



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

BENG voorbeeldconcepten woningbouw

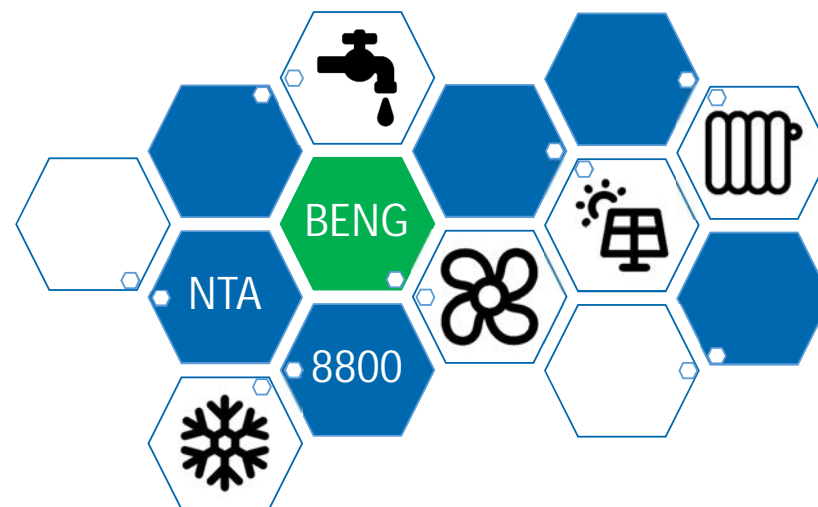
*In opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en
Koninkrijksrelaties*

*>> Duurzaam, Agrarisch, Innovatief
en Internationaal Ondernemen*

BENG voorbeeldconcepten woningbouw

Kennisoverdracht BENG

Status definitief
Versie 001
Rapport B.2017.1387.02.R001
Datum 13 september 2019



Colofon

Opdrachtgever	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland Postbus 8242 3503 RE UTRECHT
Contactpersoon opdrachtgever	ing. P.H.R. van der Beesen MSc philippe.vanderbeesen@rvo.nl
Project Betreff Uw kenmerk	RVO / Voorbeelden BENG voor kennisoverdracht Voorbeeldberekeningen woningbouw -
Rapport Datum Versie Status	B.2017.1387.02.R001 13 september 2019 001 definitief
Uitgevoerd door	DGMR Bouw B.V. Van Pallandtstraat 9-11 6814 GM Arnhem Postbus 153 6800 AD Arnhem
Contactpersoon	ir. R.M.M. (René) van der Loos 088 346 76 16 rlo@dgmr.nl
Auteur	ing. P. (Paulien) Staal - Guijt 088 346 76 21 pgu@dgmr.nl
Projectadviseur	ir. I.M. (Ieke) Kuijpers - van Gaalen MBA 088 346 75 68 ga@dgmr.nl
2e lezer/secr.	RLO BDI

Inhoud

1. Inleiding	3
2. Voorbeeldconcepten	4
2.1 Referentiegebouwen	4
2.2 Concepten	5
2.3 Codering concepten	5
2.4 BENG-eisen	6
2.5 Resultaten concepten	7
3. Gevoeligheidsanalyse BENG 1	8

Bijlagen

Bijlage 1	Resultaten concepten
Bijlage 2	Resultaten gevoeligheidsanalyse BENG1
Bijlage 3	Uitgangspunten concepten en maatregelen (Excelbestand)

1. Inleiding

Vanaf 1 juli 2020 gelden er nieuwe eisen voor de energieprestatie van nieuwe gebouwen. In plaats van de energieprestatie-eisen uit te drukken in een EPC-waarde, komen de 'Bijna Energie Neutraal Gebouwd' (BENG)-indicatoren ervoor in de plaats. De BENG-indicatoren worden bepaald met de nieuw ontwikkelde NTA 8800 die als bepalingsmethode in plaats komt van NEN 7120.

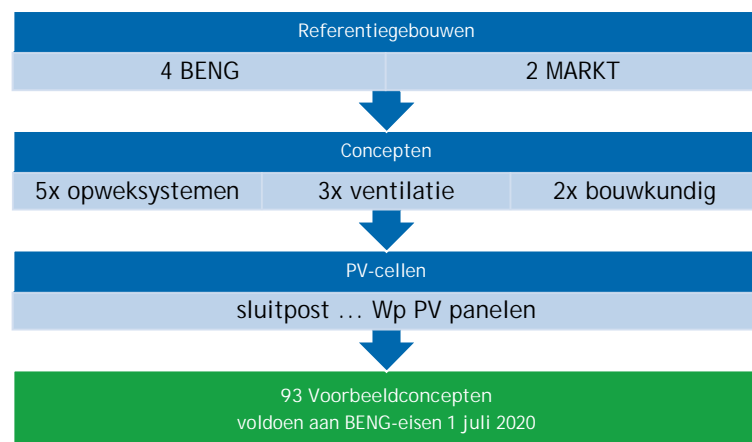
Om marktpartijen inzicht te geven in de consequenties van de nieuwe bepalingsmethode en de nieuwe BENG-eisen, zijn in opdracht van RVO voorbeeldconcepten ontwikkeld en doorgerekend.

De kennisoverdracht naar de markt vraagt om doorgerekende voorbeeldconcepten van woningen en woongebouwen. Deze voorbeelden maken inzichtelijk met welke maatregelenpakketten de woningen aan de BENG-eisen kunnen voldoen. Voor een aantal voorbeelden is de relatie met de huidige bepalingsmethode (NEN 7120) in beeld gebracht door ook de EPC te bepalen.

Daarnaast is de impact in beeld gebracht van een aantal losse maatregelen op de indicator voor energiebehoefte (BENG 1) die in de NTA 8800 (ten opzichte van de handreiking BENG bij NEN7120) een andere invulling heeft gekregen.

Voorbeeldconcepten woningbouw

Bij de doorrekening van de concepten zijn zes verschillende woningtypen meegenomen. Vier BENG-referentiegebouwen (drie grondgebonden en één woongebouw) en twee grondgebonden voorbeeldwoningen uit de markt. De verschillende grondgebonden woningen zijn doorgerekend met vijftien verschillende concepten en het woongebouw met achttien concepten.



In de concepten voor de grondgebonden woningen is onderscheid gemaakt in:

- Vijf verschillende warmteopweksystemen (in combinatie met warm tapwater en eventueel koeling).
- Twee typen warmtepompen, stadsverwarming (forfaitair en met een kwaliteitsverklaring) en biomassa.
- Drie ventilatiesystemen: mechanische afzuiging en balansventilatie (met en zonder CO₂-regeling).
- Twee isolatieniveaus: Bouwbesluit+ en passiefhuis niveau.

Bij het woongebouw is er aanvullend gekeken naar een collectieve warmtepomp en naar elektrische verwarming in combinatie met elektrische doorstroomtoestellen voor warm tapwater.

Per concept is bekeken hoeveel PV-cellen nodig zijn om het concept te laten voldoen aan de BENG-eisen. Hierbij is gecheckt of de beschikbare dakoppervlakte voor PV-panelen voldoende is.

Bij twee woningtypes is voor een deel van de concepten een EPC-berekening gemaakt om een vergelijking te kunnen maken tussen de nieuwe BENG-eisen en de huidige EPC-eis.

Gevoeligheidsanalyse BENG 1

Voor de vier BENG referentiegebouwen is in beeld gebracht wat de impact is van zes verschillende losse maatregelen en één combinatie van maatregelen op de energiebehoefte.



Rekentools

Voor de berekening van de BENG-indicatoren is gebruik gemaakt van de validatietool NTA8800 (versie van 23 mei 2019). In de tool is NTA 8800:2019 verwerkt en zijn aanpassingen meegenomen die gepubliceerd zijn in NTA 8800:2019. Geconstateerd is dat nog niet alle aanpassingen uit NTA 8800:2019-06 in de validatietool zijn verwerkt. Voor bijvoorbeeld tapwater ontbreken er nog afrondingsregels en is het vermogen voor het stilstandsverlies van een afleverzet nog niet aangepast. Bij de voorbeeldberekeningen is voor dat laatste punt handmatig een aanpassing in de validatietool gemaakt.

De validatietool was tijdens het uitvoeren van het onderzoek nog in ontwikkeling en het kan niet uitgesloten worden dat er in de gebruikte validatietool nog (kleine) onvolkomenheden zitten.

De berekende EPC's zijn bepaald met het rekenprogramma ENORM versie 3.71.

2. Voorbeeldconcepten

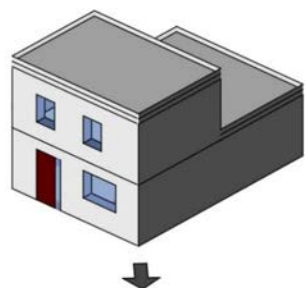
2.1 Referentiegebouwen

Bij de uitwerking van de concepten zijn zes verschillende woningtypen meegenomen. Vier BENG-referentiegebouwen en twee grondgebonden voorbeeldwoningen uit de markt.

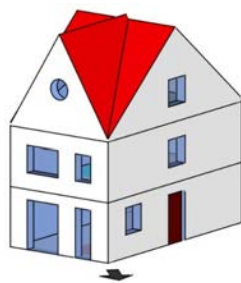
De standaard BENG-referentie tussenwoning S, hoekwoning M, vrijstaande woning L en woongebouw M zijn vrij compact en hebben een relatief beperkt glaspercentage. Om bij de uitwerking van de voorbeeldconcepten niet uit te gaan van een relatief optimaal voorbeeldgebouw is voor de tussenwoning gebruik gemaakt van de minder compacte levensloopbestendige BENG-referentie tussenwoning M met plat dak en voor het woongebouw van het minder compacte woongedeelte van het BENG-referentie combinatiegebouw L dat bestaat uit vijf bouwlagen met elk vier appartementen en vijf galerijwoningen.

Daarnaast is een oproep gedaan bij marktpartijen om voor het opstellen van de voorbeeldconcepten werkelijke projecten bij RVO aan te leveren. Hieruit zijn twee projecten naar voren gekomen:

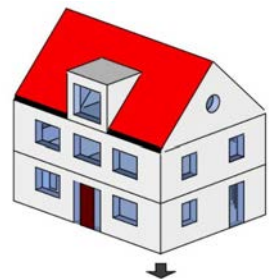
- Een ruime hoekwoning in een stedelijk blok in Delft - een project van FARO Architecten.
- Een particuliere vrijstaande HSB woning in Herten - aangeleverd door Isover.



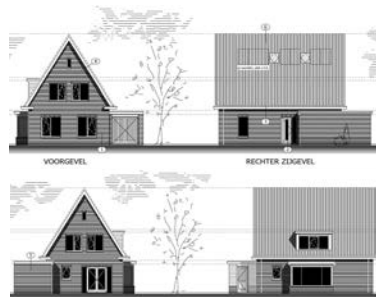
1 BENG tussenwoning M



2 BENG hoekwoning M



4 BENG vrijstaande woning L



5 MARKET vrijstaande woning M Herten

In onderstaande tabel zijn de algemene kenmerken van de verschillende gebouwen opgenomen. De compactheid van de gebouwen wordt uitgedrukt in de A_{15}/A_{10} -verhouding. Deze verhouding is ook bepalend voor de hoogte van de BENG 1 eis van de verschillende woningen. Het raampercentage (kozijn+glas) is uitgedrukt ten opzichte van het totale geveloppervlak. Bij de hoekwoning L in Delft is er sprake van een dakterras van circa 20 m² en een plat dak van 26 m². Bij de tussenwoning M bedraagt het bovenste dak 27 m².

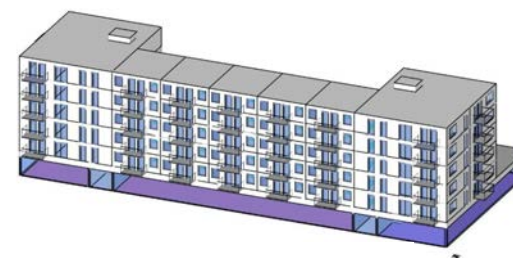
De figuren geven een 3D-impressie van de verschillende gebouwen.

tabel 1: algemene kenmerken woningen

Herkomst	Type woning	A_{15} [m ²]	A_{15}/A_{10} [-]	N_{max} [-]	Raam [%]	Bouwlagen [-]	Bouwwijze [-]	A_{dak} [m ² (oriëntatie)]
1	BENG Tussenwoning M	87	2,03	1	21%	2	massief	27 - 33 plat
2	BENG Hoekwoning M	133	1,87	1	25%	3	massief	32 (ZW) - 16 (NO)
3	MARKT Hoekwoning L Delft	145	1,96	1	28%	4	massief	26 + 20 plat
4	BENG Vrijstaande woning L	181	2,14	1	27%	3	massief	51 (ZW) - 42 (NO)
5	MARKT Vrijstaande woning M Herten	146	1,96	1	32%	3	gemengd licht	31 (N) - 36 (Z)
6	BENG Woongebouw boven winkels	3883	0,99	45	31%	5	massief	817 plat



3 MARKET hoekwoning L Delft



2.2 Concepten

Voor de grondgebonden woningen zijn vijftien verschillende concepten doorgerekend, voor het woongebouw achttien concepten. De concepten zijn een samenstelling van installatietechnische en bouwkundige maatregelen. De PV-panelen vormen de sluitpost van de concepten om te voldoen aan de BENG-eisen.

In de concepten voor de grondgebonden woningen is onderscheid gemaakt in:

- Vijf verschillende warmteopweksystemen:
 - een combiwarmtepomp met bodemlussen, vrije koeling;
 - een combiwarmtepomp op buitenlucht;
 - stadsverwarming forfaitair, afleveret voor tapwater;
 - stadsverwarming met een kwaliteitsverklaring, afleveret voor tapwater;
 - houtpelletcombiwarmtepomp, primaire factor 0,5.
- Drie ventilatiesystemen: mechanische afzuiging en balansventilatie (met en zonder CO₂-regeling).
- Twee isolatieniveaus: Bouwbesluit+ en passiefhuis niveau.

Bij het woongebouw zijn de warmteopweksystemen afwijkend. Er is onderscheid gemaakt in:

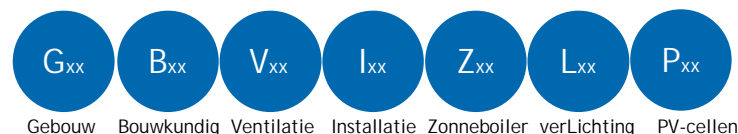
- Een collectieve warmtepomp met een boosterwarmtepomp voor warm tapwater, vrije koeling.
- Elektrische verwarming in combinatie met elektrische doorstroomtoestellen voor tapwater.
- Stadsverwarming forfaitair, afleveret voor tapwater.
- Stadsverwarming met een kwaliteitsverklaring, afleveret voor tapwater.
- Collectieve houtpelletketel voor verwarming (primaire factor 0) in combinatie met elektrische doorstroomtoestellen voor tapwater.

Aanvullend is voor twee concepten met een collectieve houtpelletketel het verschil in beeld gebracht van een primaire energiefactor van 0,5 in plaats van 0. Daarnaast is er één concept doorgerekend met een individuele combi warmtepomp op een collectieve bron.

2.3 Codering concepten

Voor de verschillende gebouwen en maatregelen is gebruik gemaakt van een codering. Een toelichting op de codering is onderstaand opgenomen.

Opbouw van de totale codering van de concepten in onderdelen:



De uitgangspunten die zijn gehanteerd bij de maatregelen staan in bijlage 3 (Excelbestand) in verschillende tabbladen. Op het tabblad Gebouwcodes, zijn de complete coderingen voor de doorgerekende concepten weergegeven. Voor de verschillende maatregelen voor bouwkundig, installaties en ventilatie, staat in de volgende paragrafen nog een korte toelichting.

tabel 2: opties codering

Code onderdeel	Code	Omschrijving
Gebouw (G)	G11	BENG woning M hoek
	G12	BENG woning L vrij
	G13	BENG woning M tussen
	G60	BENG woongebouw (45 woningen)
	G61	MARKT woning L hoek
	G62	MARKT woning M vrij
Bouwkundig (B)	B10 en B12	Zie paragraaf 2.3.1 voor toelichting
Ventilatiesysteem (V)	V10-V12	Zie paragraaf 2.3.2 voor toelichting
Installatieconcept (verw/tap/koel) (I)	I11-I15	Grondgebonden woningen, zie bijlage 3 voor toelichting
	I21, I24-I28	Woongebouw (appartementen), zie bijlage 3 voor toelichting
	Z10 en Z11	Geen en wel zonneboiler
Zonneboiler (Z)	Z10 en Z11	Geen en wel zonneboiler
Verlichting (L)	L99	Verlichting is niet van toepassing voor woningbouw
PV (P)	P99	Plat of hellend dak systeem, afhankelijk van bouwtype
Oriëntatie (O)	O10	Standaard (niet gedraaid)

2.3.1 Bouwkundig (B)

In bijlage 3 is op tabblad RAPPORT B specifieke informatie van elk bouwkundig pakket opgenomen. Het gaat op dit tabblad om de infiltratie, R_c-waarden van de gesloten constructieonderdelen en U-waarden van de ramen en deuren. In onderstaande tabel staat een samenvatting van de uitgangspunten bij de 2 verschillende bouwkundige pakketten Bouwbesluit+ en passief. De R_c-waarden van het pakket Bouwbesluit+ zijn aangepast conform de CEN-EPB normen.

tabel 3: uitgangspunten bouwkundige maatregelpakketten

Bouwkundig	R _c vloer [m ² K/W]	R _c gevel [m ² K/W]	R _c dak [m ² K/W]	U _{raam} [W/m ² K]	infiltratie [dm ³ /s.m ²]	g [-]	gn [-]
B10 Isolatie Bouwbesluit+	3,7	4,7	6,3	1,4	0,4	handmatig	0,6
B12 Isolatie passief	6,0	6,0	10,0	0,9	0,25	handmatig	0,5

Standaard zijn de gebouwen voorzien van buitenzonwering. Bij woningen met vrije koeling wordt uitgegaan van geen zonwering.

Voor het woongebouw is voor de lineaire warmteverliezen (koudebruggen) gerekend met de forfaitaire methode en voor de grondgebonden woningen met de uitgebreide methode. Voor de koudebruggen van de bouwkundige pakketten met isolatie op passief niveau zijn andere SBR-details, van het type T2 gehanteerd (zie bijlage 3 tabblad RAPPORT KB standaard en PAS).

2.3.2 Ventilatie (V)

Op tabblad RAPPORT V in bijlage 3 is specifieke informatie van de gehanteerde ventilatiesystemen opgenomen. Het gaat om het type ventilatiesysteem en bijbehorende instellingen, zoals luchtlekken, bypass aandeel en type ventilator. In de concepten zijn drie typen ventilatiesystemen voor de woningen meegenomen:

- Mechanische afzuiging met CO₂-regeling (C4c).
- Gebalanceerd ventilatiesysteem met HR-WTW, zonder CO₂-regeling (D2).
- Gebalanceerd ventilatiesysteem met HR-WTW en CO₂-regeling (D5a).

In de concepten met isolatie op het Bouwbesluit+niveau is er zowel gebruik gemaakt van een ventilatiesysteem met mechanische afzuiging als van een gebalanceerd ventilatiesysteem zonder CO₂-regeling. In de concepten met isolatie op passief niveau is naast een verlaagde infiltratie uitgegaan van het gebalanceerde ventilatiesysteem met CO₂-regeling.

De samenvatting van de uitgangspunten bij de verschillende ventilatiesystemen is opgenomen in onderstaande tabel.

tabel 4: uitgangspunten ventilatiesystemen

	1	2	3
Ventilatie	Natuurlijke toevoer mechanische afvoer	Balansventilatie	Balansventilatie
Type	C4c	D2	D5a
Omschrijving	Luchtdrukgergelde toevoer	WTW zonder zonering	Centrale WTW, CO ₂ sturing meer zones
Ventilatiecapaciteit-	forfaitair	forfaitair	forfaitair
Luchtlekken ventilatiekanalen	LUKA C	LUKA C	LUKA C
Zomernacht-ventilatie	geen	geen	geen
WTW type/ bypass	nvt	kruisstroom 100% bypass	kruisstroom 100% bypass
WTW rendement		95%	95%
Isolatie toevoerkanaal wtw	nvt	2 m geïsoleerd	2 m geïsoleerd

Voor de BENG-referentiewoningen is een inschatting gemaakt van het nominaal vermogen van de ventilatoren. Voor de werkelijk geïnstalleerde ventilatiecapaciteit is uitgegaan van forfaitaire debieten.

2.3.3 Installatieconcept (I)

Alle woningen en het woongebouw hebben installatieconcepten met een warmtepomp, stadsverwarming of een houtpelletketel. Voor het woongebouw zijn aanvullend elektrische verwarming, elektrische doorstroomtoestellen en boosterwarmtepompen voor warm tapwater meegenomen.

De concepten gaan over verwarming, tapwater en koeling. Gedetailleerde informatie over de pakketten is weergegeven in bijlage 3 tabblad RAPPORT I.

Belangrijke uitgangspunten zijn:

- Laagtemperatuur afgiftesystemen.
- Lengte en maximale lengte van distributiesysteem voor verwarming en koeling forfaitair berekend.
- Lengte van circulatiesysteem bij tapwater forfaitair berekend in het geval van voorraadvaten in het gebouw.
- Aantal toestellen bij verwarming voor alle gebouwen, één met uitzondering van de individuele toestellen in de woongebouwen. Bij woongebouw M (G60) zijn er 45 individuele toestellen aanwezig.
- Bij tapwater is het aantal toestellen afhankelijk van het installatieprincipe en het gebouw. Bij de grondgebonden woningen is dit één per woning. Voor de woongebouwen geldt dat individuele systemen per woning worden gerealiseerd.

- Bij de biomassa concepten wordt er voor grondgebonden woningen met een individuele ketel gerekend met een primaire energiefactor van 0,5 (de toestellen voldoen aan emissievereisten volgens NEN 7120:A1 bijlage O). Voor de collectieve houtpelletketel in het woongebouw is uitgegaan van een primaire energiefactor van 0 (activiteit valt onder Activiteitenbesluit). Voor twee concepten bij het woongebouw is gekeken naar de impact van een primaire energiefactor van 0,5.
- Bij stadsverwarming wordt in het geval van de kwaliteitsverklaringen gerekend met een primaire energiefactor van 0,5.

Koeling is alleen meegenomen bij de concepten met een individuele of collectieve warmtepomp met een bodembron.

Bij stadsverwarming forfaitair is in een aantal concepten een aanvullende maatregel meegenomen:

- Bij de vrijstaande woningen een zonneboiler met een collector van 2,3 m² en een volume van 120 liter.
- Bij de overige gebouwen een douche WTW:
 - grondgebonden: verticale WTW, rendement 60%;
 - appartementen: horizontale WTW, rendement 40%.

Bij het woongebouw is de douche WTW ook toegepast bij een aantal concepten met elektrische doorstroomtoestellen voor warm tapwater.

In bijlage 1 is aangegeven welke concepten voorzien zijn van een douche WTW.

2.4 BENG-eisen

Vanaf 1 juli 2020 gelden de nieuwe BENG-eisen volgens de NTA 8800 in Nederland. De BENG 1 indicator is afhankelijk van de vorm en daarmee de compactheid van het gebouw. De compactheid wordt weergegeven met de verhouding tussen de verliesoppervlakte ($A_{i,s}$) en de gebruiksoppervlakte (A_g).

Naast de vorm is ook de bouwwijze van invloed op de hoogte van de eis. Voor lichte en gemengd lichte bouwconstructies (interne warmtecapaciteit ≤ 180 kJ/m².K) is een 5 kWh/m² per jaar hogere BENG 1 indicator toegestaan dan bij massieve bouwconstructies.

In onderstaande tabel zijn de van toepassing zijnde BENG-eisen per voorbeeldgebouw weergegeven.

tabel 5: BENG-eisen voorbeeldwoningen

Herkomst	Type woning	A_g [m ²]	$A_{i,s}/A_g$ [-]	BENG 1 [kWh/m ² .jr]	BENG 2 [kWh/m ² .jr]	BENG 3 [%]	Bouwwijze [-]
1 BENG	Tussenwoning M	87	2,03	$\leq 70,9$	≤ 30	≥ 50	massief
2 BENG	Hoekwoning M	133	1,87	$\leq 66,2$	≤ 30	≥ 50	massief
3 MARKT	Hoekwoning L Delft	145	1,96	$\leq 68,8$	≤ 30	≥ 50	massief
4 BENG	Vrijstaande woning L	181	2,14	$\leq 74,1$	≤ 30	≥ 50	massief
5 MARKT	Vrijstaande woning M Herten	146	1,96	$\leq 73,7$	≤ 30	≥ 50	gemengd licht
6 BENG	Woongebouw boven winkels	3883	0,99	≤ 65	≤ 50	≥ 40	massief

Voor de gemengd lichte vrijstaande woning M in Herten is uitgegaan van een interne warmtecapaciteit van 130 kJ/m².K. In de houtskeletbouw woning is een niet massieve begane grondvloer en op de eerste verdieping een zwevende dekvloer. De ophoging van BENG 1 is voor deze woning meegenomen in tabel 5.

2.5 Resultaten concepten

Per concept is bekeken hoeveel PV-cellen uitgedrukt in Wp nodig zijn om het concept te laten voldoen aan de BENG-eisen. In bijlage 1 zijn per woning en doorgerekend concept de resultaten van de BENG-indicatoren en de benodigde hoeveelheden PV weergegeven.

BENG 1

Vrijwel alle concepten voldoen aan BENG 1. Alleen bij de praktijkprojecten, de hoekwoning L in Delft en de vrijstaande woning M in Herten wordt in het concept zonder buitenzonwering (het concept met een bodemwarmtepomp) niet voldaan. Bij de hoekwoning M in Delft voldoen de concepten met het Bouwbesluit+ isolatie pakket net aan de BENG 1 eis. Ook bij de vrijstaande woning M in Herten zitten de concepten met het Bouwbesluit+ isolatiepakket dicht tegen de BENG 1 eis aan.

De vrijstaande woning heeft een gemengd lichte bouwwijze. In de berekening is rekening gehouden met een interne warmtecapaciteit van 130 kJ/m².K. Bij de BENG 1 eis is reeds rekening gehouden met de ophoping van de eis met 5 kWh/m² (voor gebouwen met een interne warmtecapaciteit ≤180 kJ/m².K).

In de concepten met een bodemwarmtepomp is geen buitenzonwering meegenomen om de bodembron zoveel mogelijk te regenereren met beschikbare warmte uit de woning. Bij die concepten is de energiebehoefte volgens BENG 1 bij de meeste gebouwen enigszins lager dan bij de overige opwekconcepten waar wel buitenzonwering is meegenomen.

Bij de hoekwoning L in Delft en bij de vrijstaande woning M in Herten is er echter sprake van een hogere energiebehoefte wanneer er geen buitenzonwering wordt meegenomen. Dit wordt veroorzaakt doordat BENG 1 bestaat uit de optelsom van de warmtebehoefte en de koudebehoefte.

Bij het weglaten van de buitenzonwering wordt de koudebehoefte groter en de warmtebehoefte enigszins kleiner. Voor de BENG 1 indicator gaat het om de balans tussen deze effecten. Bij de tussenwoning M, de hoekwoning M, de vrijstaande woning L en het woongebouw is de toename van de koudebehoefte beperkt en daalt de BENG 1 indicator door het weglaten van buitenzonwering. Bij de hoekwoning L in Delft en bij de vrijstaande woning M in Herten stijgt de energiebehoefte door het weglaten van buitenzonwering.

Beide woningen hebben een wat hoger raampercentage. De woning in Delft heeft vrijwel alle ramen op oost en zuidoost. Voor de vrijstaande woningen geldt bovendien dat dit een houtskeletbouwwooning is met een lage interne warmtecapaciteit van 130 kJ/m².K.

Opgemerkt wordt dat bij een andere oriëntatie van de woningen het effect voor de verschillende woningen anders kan uitpakken.

BENG 2 en BENG 3

Alle concepten voldoen aan de eisen voor BENG 2 en BENG 3 door het toepassen van voldoende PV.

Alleen bij het woongebouw is er bij het concept met mechanische afzuiging 186 000 Wp aan PV-panelen nodig. Dit komt overeen met ongeveer 930 m² PV-panelen terwijl het dakoppervlak (slechts) 817 m² betreft. Een deel van de PV zal dus op een andere positie geplaatst moeten worden waar deze mogelijk minder opbrengt zoals in de gevel. Mogelijk dat er echter ook mogelijkheden zijn voor overstekken met PV of voor een overkapping met PV elders op de kavel. Als alternatief kan er mogelijk gebruik worden gemaakt van de ontheffing voor BENG 3 in verband met locatiespecifieke omstandigheden.

Bij de hoekwoning M bestaat het platte dak uit een dakterras en het platte dak van de dakopbouw.

Het dak van de dakopbouw is maximaal circa 26 m². De hoeveelheden PV die nodig zijn bij stadsverwarming forfaitair in combinatie met het Bouwbesluit+ isolatiepakket passen niet zonder meer op het platte dak van de dakopbouw. Het beschikbare (netto) oppervlak voor PV is in belangrijke mate afhankelijk van de lengte-breedte verhouding van het dak, de uitvoering van de dakranden en de plaatsing van de dakdoorvoeren.

Bij de concepten individuele of collectieve warmtepompen kan in de meeste voorbeelden zonder de inzet van PV aan de eis voor BENG 2 en BENG 3 worden voldaan.

Ook bij het woongebouw met een collectieve houtpelletketel met een primaire factor van 0 is er geen PV nodig bij de concepten met isolatie op Bouwbesluit+ niveau.

Wanneer in het woongebouw wordt uitgegaan van isolatie op passiefhuis niveau daalt de warmtebehoefte van de woningen. De ingezette hoeveelheid hernieuwbare energie (houtpellets) daalt hierdoor ook waardoor het aandeel hernieuwbaar (BENG 3) onder de eis zakt. Bij dit concept met een lagere energiebehoefte is daardoor extra PV nodig. Deze situatie wordt veroorzaakt door de primaire factor van 0 voor dit opwekconcept.

In het geval dat er een primaire factor van 0,5 van toepassing is, is er bij alle concepten aanvullend PV nodig.

De benodigde hoeveelheid PV is bij de opwekconcepten met stadsverwarming forfaitair het hoogst. Bij de concepten met mechanische afzuiging (C4c) is in de meeste gevallen al een aanvullende energiebesparende maatregel meegenomen in de vorm van een zonneboiler bij de vrijstaande woningen of een douche WTW bij de overige woningen.

Bij de concepten met stadsverwarming forfaitair is de benodigde hoeveelheid PV in de meeste gevallen circa 2 tot 2,5 keer zo groot als bij stadsverwarming met een kwaliteitsverklaring. Bij het woongebouw is dit zelfs 3 tot 4 keer zo groot.

Bij de concepten waarbij BENG 3 bepalend is voor de eisen is de BENG 3 indicator in bijlage 1 groen weergegeven.

BENG in relatie tot EPC

Om enig gevoel te krijgen hoe BENG zich verhoudt tot EPC zijn enkele voorbeelden uitgewerkt. Van de vrijstaande woning L en van een aantal concepten van het woongebouw is de EPC bepaald.

Bij de vrijstaande woning is de EPC bij de concepten met warmtepompen het hoogst. Zowel bij de concepten met de bodem, als de concepten met buitenlucht als bron, ligt het EPC-niveau net op of onder EPC 0,40. Bij de concepten met een houtpelletketel (primaire factor 0,5) ligt de EPC tussen 0,15 en 0,30. De concepten met stadsverwarming hebben de laagste EPC's. Bij toepassing van een kwaliteitsverklaring voor de stadsverwarming ligt de EPC rond 0,20 en bij de forfaitaire rendementen voor de doorgerekende concepten tussen 0,07 en 0,17.

Bij het woongebouw zijn niet alle concepten doorgerekend. Voor dit gebouw zijn ten opzichte van de vrijstaande woning bovendien afwijkende concepten in beeld gebracht.

De hoogste EPC's van 0,50 of hoger zijn bij de concepten met elektrische doorstroomtoestellen voor warm tapwater. Voor verwarming is het opweksysteem daarbij een collectieve houtpelletketel of elektrische verwarming. Bij het concept met elektrische verwarming is dit echter alleen het geval in combinatie met balansventilatie zonder CO₂ regeling (D2). Ook het concept met de collectieve warmtepompen met een boosterwarmtepomp voor warm tapwater heeft een hoge EPC van 0,50.

De concepten met elektrische verwarming en een CO₂ geregeld ventilatiesysteem hebben een EPC van circa 0,40. De individuele combiwarmtepompbodem heeft met 0,44 een iets hogere EPC.

De concepten met stadsverwarming hebben de laagste EPC van circa 0,25. Het verschil tussen stadsverwarming forfaitair en met een kwaliteitsverklaring is ten opzichte van de vrijstaande woning beperkt.

Geconstateerd wordt dat de doorgerekende BENG-concepten per woningtype zowel hogere als lagere EPC's hebben. Hierdoor lijkt het dat de BENG-prestatie verschillend is voor deze concepten.

Omgekeerd kan echter ook gesteld worden dat de EPC-prestatie in het verleden verschillend was. Daarbij moet in ogenschouw worden genomen dat de primaire factor voor elektriciteit is aangepast van 2,56 in de EPC-methode (volgens NEN7120) naar 1,45 voor BENG (volgens NTA8800). In de EPC-methode hadden all-electric concepten hierdoor een hoger fossiel energiegebruik wat zich uit in een hogere EPC.

3. Gevoeligheidsanalyse BENG 1

Om inzicht te krijgen in de impact van verschillende maatregelen op BENG 1 voor woningbouw is in de gevoeligheidsanalyse een alternatieve aanpak gevolgd. Voor alleen de vier BENG referentie woningen (G11, G12, G13 en G60) is allereerst een basis maatregelenpakket opgesteld bestaande uit:

- Isolatiepakket Bouwbesluit+ (R_c Bouwbesluit+, HR_{++} U_{raam} 1,40 W/m².K, infiltratie 0,40 l/s.m²).
- Buitenzonwering.
- Massieve bouwwijze.

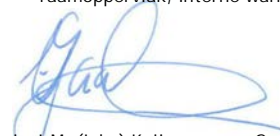
Vervolgens zijn per gebouw de volgende zeven variaties doorgerekend ten opzichte van het basis maatregelenpakket:

- 1 R_c 8/8/10, triple glas U_{raam} 0,90 W/m².K.
- 2 R_c 8/8/10, triple glas U_{raam} 0,90 W/m².K en infiltratie 0,25 l/s.m².
- 3 Geen buitenzonwering.
- 4 Gemengd lichte bouwwijze (HSB met holle betonvloer).
- 5 Oriëntatie kwart gedraaid (+90 graden).
- 6 50% open delen in plaats van 20-30%.
- 7 Combinatie van maatregel 3, 4 en 6.

In bijlage 2 zijn de resultaten van de BENG 1 gevoeligheidsanalyse opgenomen.

Toelichting op de resultaten

- 1 Bij alle referentiewoningen leidt het extra isolatiepakket en triple glas tot een verlaging van BENG 1 met circa 7-10 kWh/m².
- 2 Verlaging van de infiltratie leidt ten opzichte van de bovenstaande maatregel tot een verdere verlaging van BENG 1 met circa 2 kWh/m².
- 3 Het weglaten van zonwering leidt tot een verlaging van de warmtebehoefte en een stijging van de koelbehoefte. Dit leidt tot een verlaging van de energiebehoefte van 1 tot 2 kWh/m². Bij de resultaten van de voorbeeldconcepten was te zien dat de impact sterk kon verschillen afhankelijk van het woningtype en de bouwwijze. Bij deze maatregel is voor alle woningen uitgegaan van een massieve bouwwijze.
- 4 Het effect van een gemengd lichte bouwwijze varieert van een verhoging van 1,5 tot 2 kWh/m² bij het woongebouw en de hoekwoning tot een verhoging van 3,3 tot 4 kWh/m² bij de tussenwoning en de vrijstaande woning. Bij alle woningen is uitgegaan van buitenzonwering.
- 5 Het draaien van de woningen met 90 graden leidt tot een verhoging van BENG 1 met 0,5 tot 1,5 kWh/m². In de oorspronkelijke situatie is de gevel met het grootste glasoppervlak van deze vier referentiewoningen georiënteerd op zuidwest. Door het draaien komt deze gevel op noordwest te liggen.
- 6 Door het toepassen van meer ramen (kozijn+glas) in de gevel neemt BENG 1 toe met circa 5 kWh/m² bij de tussenwoning en het woongebouw en met circa 10 tot 11 kWh/m² bij de hoekwoning en de vrijstaande woning. Er is uitgegaan van een totaal raampercentage van 50%. Het oorspronkelijke raampercentage is weergegeven in tabel 1 en varieerde van 21% voor de tussenwoning tot 31% voor het woongebouw.
- 7 De combinatie van maatregel 3 (geen buitenzonwering), maatregel 4 (gemengd lichte bouwwijze) en maatregel 7 (50% open delen) heeft een veel groter effect dan de afzonderlijke maatregelen bij elkaar. Het vergroten van het raamoppervlak en bij dat grotere raamoppervlak vervolgens geen zonwering toepassen versterkt natuurlijk het effect. Bij het woongebouw neemt BENG 1 toe met circa 13 kWh/m² en bij de tussenwoning met 23 kWh/m². Bij de hoekwoning is dit zelfs 32 kWh/m² en bij de vrijstaande woningen 41 kWh/m². De impact van een minder gunstige oriëntatie is hierin niet meegenomen. De impact van alleen het draaien van de woningen (maatregel 5) was beperkt, maar bij aangepaste omstandigheden voor raamoppervlak, interne warmtecapaciteit en/of zonwering kan dit effect beduidend groter zijn.



Ir. J.M. (Ieke) Kuijpers - van Gaalen MBA
DGMR Bouw B.V.

Bijlage 1

Titel

Resultaten concepten

woningtype zonwering verwarming koeling tapwater isolatie glas infil ventilatie DWTW/
 ZB Wp PV BENG1 BENG2 BENG3 EPC* toelichting

														≤ 70,9	≤ 30	≥ 50%
tussenwoning M (bouwwijze massief)	nee	WP bodem	bodem koeling	combi WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	0	55,4	28,2	60%			
					D2	-	100	55,4	29,6	54%						
	ja	WP buiten	nee	combi WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	1.300	57,2	29,2	64%			
					D2	-	1.300	57,2	29,6	58%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	100	46,4	22,7	52%			
					Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	DWTW	2.900	57,2	30,0	56%			
	ja	SV forf	nee	SV forf	D2	-	2.400	57,2	28,7	52%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	1.900	47,7	24,0	51%			
	ja	SV kwal (fpdel 0,5)	nee	SV kwal (fpdel 0,5)	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	1.300	57,2	29,5	53%			
					D2	-	1.200	57,2	28,2	52%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	800	47,7	21,5	52%			
					Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	2.100	57,2	29,3	68%			
ja	Houtpellet (fpdel 0,5)	nee	houtpellet	D2	-	1.800	57,2	29,2	64%							
				passief	3v	0,25	D5a	-	800	47,7	28,9	52%				

														≤ 66,2	≤ 30	≥ 50%
hoekwoning M (bouwwijze massief)	nee	WP bodem	bodem koeling	combi WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	0	60,7	27,2	63%			
					D2	-	0	60,7	29,6	55%						
	ja	WP buiten	nee	combi WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	1.600	62,2	29,2	65%			
					D2	-	1.600	62,2	29,5	59%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	1.000	52,2	25,7	51%			
					Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	DWTW	4.300	62,2	29,6	57%			
	ja	SV forf	nee	SV forf	D2	-	3.400	62,2	29,9	51%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	2.700	52,2	23,2	51%			
	ja	SV kwal (fpdel 0,5)	nee	SV kwal (fpdel 0,5)	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	1.800	62,2	29,8	51%			
					D2	-	1.700	62,2	28,2	51%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	1.100	52,2	21,2	50%			
					Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	2.900	62,2	29,9	67%			
ja	Houtpellet (fpdel 0,5)	nee	houtpellet	D2	-	2.500	62,2	29,5	63%							
				passief	3v	0,25	D5a	-	1.000	52,2	29,1	51%				

														≤ 68,8	≤ 30	≥ 50%
hoekwoning L Delft (bouwwijze massief)	nee	WP bodem	bodem koeling	combi WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	0	71,3	28,1	68%			
					D2	-	100	71,3	29,4	65%						
	ja	WP buiten	nee	combi WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	1.900	68,8	29,5	67%			
					D2	-	1.800	68,8	29,7	62%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	900	55,5	27,2	50%			
					Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	DWTW	5.600	68,8	29,3	60%			
	ja	SV forf	nee	SV forf	D2	-	4.500	68,8	29,5	54%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	3.200	55,5	24,3	51%			
	ja	SV kwal (fpdel 0,5)	nee	SV kwal (fpdel 0,5)	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	2.400	68,8	29,9	53%			
					D2	-	2.100	68,8	28,8	51%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	1.300	55,5	21,6	50%			
					Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	3.800	68,8	29,2	70%			
ja	Houtpellet (fpdel 0,5)	nee	houtpellet	D2	-	3.100	68,8	29,9	65%							
				passief	3v	0,25	D5a	-	1.200	55,5	29,5	52%				

* Om enig gevoel te krijgen hoe BENG zich verhoudt tot de EPC is van enkele concepten de EPC berekend.

C4c (CO2 sturing WK + SK)

D2 (95% WTW)

D5a (95% WTW + CO2 sturing)

woningtype	zonwering	verwarming	koeling	tapwater	isolatie	glas	infil	ventilatie	DWTW/		Wp PV	BENG1	BENG2	BENG3	EPC*	toelichting
									ZB							
vrijstaand L (bouwwijze massief)	nee	WP bodem	bodem koeling	combi WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	0	0	66,8	26,9	67%	0,38	
					D2	-	0	66,8	29,8	61%	0,40					
					passief	3v	0,25	D5a	-	0	55,7	22,3	60%	0,36		
	ja	WP buiten	nee	combi WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	2.000	67,5	29,4	66%	0,38		
					D2	-	2.000	67,5	29,9	61%	0,39					
					passief	3v	0,25	D5a	-	1.000	56,0	26,8	51%	0,40		
	ja	SV forf	nee	SV forf	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	ZB	6.000	67,5	29,9	61%	0,07		
					D2	-	4.900	67,5	29,7	56%	0,15					
					passief	3v	0,25	D5a	-	3.700	56,0	24,0	51%	0,17		
	ja	SV kwal (fpdel 0,5)	nee	SV kwal (fpdel 0,5)	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	2.600	67,5	30,0	52%	0,18		
					D2	-	2.500	67,5	28,2	51%	0,20					
					passief	3v	0,25	D5a	-	1.600	56,0	21,0	50%	0,21		
ja	Houtpellet (fpdel 0,5)	nee	houtpellet	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	4.100	67,5	29,8	68%	0,16			
				D2	-	3.600	67,5	29,4	65%	0,20						
				passief	3v	0,25	D5a	-	1.300	56,0	29,9	51%	0,29			
vrijstaand M Herten (bouwwijze (gemengd) licht)	nee	WP bodem	bodem koeling	combi WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	0	79,8	29,3	69%	BENG1 incl +5 kWh/m2		
					D2	-	200	79,8	29,3	67%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	0	65,6	24,1	65%			
	ja	WP buiten	nee	combi WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	1.700	72,2	29,8	66%			
					D2	-	1.700	72,2	29,1	62%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	900	59,7	26,6	51%			
	ja	SV forf	nee	SV forf	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	ZB	4.900	72,2	29,8	62%			
					D2	-	3.900	72,2	29,6	58%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	3.000	59,7	24,7	51%			
	ja	SV kwal (fpdel 0,5)	nee	SV kwal (fpdel 0,5)	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	2.300	72,2	29,2	55%			
					D2	-	1.900	72,2	29,0	51%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	1.300	59,7	21,1	52%			
ja	Houtpellet (fpdel 0,5)	nee	houtpellet	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	3.400	72,2	29,7	69%				
				D2	-	2.800	72,2	29,8	65%							
				passief	3v	0,25	D5a	-	1.100	59,7	29,6	52%				
woongebouw 45 won (bouwwijze massief)	nee	WP coll.	bodem koeling	booster WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	0	58,9	36,3	60%	0,50	Adak=817 m2	
					D2	-	0	58,9	34,6	56%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	0	50,1	26,7	57%			
	ja	elektrische verwarming	nee	el doorstroom	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	DWTW	186.000	60,5	50,0	52%	0,40		
					D2	-	115.000	60,5	50,0	40%	0,58					
					passief	3v	0,25	D5a	DWTW	85.000	51,6	36,4	40%	0,41		
	ja	SV forf	nee	SV forf	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	DWTW	99.000	60,5	42,4	40%	0,22		
					D2	-	83.000	60,5	35,5	40%						
					passief	3v	0,25	D5a	DWTW	62.000	51,6	26,3	41%			
	ja	SV kwal (fpdel 0,5)	nee	SV kwal (fpdel 0,5)	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	29.000	60,5	38,5	40%	0,27		
					D2	-	26.000	60,5	33,9	40%						
					passief	3v	0,25	D5a	-	15.000	51,6	26,5	40%			
ja	coll. houtpellet (fpdel 0)	nee	el doorstroom	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	0	60,5	37,2	55%	0,51			
				D2	-	0	60,5	40,3	42%							
				passief	3v	0,25	D5a	-	15.000	51,6	31,7	40%				
ja	coll. houtpellet (fpdel 0,5)	nee	el doorstroom	Bouwbesluit+	HR++	0,4	D2	-	51.000	60,5	43,9	40%	0,57	fpdel 0,5 !		
				passief	3v	0,25	D5a	-	47.000	51,6	33,1	40%	0,57	fpdel 0,5 !		
nee	WP bodem indiv.	bodem koeling	combi WP	Bouwbesluit+	HR++	0,4	C4c	-	0	58,9	28,6	60%	0,44	individueel combi		

* Om enig gevoel te krijgen hoe BENG zich verhoudt tot de EPC is van enkele concepten de EPC berekend.

C4c (CO2 sturing WK + SK)

D2 (95% WTW)

D5a (95% WTW + CO2 sturing)

Bijlage 2

Titel Resultaten gevoeligheidsanalyse BENG1

GEVOELIGHEIDSANALYSE BENG1

isolatiepakket	zonwering	thermisch massa	orientatie	glaspercentage	BENG1	tov basis
tussenwoning M					≤70,9	
basis bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	basis	basis = 21%	57,2	0
1 Passief + Triple glas U0,9 + infil 0,4	ja	massief	basis	basis	49,6	-7,6
2 Passief + Triple glas U0,9 + infil 0,25	ja	massief	basis	basis	47,7	-9,5
3 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	nee	massief	basis	basis	55,4	-1,8
4 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	HSB /betonvloer	basis	basis	60,5	3,3
5 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	kwart gedraaid	basis	58,6	1,5
6 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	basis	50%	61,9	4,7
7 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	nee	HSB /betonvloer	basis	50%	80,2	23,0
hoekwoning M					≤66,2	
basis bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	basis	basis = 25%	62,2	0
1 Passief + Triple glas U0,9 + infil 0,4	ja	massief	basis	basis	54,2	-8,1
2 Passief + Triple glas U0,9 + infil 0,25	ja	massief	basis	basis	52,2	-10,0
3 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	nee	massief	basis	basis	60,7	-1,6
4 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	HSB /betonvloer	basis	basis	64,4	2,2
5 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	kwart gedraaid	basis	62,6	0,4
6 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	basis	50%	72,0	9,8
7 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	nee	HSB /betonvloer	basis	50%	93,0	30,8
vrijstaande woning L					≤74,1	
basis bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	basis	basis = 27%	67,5	0
1 Passief + Triple glas U0,9 + infil 0,4	ja	massief	basis	basis	57,8	-9,7
2 Passief + Triple glas U0,9 + infil 0,25	ja	massief	basis	basis	56,0	-11,6
3 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	nee	massief	basis	basis	66,8	-0,7
4 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	HSB /betonvloer	basis	basis	71,5	3,9
5 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	kwart gedraaid	basis	68,1	0,5
6 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	basis	50%	78,9	11,4
7 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	nee	HSB /betonvloer	basis	50%	109,0	41,5
woongebouw 45 woningen					≤65	
basis bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	basis	basis =31%	60,5	0
1 Passief + Triple glas U0,9 + infil 0,4	ja	massief	basis	basis	53,7	-6,7
2 Passief + Triple glas U0,9 + infil 0,25	ja	massief	basis	basis	51,6	-8,9
3 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	nee	massief	basis	basis	58,9	-1,6
4 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	HSB /betonvloer	basis	basis	62,0	1,5
5 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	kwart gedraaid	basis	61,1	0,7
6 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	ja	massief	basis	50%	65,3	4,9
7 bouwbesluit + HR glas U1,4 + infil 0,4	nee	HSB /betonvloer	basis	50%	73,0	12,5

Bijlage 3

Titel Uitgangspunten concepten en maatregelen (Excelbestand)

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Croeselaan 15 | 3521 BJ Utrecht
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht T +31 (0) 88 042 42 42
F +31 (0) 88 602 90 23
E klantcontact@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland |
Publicatienummer: RVO-118-1901/BR-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.