat de energiebehoefte lager is, is ook het primair fossiele energiegebruik lager en automatisch het aandeel hernieuwbare energie hoger.

- Meerkosten (t.o.v. EPC 0,4): €12.090 (= €120 per m²)
- Energielasten: €39 per maand

De meerkosten zijn aanzienlijk. Een aanpassing van het ontwerp is waarschijnlijk kosteneffectiever. Dat is in deze studie niet bekeken.

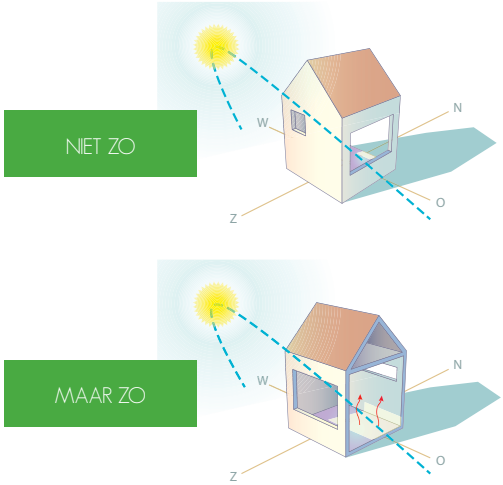
BENG 1 (voorgenomen):

De jaarlijkse energiebehoefte van een woning is maximaal 25 kWh/m².

Kopersopties

Of een woning voldoet aan BENG, wordt in de toekomst bij oplevering getoetst. Daarbij gaat het om de woning plus de aangeboden opties. Opties zoals een (extra) dakkapel of een uitbouw moeten dus ook aan BENG voldoen. Het is niet mogelijk het energiegebruik als gevolg van die opties te compenseren met bijvoorbeeld extra zonnepanelen. Dit vergt dus nog nadere aandacht!

BENG 1 gaat over de hoeveelheid energie die een gebouw nodig heeft om warmteverlies ten gevolge van transmissie en ventilatie te compenseren. Bepalend voor BENG 1 zijn de compactheid van het ontwerp, de oriëntatie ten opzichte van de zon, de isolatie van de gebouwschil, kierdichtheid, het ventilatiesysteem en de maatregelen om oververhitting te voorkomen.



Het stedenbouwkundig ontwerp bepaalt voor een groot deel de mogelijkheden om woningen gunstig op de zon te oriënteren en om zonnepanelen te plaatsen.

Stedenbouwkundig ontwerp

In een stedenbouwkundig ontwerp zijn vaak verkavelingen, oriëntaties en (dak)vormen vastgelegd. Deze zijn van grote invloed op de energiebehoefte van de woningen en de mogelijkheden om zonne-energie te benutten. Het stedenbouwkundig ontwerp is daardoor bepalend voor de keuzevrijheid die de architect en de bouwer in het vervolgproces hebben om aan BENG te voldoen. Een stedenbouwkundig ontwerp met compacte, geschakelde bouwvolumes, zongerichte woningen en dakvormen die ruimte bieden voor zonnepanelen geeft de meeste mogelijkheden.

Compact ontwerp

Een ontwerp is compact als een woning veel vloeroppervlak heeft in verhouding tot het verliesoppervlak. Een compact ontwerp maakt het verderop in het proces gemakkelijker om aan BENG 1 te voldoen. Een minder compact ontwerp is mogelijk, maar dan worden hogere eisen gesteld aan de thermische schil. Een hoekhuis met één bouwlaag en een vrijstaand huis zijn minder compact dan een tussenwoning met een zadeldak. Uitbouwen, erkers, patio's en dakkapellen zijn in dit verband ongunstig. Hoogbouw is doorgaans compacter dan grondgebonden bouw. Dat is hier een voordeel.

Oriëntatie en glas

Via glas gaat meer warmte verloren dan via een dichte gevel. Maar er is ook warmtewinst doordat de zon naar binnen schijnt. De open-dicht-verhouding, de oriëntatie van het glas, de U-waarde en de ZTA-waarde van het glas zijn daarmee van grote invloed op de energiebehoefte. Vergeleken met grondgebonden woningen bestaat bij hoogbouw een groter deel van de gevel uit glas dat bovendien niet altijd gunstig kan worden georiënteerd. Dat werkt bij deze eis dus in het nadeel.

Woningbouw volgens BENG 1

Thermische schil

Om de energiebehoefte te beperken moet de isolatiewaarde van de thermische schil hoog zijn. Vooral een minder compact en/of ongunstig georiënteerd gebouw moet het daarvan hebben. Een vrijstaande woning kan alleen met zeer goede isolatie voldoen aan BENG 1. Dat helpt overigens ook om de woning 's zomers koel te houden. Verder tellen luchtdicht bouwen en het beperken van lineaire warmteverliezen (koudebruggen) zwaar mee. Het is aan te raden het ontwerp op deze punten gedetailleerd uit te werken en te realiseren en de luchtdichtheid te controleren.

Ventilatie

De meest gangbare ventilatiesystemen zijn ventilatie met mechanische afvoer en natuurlijke toevoer via ventilatieroosters (type C) en balansventilatie met warmteterugwinning (type D). Bij toepassing van type D is het warmteverlies kleiner en dus de energiebehoefte lager. In een vrijstaande woning is dit de meest logische keuze om aan BENG 1 te voldoen. In geschakelde woningen blijven beide systemen mogelijk. In principe kan de warmte uit ventilatielucht ook worden benut voor warm tapwater. Dat heeft in de berekening echter alleen effect op BENG 2. Regeling van ventilatie per ruimte en op basis van CO_2 is zeer effectief. Tegelijk draagt die maatregel bij aan comfort en gezondheid.

Een duurzaam stedenbouwkundig plan houdt rekening met oriëntatie op de zon en met aspecten als landschap, water, verkeer en ecologie.
Zoals het project Groevenbeek-Noord in Ermelo. Van Wijnen heeft hier 39 nul-op-de-meterwoningen voor starters gerealiseerd. Alle woningen zijn georiënteerd op de zon. De entree is op noord. De natuurlijk ingerichte ruimte tussen de woningen is verbonden met het kenmerkende landschap rond de wijk. Bomen aan noord- en westzijde zijn behouden als landschappelijke buffer. Parkeerplaatsen zijn aan de oost- en noordkant aangelegd. Verder is er zo weinig mogelijk verharding aangebracht. Regenwater wordt daardoor geïnfiltreerd in de bodem en niet afgevoerd via het riool.

Een compact ontwerp maakt het makkelijker om aan BENG 1 te voldoen.

Basiswoning Ter Steege.

Basiswoning Ter Steege

Bouwer/ontwikkelaar Ter Steege

Tussenwoning met zadeldak. Rc-waarde vloer 5,0, gevel 5,3 en dak 6,6, HR 107-ketel, HR^{++}-glas, mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer, infiltratie ($q_{v;10}$) 0,3 en 30,4 m² PV. De EPC van deze woning is -0,08.

- BENG 1: 30,1 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: 16,5 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 64%
- Energielasten: €41 per maand

Hoe kan dit woningconcept aan BENG voldoen? Er zijn twee opties doorgerekend.

Optie 1: triple glas ipv HR^{++}-glas, aangevuld met zonwering. De EPC wordt dan -0,12.

- BENG 1: 23,8 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: 12,8 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 77%
- Meerkosten (t.o.v. EPC 0,4): €9.300 (= €84 per m²)
- Energielasten: €39 per maand

Optie 2: balansventilatie met wtw en CO_2-sturing ipv mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer. De EPC wordt dan -0,10.

- BENG 1: 24,9 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: 9,9 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 75%
- Meerkosten (t.o.v. EPC 0,4): €10.800 (= €97 per m²)
- Energielasten: €39 per maand

Wie de voorkeur geeft aan mechanische ventilatie kan met deze woning aan BENG voldoen door triple glas te plaatsen. Wanneer balansventilatie met wtw wordt toegepast, is HR++-glas voldoende. Bij deze woning is er meer PV geplaatst dan volgens de BENG-eisen strikt genomen nodig is. De extra PV kan uiteraard voor het huishoudelijke elektriciteitsgebruik worden ingezet.

Kozijn aan de binnenzijde luchtdicht afgeplakt.

Oververhitting en zonwering

Een temperatuur boven 25ºC wordt in het Bouwbesluit aangemerkt als oververhitting. Hiertegen zijn maatregelen nodig. Een te openen raam is in iedere verblijfsruimte volgens het Bouwbesluit verplicht. Maar het werkt alleen als bewoners die ramen in de praktijk open kunnen zetten zonder geluidsoverlast van buiten en zonder gevaar voor inbrekers. Bij ramen op het zuiden werkt een grote overstek om overmatige zonbelasting weg te nemen. Ook buitenzonwering, luifels of luiken zijn mogelijk. Bij ramen op het oosten en het westen is een overstek of een luifel niet effectief. Dan zijn luiken of andere vormen van vertikale (externe) zonwering nodig. Ook actieve koeling met warmte-koudeopslag is mogelijk.

Toeslag voor zomercomfort

Als oververhitting te lang aanhoudt, leidt dat tot discomfort. Vooral als de woning 's nachts niet meer afkoelt. Soms is dat voor bewoners aanleiding om naderhand zelf een koelsysteem te plaatsen. De energie die daarmee gemoeid is, wordt geschat en in de energieprestatieberekening aangeduid als 'zomercomfort'. Dit is een toeslag op de berekende energiebehoefte.
De toeslag in de EPC-berekening is een signaal voor bouwpartijen om adequate maatregelen tegen oververhitting te treffen.

Neem oververhitting serieus

Het probleem van oververhitting wordt de laatste tijd groter door drie factoren:

- Woningen worden beter geïsoleerd waardoor deze hun warmte moeilijker kwijtraken.
- Het klimaat verandert; er zijn 's zomers meer tropische dagen.
- Steden en woonwijken worden compacter bebouwd waardoor hitte-eilanden ontstaan.

Als hitte te lang aanhoudt, leidt dat tot discomfort. Als het binnen warmer is dan 26 graden, geldt dat als gezondheidsrisico (bron: GGD).

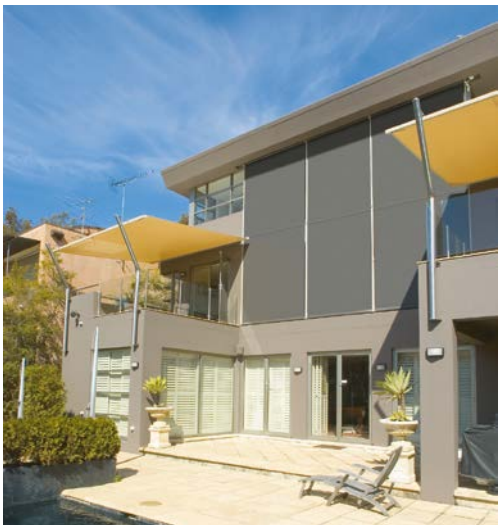


Foto Dickson

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

Do's

- Probeer de keuzes ten aanzien van verkaveling, oriëntatie van woningen en de vorm van woongebouwen (massastudie) te beïnvloeden.
- Let in het ontwerp op compactheid, de hoeveelheid glas en de oriëntatie van glas.
- Voorkom oververhitting. Denk aan overstekken, natuurlijke zomernachtventilatie en buitenzonwering.
- Let op aansluitdetails, koudebruggen en luchtdichtheid.
- Maak al op basis van een schetsontwerp een eerste energieberekening.
- Bereken ook zo vroeg mogelijk het risico van oververhitting.

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 ontwerpstadium 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 aan de orde.

BENG 2 (voorgenomen):

Het jaarlijkse primaire fossiele energiegebruik van een woning is maximaal 25 kWh/m².

BENG 2 gaat over primair fossiel energiegebruik voor verwarming, koeling, warm tapwater en hulpenergie voor installaties. Bepalend zijn de energiebehoefte (BENG 1) en de efficiëntie van installaties. Denk aan lage-temperatuurverwarming, korte aanvoerleidingen voor warm tapwater, warmteterugwinning en toepassing van hernieuwbare energie. Verlichting en huishoudelijke apparaten blijven in BENG bij woningen buiten beschouwing.

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

Woningbouw volgens BENG 2

Efficiënte installaties

Om te voorzien in de behoefte aan warmte, koude, warm tapwater en verse lucht worden installaties toegepast die zorgen voor de nodige omzetting. Hoe efficiënter die installaties werken, hoe minder primaire energie de woning gebruikt. Het is belangrijk installaties vóór oplevering goed in te regelen.

Warmteafgifte op lage temperatuur

Verwarming met een afgiftesysteem dat werkt op lage temperatuur is efficiënter dan klassieke cv met een hoge afgiftetemperatuur. Denk er ook aan dat het systeem werkt met zo weinig mogelijk (extra) circulatiepompen.

Tapwater

Een efficiënt warmwatersysteem is essentieel. Stap één is het beperken van leidinglengte en het benutten van restwarmte, met name uit afvoerlucht en douchewater. Stap twee is een efficiënt en/of duurzaam opweksysteem, bijvoorbeeld een zonneboiler, combiketel of warmtepomp.
Vooral in hoogbouw kan een boosterwarmtepomp uitkomst bieden. Dat is mogelijk bij externe warmtelevering en bij toepassing van een collectieve warmtepomp of cv-ketel. De centrale warmtelevering vindt

Do's

- Kies voor de meest energiezuinige installaties voor verwarming, koeling, ventilatie en warm water.
- Kies voor lage-temperatuurverwarming, zelfs als hoge temperatuur beschikbaar is.
- Zorg in het ontwerp voor korte aanvoerleidingen voor warm water.
- Installeer een douche-wtw en andere installaties om restwarmte nuttig te gebruiken.
- Gebruik een zonneboiler en/of een boosterwarmtepomp voor tapwaterverwarming.

Don'ts

- Ga niet automatisch uit van verwarming op basis van een gasgestookte cv-ketel. Houd alle opties open, innoveer en denk na over de mogelijkheden op lange termijn.
- Voorkom lange leidingen tussen een warmwatertoestel en de afgiftepunten. Een elektrische keukenboiler maakt het lastig om aan BENG 2 te voldoen.

Basiswoning Trebbe

Bouwer/ontwikkelaar Trebbe

Tussenwoning met zadeldak. Rc-waarde vloer 3,5, gevel 5,2 en dak 6,0, cv-ketel, HR^{++}-glas, douche-wtw, mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer en CO_2-sturing, infiltratie ($q_{v;10}$) 0,4 en 14,4 m² PV. De EPC van deze woning is 0,2.

- BENG 1: 35,2 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: 40,1 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 28%
- Energielasten: €67 per maand

Er zijn verschillende opties om dit concept aan BENG te laten voldoen. Zoals toepassing van balansventilatie met wtw en CO_2-sturing en 22,4 m² PV (ipv 14,4). De EPC wordt dan 0,0.

- BENG 1: 24,1 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: 19,2 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 56%

Balansventilatie met wtw verlaagt de energiebehoefte (BENG 1). De extra PV-panelen verlagen het primaire energiegebruik (BENG 2) en verhogen het aandeel hernieuwbare energie (BENG 3).

- Meerkosten (t.o.v. EPC 0,4): €12.076 (= €110 per m²)
- Energielasten: €46 per maand

Een andere optie is verbeterde isolatie (Rc vloer 5,0 gevel 5,2 en dak 8,0), triple glas, infiltratie ($q_{v;10}$) 0,3 en douche-wtw. De EPC wordt dan 0,01.

- BENG 1: 24,8 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: 21,8 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 51%
- Meerkosten (t.o.v. EPC 0,4): €10.413 (= €95 per m²)
- Energielasten: €47 per maand

Basiswoning Trebbe,
43 huurwoningen Grote Boel
Nijmegen. Gerealiseerd 2015.

plaats met water van circa 40°C. In de appartementen wordt dat gebruikt voor vloer- en/of wandverwarming. Ieder appartement heeft een boosterwarmtepomp die het retourwater vervolgens gebruikt als bron voor verwarming van tapwater. Door de systemen goed in te regelen, is een hoog rendement mogelijk.

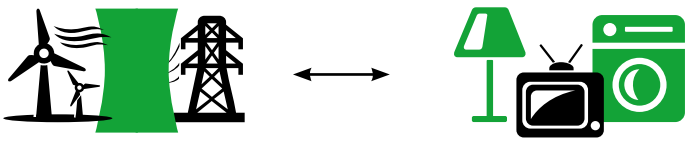
Hernieuwbare energie

Het totaal primaire energiegebruik kan geheel of gedeeltelijk worden gedekt door opwekking met hernieuwbare bronnen zoals zonne-energie, bodemenergie, biomassa en omgevingswarmte. Ook externe warmte, voor zover geleverd door hernieuwbare bronnen, telt mee.

Fossiele brandstoffen

Energie die niet wordt geleverd door hernieuwbare bronnen, is afkomstig van fossiele brandstoffen. Het gaat daarbij om elektriciteit die in centrales wordt opgewekt, aardgas die via het net wordt geleverd en externe warmte die door niet-hernieuwbare bronnen wordt opgewekt. Deze leveringen mogen samen niet meer zijn dan 25 kWh/m² per jaar. Bij de geleverde elektriciteit moet het rendements-verlies in de elektriciteitscentrale worden verrekend.

Primaire energie **versus** **Energie op de meter**



NU		
2,56 kWh primaire energie	⟷	1 kWh elektriciteit
1 kWh primaire energie	⟷	0,39 kWh elektriciteit
STRAKS		
2,14 kWh primaire energie	⟷	1 kWh elektriciteit
1 kWh primaire energie	⟷	0,47 kWh elektriciteit

Wat is primair fossiele energie?

Primair fossiele energie is de energie uit niet-hernieuwbare bronnen die nog geen omzetting of transformatie heeft ondergaan. In de praktijk gaat het om:

- Aardgas voor een cv-ketel.
- Fossiele brandstoffen die worden gebruikt in een elektriciteitscentrale.
- Fossiele brandstoffen die worden ingezet bij de centrale productie van warmte.

Centrale elektriciteitsopwekking

Bij opwekking van elektriciteit in een centrale gaat meer dan de helft van de energie-inhoud van fossiele brandstoffen verloren. Dat rendementsverlies moet in BENG 2 worden verrekend.
De rendementsfactor bij centrale elektriciteitsopwekking is 2,56. Verwacht wordt dat deze in de loop van 2017 op 2,14 wordt gesteld. Dan telt 1 kWh elektriciteit op de meter in huis volgens BENG 2 mee voor 2,14 kWh primair fossiele energie.

Houthaven Pier 2 Amsterdam (BPD)

Houthaven Pier 2, Amsterdam

Ontwikkelaar: BPD

Tussenwoning met vijf bouwlagen en zadeldak. Rc-waarde vloer 3,5, gevel 4,5 en dak 6,0, externe warmtelevering, HR^{++}-glas, mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer, infiltratie ($q_{v;10}$) 0,7 en 22,4 m² PV. De EPC is 0,15.

- BENG 1: 46,0 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: 20,4 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 66%
- Energielasten: €104 per maand

Dit woningconcept voldoet niet aan BENG omdat de energiebehoefte ondanks de goede thermische isolatie toch te hoog is. Verdere reductie is mogelijk door triple glas, betere kierdichting ($q_{v;10}$: 0,4) en balansventilatie met wtw en CO_2-sturing. De EPC wordt dan 0,09.

- BENG 1: 25,0 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: 9,4 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 66%
- Meerkosten zijn niet berekend
- Energielasten: €93 per maand

De energielasten blijven relatief hoog door het tarief voor externe warmtelevering. Doordat de energiebehoefte verder is gereduceerd, neemt ook het primaire energiegebruik af en neemt het aandeel hernieuwbare energie licht toe.
In de 58 woningen worden thuisaccu's geplaatst.
De bewoners hebben hiermee 's nachts hun eigen groene stroom. In BENG heeft dit echter geen effect.

Van het gas af

Nederlands aardgas was in ons land altijd ruimschoots en goedkoop voorhanden. Dat is aan het veranderen. In Noordoost-Nederland kan steeds minder worden gewonnen, veel aardgasnetten zijn verouderd en de energievraag verschuift: minder aardgas en meer elektriciteit. Er wordt gesproken over het uitfaseren van aardgas in de komende decennia. Bouwprofessionals doen er goed aan na te denken over woningen zonder aardgas of woningen waar een hybride aardgasketel na vijftien jaar kan worden vervangen door een installatie zonder aardgas.

Woningbouw volgens BENG 3

BENG 3 (voorgenomen):

Het aandeel hernieuwbare energie is minimaal 50% van het totaal primaire energiegebruik (fossiel plus hernieuwbaar).

BENG 3 stelt eisen aan het aandeel hernieuwbare energie ten opzichte van het totale energiegebruik van een woning. Dat moet minimaal 50 procent zijn. Bij laagbouw biedt vooral de toepassing van zonne-energie uitkomst. Bij hoogbouw zijn ook andere hernieuwbare bronnen nodig.

De dakramen in Groevenbeek-Noord 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.

Zonne-energie

Actieve benutting van zonne-energie is zeer effectief om te voldoen aan BENG 3. Hiervoor bestaan verschillende systemen. Bekend zijn zonnepanelen (PV) en een zonneboiler. Innovatieve systemen zijn PVT (warmte en elektriciteit gecombineerd), zonnegevels en transparante zonnepanelen.
Bij grondgebonden woningen is meestal voldoende dakvlak beschikbaar. Zeker als daar in het stedenbouwkundig plan aan is gedacht. Bij hoogbouw ligt dat anders. Dan zijn (ook) andere bronnen van hernieuwbare energie en/of innovatieve zonnesystemen nodig.

Biomassa

Biomassa kan worden toegepast voor verwarming en warm water. Bijvoorbeeld met een cv-ketel die werkt op houtsnippers of pellets. Deze toepassing is vooral van belang in collectieve systemen.

Hurks levert in 2017 het project @Home Amstelkwartier op.

@Home Amstelkwartier

Bouwer: Hurks
Ontwikkelaar: Hurks, Lingotto, APF

Met een EPC van -0,007 is @Home Amstelkwartier de eerste energieneutrale woontoren van Nederland. De energieprestatie is gerealiseerd met een uitgekiend energieconcept en een reeks van maatregelen waaronder hoge Rc-waarden (vloer 5, gevels 6, dak 8) en drievoudig glas (U=0,9), CO_2 gestuurde ventilatie en stadsverwarming. Bijzonder is de toepassing van PV: bijna 400 m² op dak en 2.254 m² langs twee gevels.

- BENG 1: 30,1 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: 16,5 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 64%

@Home Amstelkwartier voldoet dus nog niet aan BENG. Dat was ook niet het doel toen het gebouw ontwikkeld werd. Met aanvullende maatregelen zou ook BENG 1 worden gehaald, vooral door het verlagen van de ZTA waarde van 0,6 naar 0,4, het toepassen van zonwering en het verder verbeteren van de luchtdichtheid ($q_{v;10}$ van 0,5 naar 0,25). Dit laatste is in gestapelde bouw goed haalbaar.

Do's

- Onderzoek de mogelijkheden van externe warmte-levering met duurzame bron. Vooral bij hoogbouw is dat vaak een goede optie om aan BENG 3 te voldoen.
- In het stedenbouwkundig plan of een beeldkwaliteits-plan zijn de mogelijkheden voor zonne-energie vaak impliciet bepaald. Overleg indien nodig of de plannen kunnen worden aangepast.
- Kies voor een ontwerp met een dakvlak dat geschikt is voor zonne-energie.

Don'ts

- Ga externe warmtelevering via aansluiting op een warmtenet niet uit de weg. Soms is het onmisbaar om aan BENG te voldoen.
- Leg zonnepanelen niet in de schaduw. Vermijd dakdoorvoeren want die geven schaduw.
- Blijf niet denken dat PV-panelen lelijk zijn. De architect kan zonnepanelen goed in het ontwerp integreren.

Vrijstaande woning, Utrecht. Oplevering: 2017.

Externe warmtelevering

Voor zover in een warmtenet de warmte CO_2-neutraal wordt opgewekt, telt dat mee als hernieuwbare energie. Voorbeelden zijn industriële restwarmte, koel- en aftapwarmte van een elektriciteitscentrale (stadsverwarming), verbrandingswarmte van een AVI en warmte uit biomassa. Per warmtenet wordt bepaald welk deel van de geleverde warmte hernieuwbaar is. Een warmtenet kan aantrekkelijk zijn om te voldoen aan BENG 3. Vooral bij hoogbouw in stedelijke gebieden.

Warmtepomp

Een warmtepomp maakt gebruik van warmte in de bodem of van omgevingswarmte. Het jaarrendement (SPF) van een warmtepomp voor verwarming kan 250 tot 400 procent zijn. Voor warm tapwater kan het jaarrendement circa 100 procent zijn. Een warmtepomp werkt op elektriciteit. Het rendement van elektriciteitsopwekking moet dus worden verrekend.

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

Vrijstaande woning Utrecht

Particuliere opdrachtgever

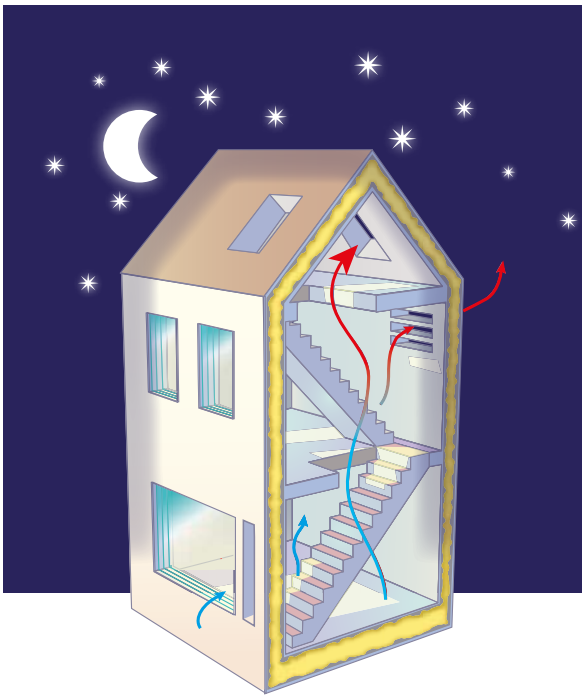
Vrijstaande woning met zadeldak. Rc-waarde vloer 4,0, gevel 5,2 en dak 6,5, warmtepomp, triple glas, balansventilatie met wtw, infiltratie ($q_{v;10}$) 0,4 en 42 m² PV. De EPC is -0,01.

- BENG 1: 48,5 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: -5 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 109%
- Energielasten: €35 per maand

De woning voldoet ruimschoots aan BENG 2 en 3. Hij levert op jaarbasis ook wat energie voor het huishoudelijke gebruik. De energiebehoefte (BENG 1) is echter te hoog. Oorzaak is dat een vrijstaande woning per definitie weinig compact is: het buitenoppervlak is groot ten opzichte van het vloeroppervlak. Met een flinke reeks van maatregelen kan deze woning aan BENG voldoen: Rc-waarde vloer 6,0, gevel 9,0 en dak 10,0, aanvullend CO_2-sturing voor het ventilatiesysteem en extra luchtdicht ($q_{v;10}$) 0,15 (ipv 0,4). Met deze aanvullende maatregelen wordt de EPC -0,09. De woning voldoet nu ook aan BENG 1:

- BENG 1: 24,9 kWh/m² per jaar (thermisch)
- BENG 2: -11,2 kWh/m² per jaar (primair fossiel)
- BENG 3: 127%
- Meerkosten (t.o.v. EPC 0,4): €31.863 (= €168 per m²)
- Energielasten: €19 per maand

In een vrijstaande woning zijn er vaak ruime mogelijkheden om met PV aan BENG 2 en 3 te voldoen. Het voorbeeld laat zien dat er veel nodig is om ook aan BENG 1 te voldoen.



Principe van zomernachtventilatie
Zet 's nachts inbraakwerende ramen op de begane grond en dakraam boven trapgat open, zodat warme lucht weg kan.

ik woon zen.nl

ZEN staat voor Zeer Energiezuinige Nieuwbouw met de bewoners als uitgangspunt. Kijk voor meer informatie op ikwoonzen.nl.

BENG gaat over energie, maar zegt niets over comfort en gezondheid. Toch zijn en blijven dat de randvoorwaarden voor een leefbare woning. Het is cruciaal om dat niet uit het oog te verliezen. De sector staat voor de opdracht woningen te bouwen die voldoen aan BENG én comfortabel en gezond zijn. Dat noemen we ZEN.

Warmte
Nieuwbouwwoningen hebben vaak een constante binnentemperatuur. Maar bewoners willen de temperatuur soms per kamer kunnen regelen. Vooral in slaapkamers. De thermische scheiding tussen de woonkamer en slaapkamers verdient daarom meer aandacht. Bewoners willen de temperatuur bovendien snel aan hun behoefte kunnen aanpassen. Vloerverwarming reageert soms traag en dat geeft discomfort. Er zijn systemen met zeer dunne circulatiekanalen die wel snel reageren. Verder verdient de kans op oververhitting serieus aandacht. Goede, robuuste, automatisch gestuurde en makkelijk te overrulen buitenzonwering wordt belangrijk, evenals makkelijk te gebruiken zomernachtventilatie. Koeling uit warmte-koudeopslag (wko) geeft aanvullend comfort.

Lucht
Veel klachten van bewoners hebben te maken met een gebrekkig ventilatiesysteem. Fouten in ontwerp en uitvoering kunnen onnodig geluid veroorzaken. Bij ventilatie met natuurlijke toevoer via roosters, in combinatie met vloerverwarming is er veel kans op tocht. Bij CO_2-regeling met slechts één sensor (in de woonkamer) is de lucht in slaapkamers vaak ongezond. Aanbevolen wordt een regeling met zonering en CO_2-sturing per vertrek. Toevoer van verse lucht moet zodanig zijn, dat geen tocht ontstaat. Dat kan door

Comfortabel, gezond én BENG

voorverwarming van verse lucht en/of toevoer van lucht via ruime roosters op plaatsen waar luchtstroming niet als tocht wordt ervaren.

Geluid

In een goed geïsoleerd huis valt installatiegeluid extra op, vooral ventilatie. De eis is maximaal 30 dB. Het is mogelijk het geluid verder te beperken, onder andere door de ventilatie-unit in een afsluitbare ruimte te plaatsen, goed op te hangen en te voorzien van geluiddempers. Kies voor grote ventilatieroosters en ruime ventilatiekanalen zodat de lucht langzaam stroomt. Leg ventilatiekanalen met ruime bochten aan en vermijd vertakkingen zodat er geen wervelingen ontstaan.

Licht

Daglicht in huis is belangrijk voor comfort en gezondheid. Een licht huis valt bij mensen zeer in de smaak. Maar uit energieoogpunt is glas ongunstig. Maak daarom een ontwerp waarin het glas zodanig is georiënteerd dat zonlicht tot ver in de woning doordringt. Let bij gebruik van drievoudig glas in draairamen op de bedienbaarheid. Drievoudig glas is immers 50 procent zwaarder.

Regelbaarheid

Met het verhogen van de isolatiewaarde en de luchtdichtheid van een woning, neemt het belang van regelbaarheid van temperatuur, ventilatie en zonwering toe. In een BENG-woning is dat geen luxe meer, maar een basiskwaliteit. Regeling per vertrek wordt aangeraden.

Gebruiksvriendelijkheid

Een huis moet eenvoudig zijn. Installaties moeten voor zich spreken en bewoners moeten niets 'fout' kunnen doen. Zorg dat regelingen eenvoudig te begrijpen en te bedienen zijn: bewoners zijn geen regeltechnici.

Communicatie over ZEN-woningen

Een zeer energiezuinige woning werkt op een aantal punten net anders dan waar de meeste mensen aan gewend zijn. Goede communicatie met bewoners, voor, tijdens en na de oplevering is daarom essentieel. Zorg voor een eenvoudige, praktische handleiding. Als bewoners hun huis snappen, zijn zij meer tevreden.

Do's

- Denk bij het ontwerpen en bouwen van een woning 'Zou ik dat in m'n eigen huis ook zo doen?'
- Communiceer 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.

Bent u klaar voor de toekomst?

De energieprestatie van nieuwbouwwoningen is stap voor stap verbeterd. Op 1 januari 2021 wordt de volgende stap gezet. Dan wordt BENG (bijna energieneutraal gebouw) de eis. Vernieuwing is nodig. Bouwpartijen die vasthouden aan oude oplossingen zetten zichzelf buiten spel.

Do
- Kijk nu al naar de mogelijkheden die in uw concept passen om straks aan de BENG-eisen te voldoen.

Don't
- Wacht niet tot het zover is. BENG vereist fundamentele innovaties in processen en concepten. Wie pas in 2020 in actie komt, verliest de aansluiting.

Opnieuw ontwerpen

De introductie van BENG maakt het nodig om energie vanaf de eerste pennenstreek mee te nemen bij de ontwikkeling van woningen. Het stedenbouwkundig plan en het schetsontwerp van de woningen bepalen de keuzevrijheid in het vervolgproces.

- Maak massastudies en bereken welke varianten mogelijk zijn.
- Maak oriëntatieschetsen en beoordeel welk effect die hebben op het energieconcept.
- Bekijk de mogelijkheden van externe warmtelevering.

Als bij de eerste stappen de juiste keuzes zijn gemaakt, is er in het vervolgproces ook nog wat te kiezen. Dan zijn er verschillende opties om met goede thermische isolatie, de juiste installaties en hernieuwbare energie aan BENG te voldoen.

Nu ervaring opdoen

Veel bouwpartijen werken vanuit concepten. Wie op tijd klaar wil zijn voor invoering van BENG, doet er goed aan deze concepten nu al te toetsen aan de nieuwe eisen. De eerste ervaringen geven het volgende beeld:

- BENG 1 is het meest kritisch. Er is nog veel denk- en ontwerpwerk nodig om de energiebehoefte van woningen terug te brengen tot maximaal 25 kWh/m².
- BENG 2 is bij grondgebonden woningen haalbaar met concepten op basis van aardgas, elektriciteit en externe warmtelevering. In gestapelde bouw zijn in de praktijk alleen concepten op basis van elektriciteit, externe warmtelevering of biomassa haalbaar.
- BENG 3 is bij grondgebonden woningen haalbaar met zonne-energie. In hoogbouw is daar vaak te weinig dakvlak voor. PV op gevels is aanvullend mogelijk. Daarnaast is externe warmtelevering vanuit een duurzaam warmtenet, een centrale warmtepomp of een biomassaketel een optie.

Verder lezen

Handreiking BENG, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, in opdracht van het ministerie van BZK, september 2015.
Variantberekeningen voor eisen aan BENG, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, in opdracht van het ministerie van BZK, mei 2015.
Communicatie bij ZEN-woningen, Henk Bouwmeester i.o.v. Lente-akkoord, juni 2016.

Alle publicaties staan op www.lente-akkoord.nl.
Kijk ook op www.rvo.nl/beng.
Ga voor een snel overzicht naar de Infographics BENG.

Verantwoording

De woningconcepten in deze brochure zijn doorgerekend in twee rapporten in opdracht van het Lente-akkoord:

Onderzoek voor handvatten zeer energiezuinige nieuwbouw - BENG, Nieman RI en DGMR i.o.v. Lente-akkoord, juni 2016.

BENG gestapelde bouw, Nieman RI i.o.v. Lente-akkoord, juli 2016.

De energielasten per maand zijn berekend met een voorloper van de Energienota Check, prijspeil 2016. Om de projecten met elkaar te kunnen vergelijken zijn de meerkosten van de energiemaatregelen berekend ten opzichte van een EPC van 0,4. De meerkosten zijn incl. 21% BTW, prijspeil 2016.

Het Lente-akkoord werkt aan Zeer Energiezuinige Nieuwbouw: van bijna-energieneutraal tot energie-leverend, met de bewoners als uitgangspunt. Het Lente-akkoord is een initiatief van Aedes, Bouwend Nederland, NEPROM, NVB en de minister van BZK.

Colofon

Deze tekst is gemaakt in samenwerking met de Themagroep BENG do's en don'ts van het Platform ZEN van het Lente-akkoord. Deelnemers aan deze themagroep zijn: Nico Blaauw (Trebbe), Wietse Boonacker (Vivare Vastgoedregie), Claudia Bouwens (Lente-akkoord), Henk Bouwmeester (tekstschrijver), Glenn den Broeder (Saint-Gobain Isover), René de Brouwer (Evanston Consulting), Geurt Donze (W/E adviseurs), Patrick Harting (PMB Marsaki), Bas Hasselaar (SBRCURnet), Theo Haytink (Nieman Raadgevende Ingenieurs), Walter Jansen (Vidomes), Annemie Loozen (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland), Nelleke Nelis (VACpunt Wonen), Jan Pas (Ter Steege Bouw Vastgoed), Hans Spronken (Rockwool), Harm Valk (Nieman Raadgevende Ingenieurs) en Gerard Westenbroek (KNB).

Samenstelling & redactie > Claudia Bouwens (NEPROM, Lente-akkoord)
Tekst > Henk Bouwmeester
Ontwerp > Menno van der Veen
Afbeelding voorkant > BPD
Illustraties en foto's > met dank aan biom.nl, Trebbe, Optimum plus, Vivare vastgoedregie, Romazo, Crédit Photo Dickson, Ter Steege Bouw Vastgoed, BPD, Hurks Vastgoedontwikkeling, Ivo van Rooy, Fakro, ERA Contour, Lente-akkoord.

Deze digitale uitgave is te vinden op www.lente-akkoord.nl

Februari 2017

Vanaf 1 januari 2021 moeten nieuwbouwwoningen bijna energieneutraal zijn. Dat is vertaald in een stelsel van BENG-eisen. Deze eisen komen in de 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.

In opdracht van het Lente-akkoord zijn enkele woningconcepten aan de voorgenomen BENG-eisen getoetst, zowel grondgebonden woningen als gestapelde bouw. Hoe scoren deze concepten? Waar zitten knelpunten en welke verbeterpunten zijn er? In deze publicatie is het BENG-stelsel toegelicht en zijn de belangrijkste do's en don'ts beschreven.

BENG plaatst de hele bouwkolom voor grote uitdagingen. Van begin tot eind moet het proces van ontwikkelen, ontwerpen, bouwen en opleveren opnieuw worden doordacht. Bouwpartijen die klaar willen zijn voor de toekomst, doen er goed aan zich nu al op het nieuwe stelsel voor te bereiden. Deze publicatie is daarvoor een handvat.