

Opbouwen school



De Groene Zoom - Fokko Kortlanglaan, Harderwijk

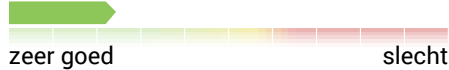
2 metselwerk school

Buitenwand
aangemaakt op 25.4.2024

Thermische isolatie

$R_c = 4,45 \text{ m}^2\text{K/W}$

NTA 8800 Renovatie*: $U < 0,64 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



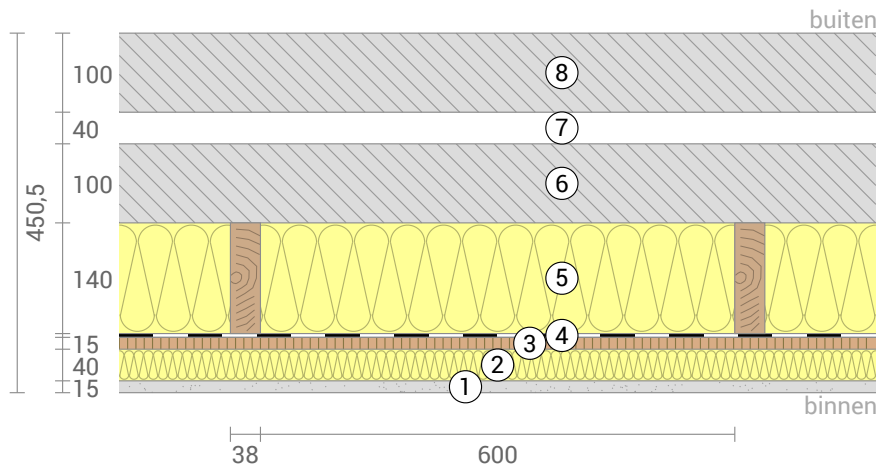
Vochtbescherming

Droogreserve: $501 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Geen condensatiewater



Hittebescherming

Temperatuur amplitude demping: >100
Faseverschuiving: niet relevant
Warmtecapaciteit binnen: $96 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- | | |
|-------------------------------|---|
| ① Leempleister (15 mm) | ⑤ GUTEX Multitherm (140 mm) |
| ② AGEPAN THD N+F (40 mm) | ⑥ baksteen oud metselwerk steensmuur (100 mm) |
| ③ elka esb P5 (15 mm) | ⑦ Luchtspouw (40 mm) |
| ④ Dampremmende folie $s_d=10$ | ⑧ baksteen oud metselwerk steensmuur (100 mm) |

Kamerlucht: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$
Omgevingslucht: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$
Oppervlaktetemperatuur.: $18,5^\circ\text{C} / -4,8^\circ\text{C}$

μ d-waarde: 13,5 m
Droogreserve: $501 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$

Dikte: 45,0 cm
Gewicht: $387 \text{ kg}/\text{m}^2$
Warmtecapaciteit: $429 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

NTA 8800 Renovatie BEG Einzelmaßn. GEG 2020 Bestand GEG 2020 Neubau

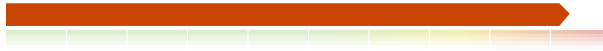
2 metselwerk school, $R_c=4,45 \text{ m}^2\text{K/W}$

Milieubalans

Warmteverlies: 14 kWh/m² per verwarmingsperiode Hoeveelheid warmte die tijdens de verwarmingsperiode door een vierkante meter van dit onderdeel ontsnapt. Let op: Door interne en zonnewinsten is de warmtebehoefte minder dan het warmteverlies.



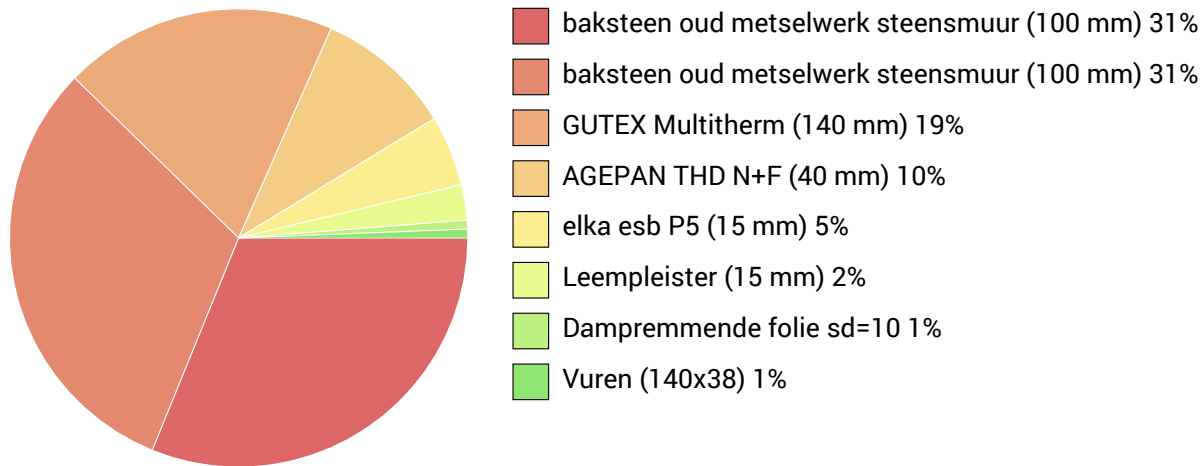
Primaire energie (niet-hernieuwbaar): 320 kWh/m² Niet-hernieuwbare primaire energie (=energie uit fossiele brandstoffen en kernenergie) die werd gebruikt om de gebruikte bouwmaterialen te produceren ("cradle to gate").



Opwarmingsvermogen: 36 kg CO₂ Äqv./m² Hoeveelheid broeikasgassen die vrijkomen bij de productie van de gebruikte bouwmaterialen ("cradle to gate").



Samenstelling van de niet-hernieuwbare primaire energie-input van de productie:

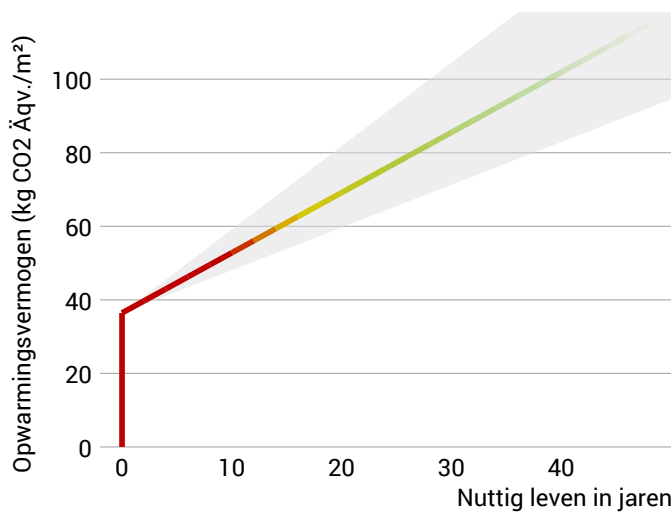


Samenstelling van het aardopwarmingsvermogen van de productie:



2 metselwerk school, $R_c=4,45 \text{ m}^2\text{K/W}$

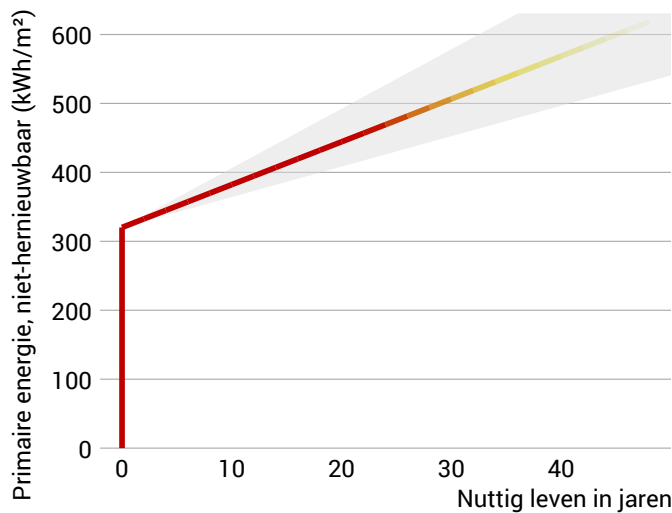
Opwarmingsvermogen van de aarde en primaire energie voor bouw en gebruik



De **figuur links** toont in het verticale deel van de curve het kaspotentieel van de productie van het onderdeel. De broeikasgasemissies die tijdens het gebruik van het gebouw (door de verwarming) worden gegenereerd, worden weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

De **figuur linksonder** toont in het verticale deel van de curve de niet-hernieuwbare primaire energie-input voor de productie van de component. De primaire energie die nodig is tijdens het gebruik van het gebouw (door middel van verwarming) wordt weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

Hoe langer het onderdeel onveranderd wordt gebruikt, hoe milieuvriendelijker het is, omdat de productie-inspanning minder bijdraagt aan de totale uitstoot (aangegeven door de kleur van de curve).



Door onbekende zonne- en inwendige winsten kan de vraag naar verwarming alleen maar worden geschat. De vraag naar primaire energie en het aardopwarmingsvermogen tijdens de gebruiksfase zijn dan ook slechts onnauwkeurig bekend. Voor de schatting werd aangenomen dat zonne-energie en interne winsten bijdragen met 4 kWh/a/m^2 aan het oppervlak van de bouwcomponenten. Het lichtgrijze gebied markeert het gebied waar de curve zich zeker bevindt. Voor de warmteopwekking werd uitgegaan van een primaire energie-input van $0,60 \text{ kWh}$ per kWh warmte en een global warming potential van $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ eqv/m}^2$ per kWh warmte. Warmtebron: Warmtepomp (lucht).

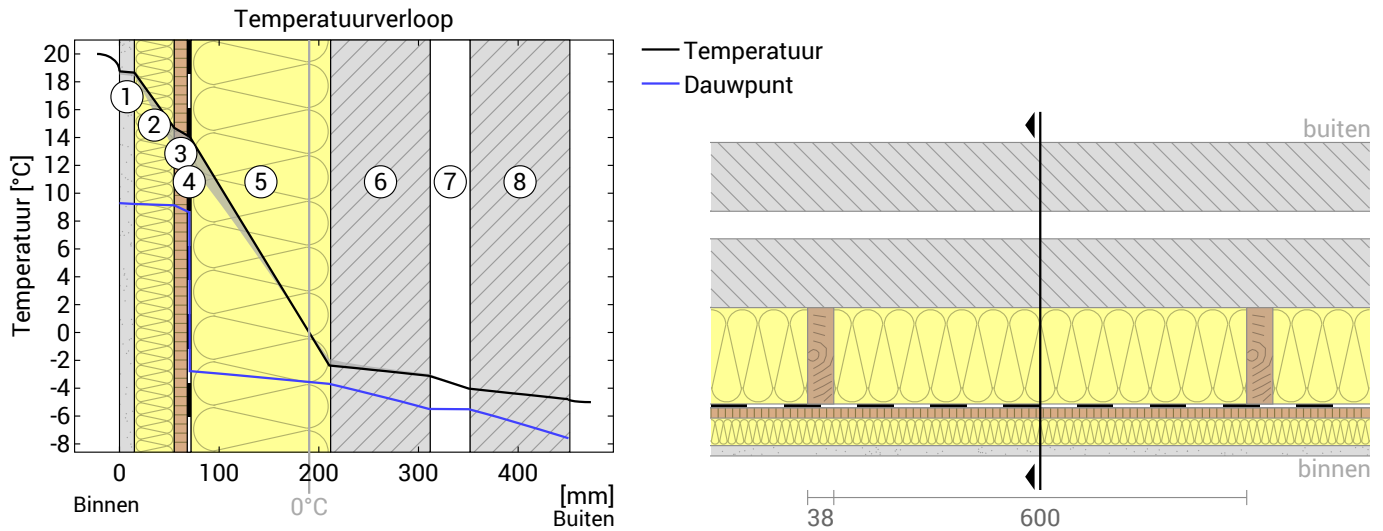
Aanwijzing

Berekend voor de locatie De Bilt, verwarmingsperiode van Midden oktober tot Eind april. De berekening is gebaseerd op maandelijkse gemiddelde temperaturen. Bron: ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE

De klimaat- en energiegegevens waarop deze berekening is gebaseerd, kunnen in sommige gevallen sterke schommelingen vertonen en in individuele gevallen aanzienlijk afwijken van de werkelijke waarde.

2 metselwerk school, $R_c=4,45 \text{ m}^2\text{K/W}$

Temperatuurverloop



- | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ① Leempleister (15 mm) | ④ Dampremmende folie $s_d=10$ | ⑦ Luchtspouw (40 mm) |
| ② AGEPAN THD N+F (40 mm) | ⑤ GUTEX Multitherm (140 mm) | ⑧ baksteen oud metselwerk steensm... |
| ③ elka esb P5 (15 mm) | ⑥ baksteen oud metselwerk steensm... | |

Links: Verloop van temperatuur en dauwpunt op het gemarkeerde punt in de afbeelding rechts. Het dauwpunt is de temperatuur waarbij waterdamp condenseert en condenswater wordt gevormd. Zolang de temperatuur van de constructie op elk punt boven de dauwpunt temperatuur ligt, wordt er geen condenswater geproduceerd. Als de twee curves elkaar raken, wordt er op de raakpunten condenswater geproduceerd.

Rechts: Schaaltekening van de constructie.

Lagen (van binnen naar buiten)

#	Materiaal	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatuur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
Warmteovergangswaarde*				0,130	18,5	20,0
1	1,5 cm Leempleister	0,800	0,019	18,4	18,8	25,5
2	4 cm AGEPAN THD N+F	0,050	0,800	13,0	18,7	9,2
3	1,5 cm elka esb P5	0,120	0,125	12,0	14,7	9,3
4	0,05 cm Dampremmende folie $s_d=10$	0,220	0,002	12,0	14,1	0,1
5	14 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,042	3,333	-2,4	14,1	18,4
	14 cm Vuren (6,0%)	0,130	1,077	-1,9	12,3	4,3
6	10 cm baksteen oud metselwerk steensmuur	0,680	0,147	-3,1	-1,9	160,0
7	4 cm Luchtspouw (niet geventileerd)	0,222	0,180	-4,0	-3,0	0,0
8	10 cm baksteen oud metselwerk steensmuur	0,680	0,147	-4,8	-4,0	160,0
Warmteovergangswaarde*				0,040	-5,0	-4,8
45,05 cm Gehele constructie			4,594			387,0

Warmteovergangswaarden volgens DIN 6946 voor de U-waardeberekening. Voor vochtbescherming en temperatuurverloop zijn $R_{si}=0,25$ en $R_{se}=0,04$ volgens DIN 4108-3 gebruikt.

Oppervlaktetemperatuur binnen (min. / medium / max.)	18,5°C	18,7°C	18,8°C
Oppervlaktetemperatuur buiten (min. / medium / max.)	-4,8°C	-4,8°C	-4,8°C

2 metselwerk school, $R_c=4,45 \text{ m}^2\text{K/W}$

Vochtbescherming

Voor de berekening van de hoeveelheid condensatiewater werd de component gedurende 90 dagen blootgesteld aan het volgende constante klimaat: binnen: 20°C und 50% Luchtvochtigheid; buiten: -5°C und 80% Luchtvochtigheid. Dit klimaat voldoet aan DIN 4108-3.

Onder de veronderstelde omstandigheden zal zich geen condensatie vormen.

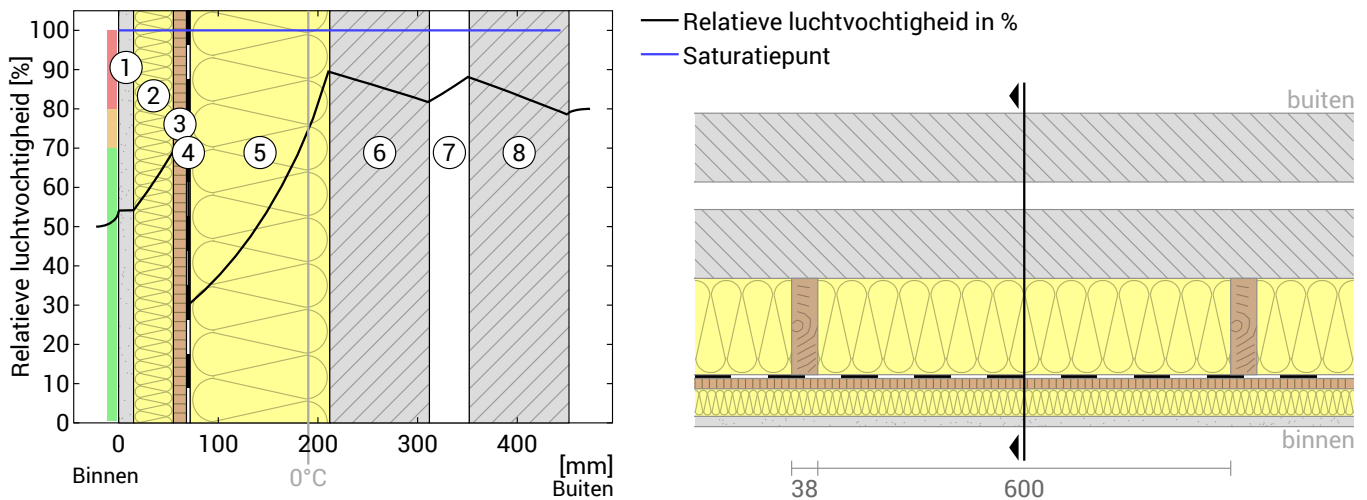
Droogreserve volgens DIN 4108-3:2018: 501 g/(m²a)
Ten minste vereist door DIN 68800-2: 100 g/(m²a)

#	Materiaal	μ -waarde [m]	Condenswater		Gewicht [kg/m ²]
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	
1	1,5 cm Leempleister	0,08	-		25,5
2	4 cm AGEPAN THD N+F	0,12	-		9,2
3	1,5 cm elka esb P5	0,60	-	-	9,3
4	0,05 cm Dampremmende folie sd=10	10,00	-		0,1
5	14 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,56	-		18,4
	14 cm Vuren (6,0%)	2,80	-	-	4,3
6	10 cm baksteen oud metselwerk steensmuur	1,00	-		160,0
7	4 cm Luchtspouw (niet geventileerd)	0,01	-		0,0
8	10 cm baksteen oud metselwerk steensmuur	1,00	-		160,0
	45,05 cm Gehele constructie	13,46	0		387,0

Luchtvochtigheid

De oppervlaktetemperatuur aan de kamerzijde is 18,5°C, wat resulteert in een relatieve luchtvochtigheid op het oppervlak van 55%. Onder deze omstandigheden is schimmelgroei niet te verwachten.

Het volgende diagram toont de relatieve luchtvochtigheid binnen de component.



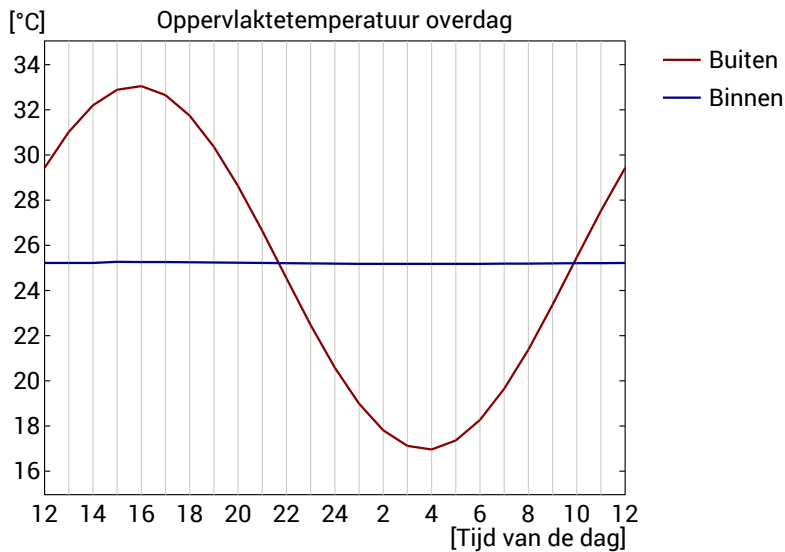
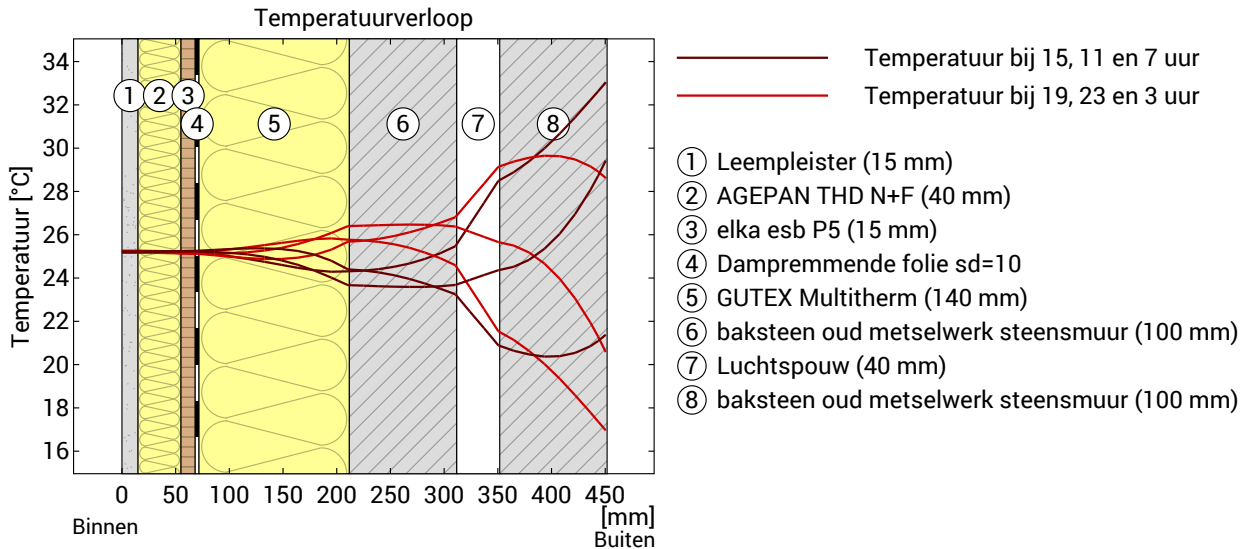
- | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ① Leempleister (15 mm) | ④ Dampremmende folie sd=10 | ⑦ Luchtspouw (40 mm) |
| ② AGEPAN THD N+F (40 mm) | ⑤ GUTEX Multitherm (140 mm) | ⑧ baksteen oud metselwerk steensm... |
| ③ elka esb P5 (15 mm) | ⑥ baksteen oud metselwerk steensm... | |

Opmerkingen: Berekening met behulp van de 2D-FE-methode van Ubakus. Convectie en de capillariteit van de bouwmaterialen werden niet overwogen. De droogtijd kan langer duren onder ongunstige omstandigheden (schaduw, vochtige / koele zomers) dan hier berekend.

2 metselwerk school, $R_c=4,45 \text{ m}^2\text{K/W}$

Hittebescherming

De volgende resultaten zijn eigenschappen van de geteste component alleen en doen geen uitspraak over de hittebescherming van de hele kamer:



Bovenste figuur: Temperatuurprofiel binnen het component op verschillende tijdstippen. Bruine lijnen van boven naar beneden, bruine lijnen: om 15,11 en 7 uur en rode lijnen om 19,23 en 3 uur's ochtends.

Onderste figuur: Temperatuur aan de buitenkant (rood) en binnenzijde (blauw) oppervlak gedurende een dag. De zwarte pijlen geven de positie van de maximale temperatuurwaarden aan. De maximale binnentemperatuur dient zo mogelijk in de tweede helft van de nacht te worden bereikt.

Faseverschuiving*	niet relevant	Thermische opslagcapaciteit (complete constructie):	429 kJ/m ² K
Amplitude demping**	>100	Warmteopslagcapaciteit van de binnenlagen:	96 kJ/m ² K
TAV***	0,006		

* De faseverschuiving geeft de tijd aan in uren waarna de maximale middagwarmte de binnenzijde van het constructie bereikt.

** Amplitude demping beschrijft de demping van de temperatuurgolf tijdens het passeren van de component. Een waarde van 10 betekent dat de temperatuur aan de buitenkant 10 keer zo hoog is als aan de binnenkant, bijv. 15-35°C buiten, binnen 24-26°C.

*** De temperatuuramplitude ratio TAV is de onderlinge verhouding van de demping: $TAV = 1/\text{Amplitude demping}$

Aanwijzing: De hittebescherming van een ruimte wordt beïnvloed door verschillende factoren, maar hoofdzakelijk door de directe zonnestraling door ramen en de totale hoeveelheid opslagmassa (inclusief vloer, binnenmuren en fittingen / meubels). Een enkele component heeft meestal slechts een zeer kleine invloed op de hittebescherming van de kamer.

Bovenstaande berekeningen werden gemaakt voor een 1-dimensionale dwarsdoorsnede van de component.

opbouw 2 school

Buitenwand
aangemaakt op 24.4.2024

Thermische isolatie

$R_c = 5,21 \text{ m}^2\text{K/W}$

NTA 8800 Nieuwbouw*: $U < 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



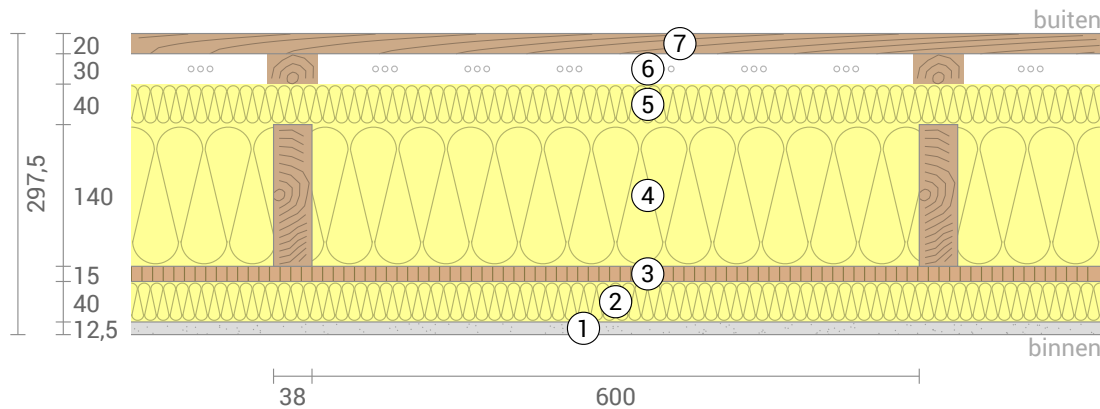
Vochtbescherming

Droogreserve: $7152 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Geen condensatiewater



Hittebescherming

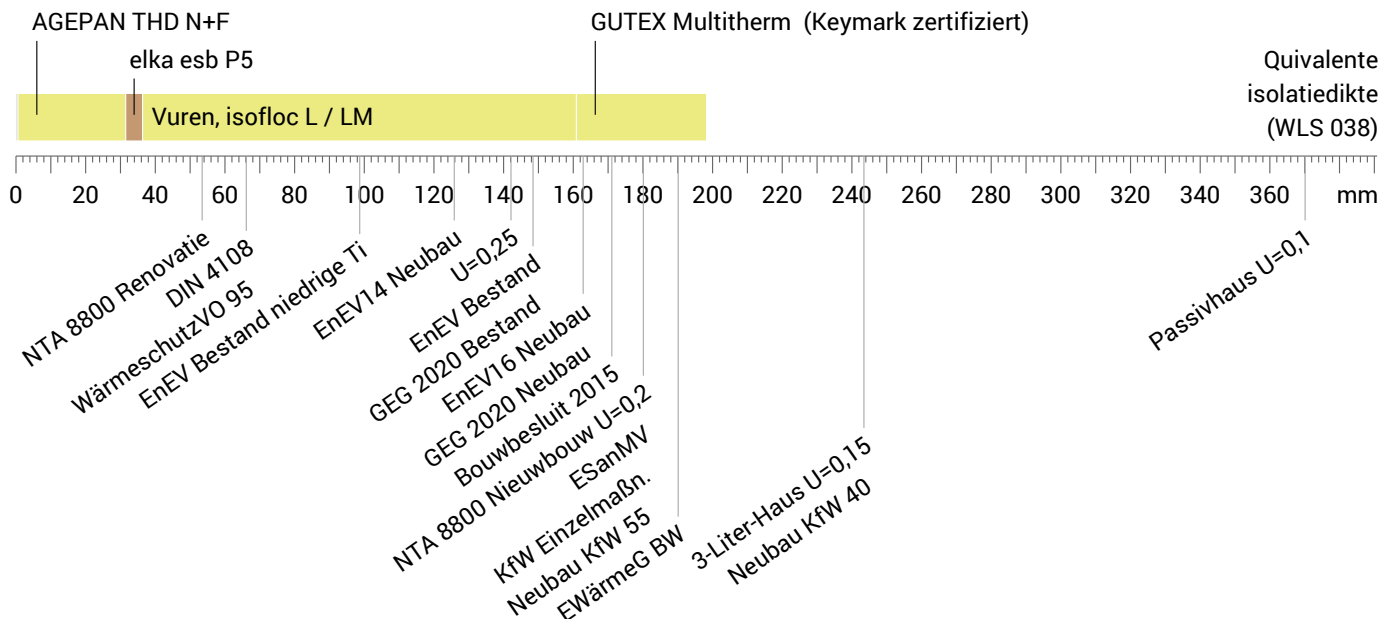
Temperatuur amplitude demping: 40
Faseverschuiving: 13,3 h
Warmtecapaciteit binnen: $64 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① Leempleister (12,5 mm)
- ④ isofloc L / LM (140 mm)
- ⑦ Profi Holz (20 mm)
- ② AGEPAN THD N+F (40 mm)
- ⑤ GUTEX Multitherm (40 mm)
- ⑥ Sterk geventileerde luchtlage (30 mm)
- ③ elka esb P5 (15 mm)

Isolatie-effect van afzonderlijke lagen en vergelijking met referentiewaarden

De thermische weerstand van de afzonderlijke lagen is omgebouwd tot millimeters isolatiemateriaal. De weegschaal heeft betrekking op isolatiemateriaal van warmtegeleidingsvermogen $0,038 \text{ W}/\text{mK}$.



Kamerlucht:	20,0°C / 50%	Dikte:	29,8 cm
Omgevingslucht:	-5,0°C / 80%	Gewicht:	65 kg/m ²
Oppervlaktetemperatuur.:	18,7°C / -4,8°C	Warmtecapaciteit:	92 kJ/m ² K
		Droogreserve:	7152 g/m ² a

- NTA 8800 Nieuwbouw
 BEG Einzelmaßn.
 GEG 2020 Bestand
 GEG 2020 Neubau

*Vergelijking van de U-waarde met grenswaarde volgens NTA 8800, Nieuwbouw; den techn. Mindestanforderungen für BEG Einzelmaßnahmen; den Höchstwerten aus GEG 2020 Anlage 7 (GEG 2020 Bestand); 80% des U-Werts der Referenzausführung aus GEG 2020 Anlage 1 (GEG20 Neubau)

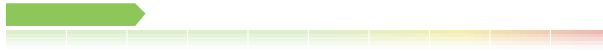
opbouw 2 school, $R_c=5,21 \text{ m}^2\text{K/W}$

Milieubalans

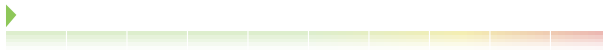
Warmteverlies: 12 kWh/m^2 per verwarmingsperiode De hoeveelheid warmte die tijdens de verwarmingsperiode door een vierkante meter van dit onderdeel ontsnapt. Let op: Door interne en zonnewinsten is de warmtebehoefte minder dan het warmteverlies.



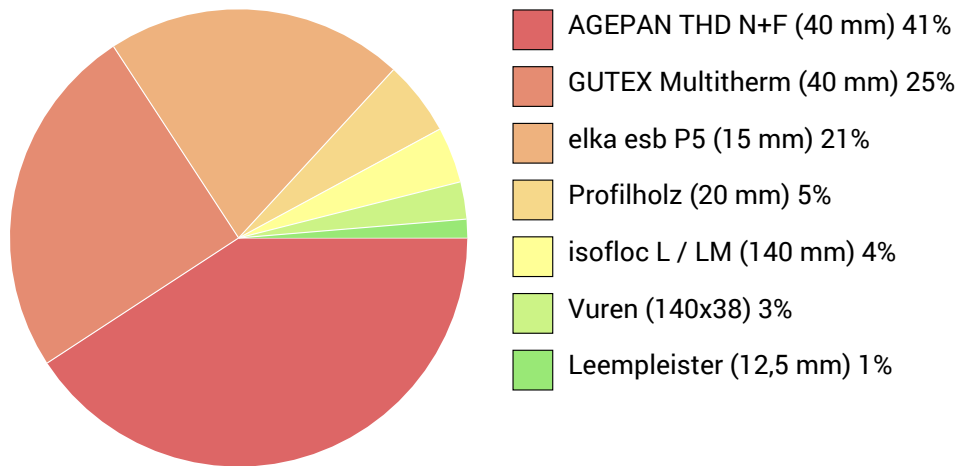
Primaire energie (niet-hernieuwbaar): 75 kWh/m^2 Niet-hernieuwbare primaire energie (=energie uit fossiele brandstoffen en kernenergie) die werd gebruikt om de gebruikte bouwmaterialen te produceren ("cradle to gate").



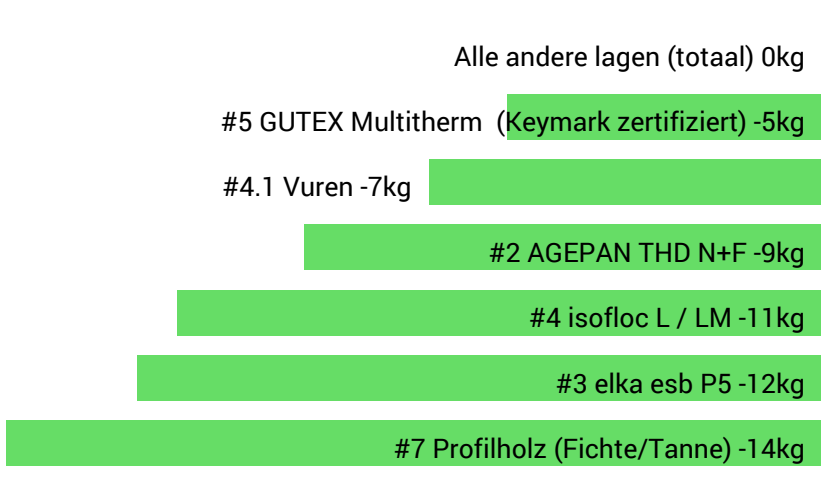
Opwarmingsvermogen: $-57 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv./m}^2$ Zeer goed: Voor de productie van de gebruikte bouwmaterialen werden meer broeikasgassen uit de atmosfeer gehaald dan er werden toegevoegd.



Samenstelling van de niet-hernieuwbare primaire energie-input van de productie:

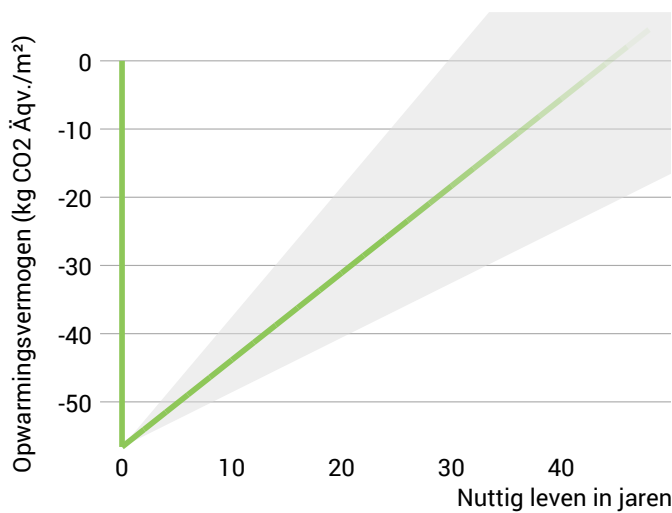


Samenstelling van het aardopwarmingsvermogen van de productie:



opbouw 2 school, $R_c=5,21 \text{ m}^2\text{K/W}$

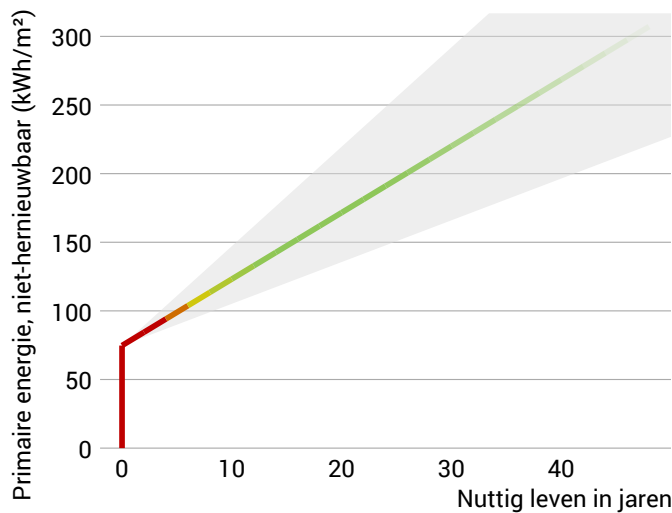
Opwarmingsvermogen van de aarde en primaire energie voor bouw en gebruik



De **figuur links** toont in het verticale deel van de curve het kaspotentieel van de productie van het onderdeel. De broeikasgasemissies die tijdens het gebruik van het gebouw (door de verwarming) worden gegenereerd, worden weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

De **figuur linksonder** toont in het verticale deel van de curve de niet-hernieuwbare primaire energie-input voor de productie van de component. De primaire energie die nodig is tijdens het gebruik van het gebouw (door middel van verwarming) wordt weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

Hoe langer het onderdeel onveranderd wordt gebruikt, hoe milieuvriendelijker het is, omdat de productie-inspanning minder bijdraagt aan de totale uitstoot (aangegeven door de kleur van de curve).



Door onbekende zonne- en inwendige winsten kan de vraag naar verwarming alleen maar worden geschat. De vraag naar primaire energie en het aardopwarmingsvermogen tijdens de gebruiksfase zijn dan ook slechts onnauwkeurig bekend. Voor de schatting werd aangenomen dat zonne-energie en interne winsten bijdragen met 4 kWh/a/m^2 aan het oppervlak van de bouwcomponenten. Het lichtgrijze gebied markeert het gebied waar de curve zich zeker bevindt. Voor de warmteopwekking werd uitgegaan van een primaire energie-input van $0,60 \text{ kWh}$ per kWh warmte en een global warming potential van $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ eqv/m}^2$ per kWh warmte. Warmtebron: Warmtepomp (lucht).

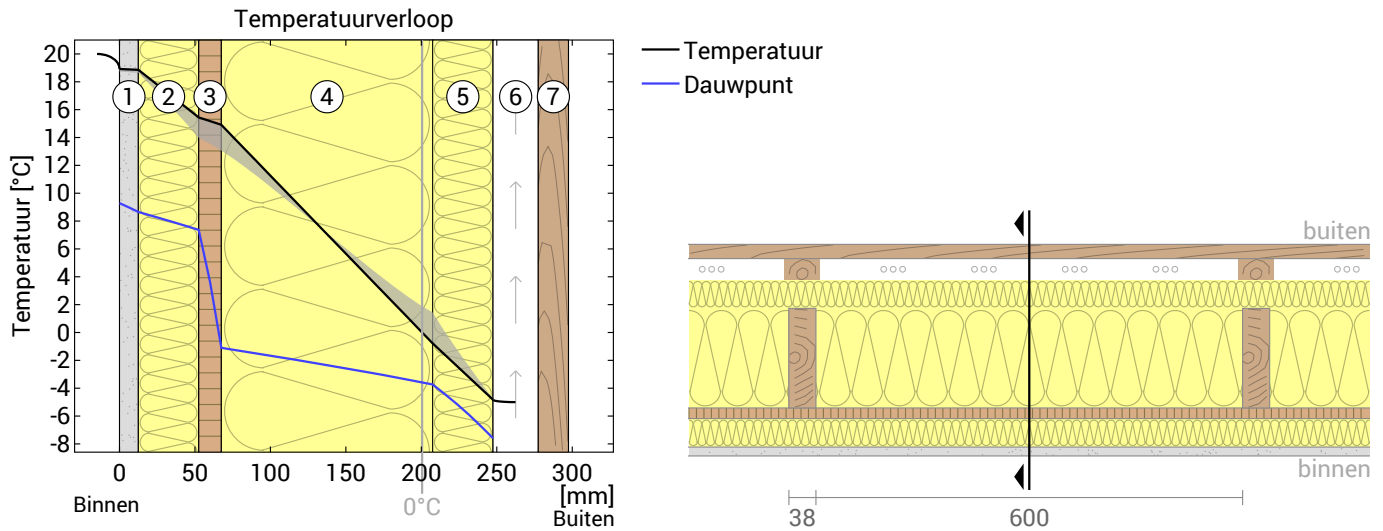
Aanwijzing

Berekend voor de locatie De Bilt, verwarmingsperiode van Midden oktober tot Eind april. De berekening is gebaseerd op maandelijkse gemiddelde temperaturen. Bron: ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE

De klimaat- en energiegegevens waarop deze berekening is gebaseerd, kunnen in sommige gevallen sterke schommelingen vertonen en in individuele gevallen aanzienlijk afwijken van de werkelijke waarde.

opbouw 2 school, $R_c=5,21 \text{ m}^2\text{K/W}$

Temperatuurverloop



- | | | |
|--------------------------|---|-----------------------|
| ① Leempleister (12,5 mm) | ④ isofloc L / LM (140 mm) | ⑦ Profiilholz (20 mm) |
| ② AGEPAN THD N+F (40 mm) | ⑤ GUTEX Multitherm (40 mm) | |
| ③ elka esb P5 (15 mm) | ⑥ Sterk geventileerde luchtlage (30 mm) | |

Links: Verloop van temperatuur en dauwpunt op het gemarkeerde punt in de afbeelding rechts. Het dauwpunt is de temperatuur waarbij waterdamp condenseert en condenswater wordt gevormd. Zolang de temperatuur van de constructie op elk punt boven de dauwpunt temperatuur ligt, wordt er geen condenswater geproduceerd. Als de twee curves elkaar raken, wordt er op de raakpunten condenswater geproduceerd.

Rechts: Schaaltekening van de constructie.

Lagen (van binnen naar buiten)

#	Materiaal	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatuur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
Warmteovergangsweerstand*				18,7	20,0	
1	1,25 cm Leempleister	0,870	0,014	18,6	18,9	21,3
2	4 cm AGEPAN THD N+F	0,050	0,800	14,0	18,9	9,2
3	1,5 cm elka esb P5	0,120	0,125	13,1	15,4	9,3
4	14 cm isofloc L / LM	0,038	3,684	-0,8	14,9	6,6
	14 cm Vuren (6,0%)	0,130	1,077	1,4	13,3	4,3
5	4 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,042	0,952	-4,8	1,4	5,6
Warmteovergangsweerstand*				-5,0	-4,8	
6	3 cm Sterk geventileerde luchtlage (buitenlucht)			-5,0	-5,0	0,0
7	2 cm Profiilholz (Fichte/Tanne)			-5,0	-5,0	9,0
29,75 cm Gehele constructie			5,463			65,3

Warmteovergangsweerstanden volgens DIN 6946 voor de U-waardeberekening. Voor vochtbescherming en temperatuurverloop zijn $R_{si}=0,25$ en $R_{se}=0,04$ volgens DIN 4108-3 gebruikt.

Oppervlaktetemperatuur binnen (min. / medium / max.)	18,7°C	18,9°C	18,9°C
Oppervlaktetemperatuur buiten (min. / medium / max.)	-4,8°C	-4,8°C	-4,8°C

opbouw 2 school, $R_c=5,21 \text{ m}^2\text{K/W}$

Vochtbescherming

Voor de berekening van de hoeveelheid condensatiewater werd de component gedurende 90 dagen blootgesteld aan het volgende constante klimaat: binnen: 20°C und 50% Luchtvochtigheid; buiten: -5°C und 80% Luchtvochtigheid. Dit klimaat voldoet aan DIN 4108-3.

Onder de veronderstelde omstandigheden zal zich geen condensatie vormen.

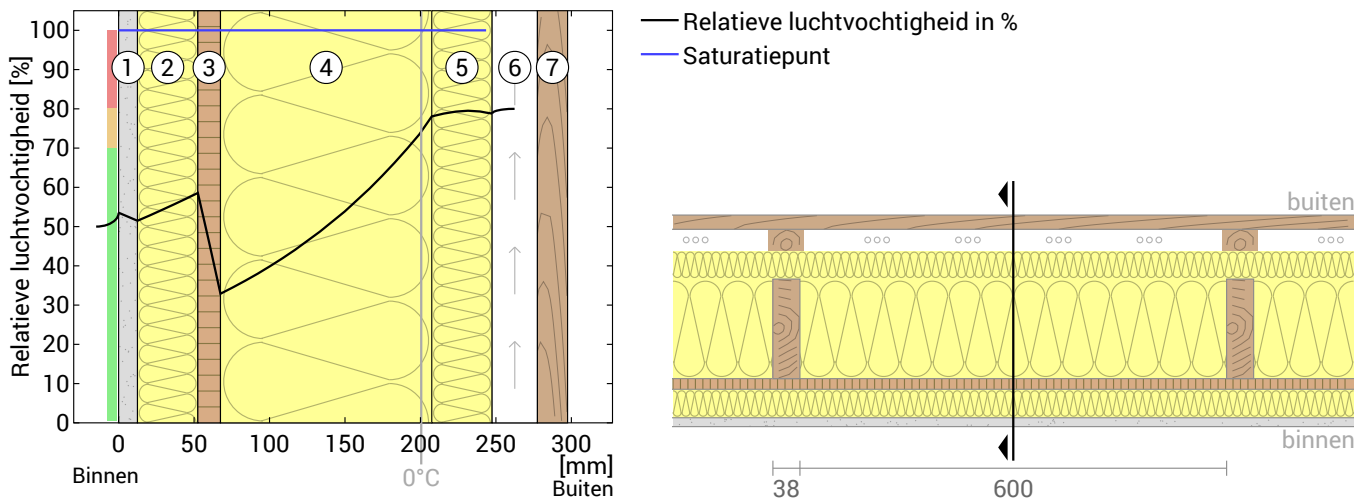
Droogreserve volgens DIN 4108-3:2018: 7152 g/(m²a)
Ten minste vereist door DIN 68800-2: 100 g/(m²a)

#	Materiaal	μ -waarde [m]	Condenswater [kg/m ²]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Leempleister	0,06	-	21,3
2	4 cm AGEPAN THD N+F	0,12	-	9,2
3	1,5 cm elka esb P5	0,60	-	9,3
4	14 cm isofloc L / LM	0,14	-	6,6
	14 cm Vuren (6,0%)	7,00	-	4,3
5	4 cm GUTEX Multitherm (Keymark zertifiziert)	0,16	-	5,6
	29,75 cm Gehele constructie	1,13	0	65,3

Luchtvochtigheid

De oppervlaktetemperatuur aan de kamerzijde is 18,7°C, wat resulteert in een relatieve luchtvochtigheid op het oppervlak van 54%. Onder deze omstandigheden is schimmelgroei niet te verwachten.

Het volgende diagram toont de relatieve luchtvochtigheid binnen de component.



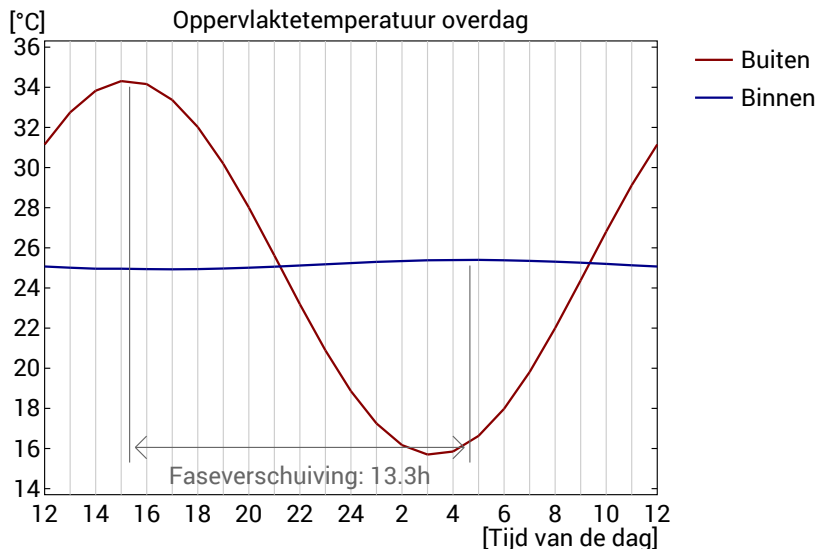
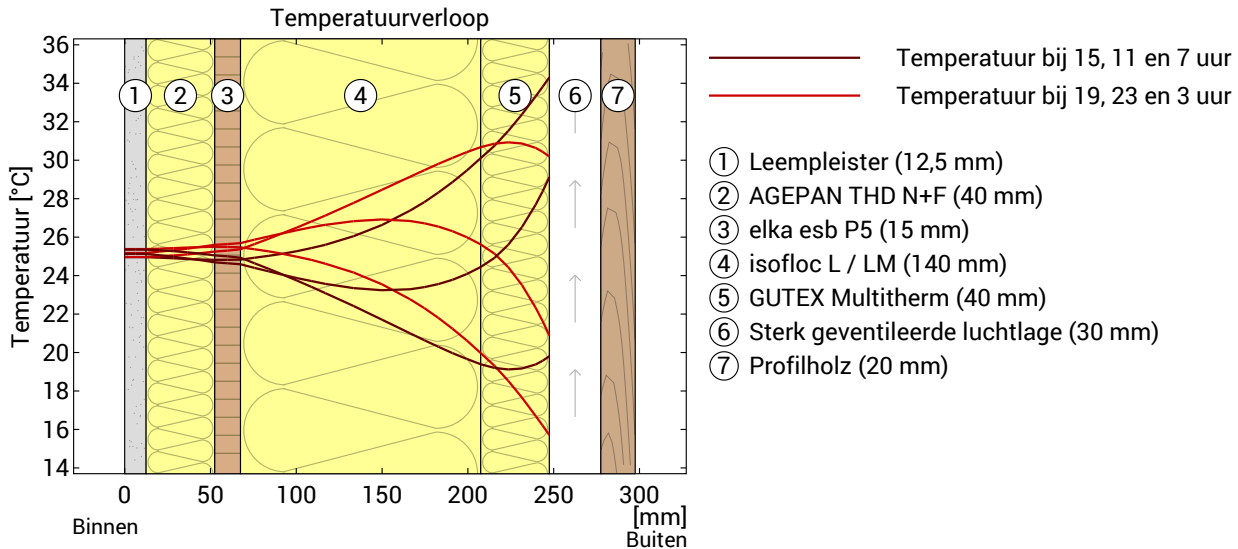
- ① Leempleister (12,5 mm)
- ② AGEPAN THD N+F (40 mm)
- ③ elka esb P5 (15 mm)
- ④ isofloc L / LM (140 mm)
- ⑤ GUTEX Multitherm (40 mm)
- ⑥ Sterk geventileerde luchtlaye (30 mm)
- ⑦ Profilholz (20 mm)

Opmerkingen: Berekening met behulp van de 2D-FE-methode van Ubakus. Convection en de capillariteit van de bouwmaterialen werden niet overwogen. De droogtijd kan langer duren onder ongunstige omstandigheden (schaduw, vochtige / koele zomers) dan hier berekend.

opbouw 2 school, $R_c=5,21 \text{ m}^2\text{K/W}$

Hittebescherming

De volgende resultaten zijn eigenschappen van de geteste component alleen en doen geen uitspraak over de hittebescherming van de hele kamer:



Bovenste figuur: Temperatuurprofiel binnen het component op verschillende tijdstippen. Bruine lijnen van boven naar beneden, bruine lijnen: om 15,11 en 7 uur en rode lijnen om 19,23 en 3 uur's ochtends.

Onderste figuur: Temperatuur aan de buitenkant (rood) en binnenzijde (blauw) oppervlak gedurende een dag. De zwarte pijlen geven de positie van de maximale temperatuurwaarden aan. De maximale binnentemperatuur dient zo mogelijk in de tweede helft van de nacht te worden bereikt.

Faseverschuiving*	13,3 h	Thermische opslagcapaciteit (complete constructie):	92 kJ/m ² K
Amplitude demping**	39,5	Warmteopslagcapaciteit van de binnenlagen:	64 kJ/m ² K
TAV***	0,025		

* De faseverschuiving geeft de tijd aan in uren waarna de maximale middagwarmte de binnenzijde van het constructie bereikt.

** Amplitude demping beschrijft de demping van de temperatuurgolf tijdens het passeren van de component. Een waarde van 10 betekent dat de temperatuur aan de buitenkant 10 keer zo hoog is als aan de binnenkant, bijv. 15-35°C buiten, binnen 24-26°C.

*** De temperatuuramplitude ratio TAV is de onderlinge verhouding van de demping: $TAV = 1/\text{Amplitude demping}$

Aanwijzing: De hittebescherming van een ruimte wordt beïnvloed door verschillende factoren, maar hoofdzakelijk door de directe zonnestraling door ramen en de totale hoeveelheid opslagmassa (inclusief vloer, binnenmuren en fittingen / meubels). Een enkele component heeft meestal slechts een zeer kleine invloed op de hittebescherming van de kamer.

Bovenstaande berekeningen werden gemaakt voor een 1-dimensionale dwarsdoorsnede van de component.

Rafelaars op daksparren isolatie

Dakconstructie
aangemaakt op 17.5.2024

Thermische isolatie

$R_c = 6,32 \text{ m}^2\text{K/W}$

NTA 8800 Nieuwbouw*: $U < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



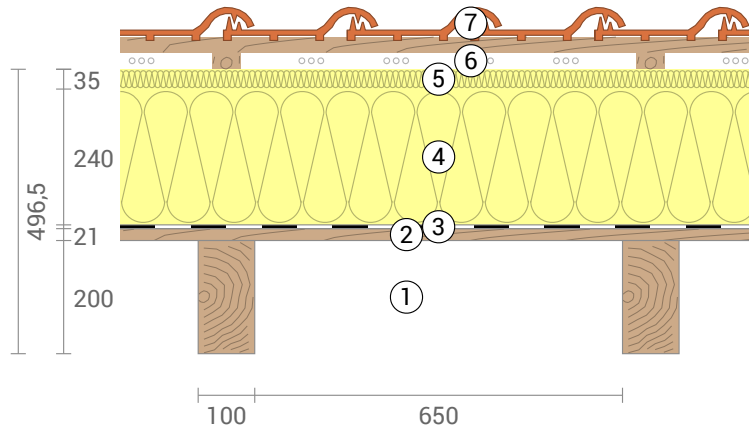
Vochtbescherming

Geen condensatiewater



Hittebescherming

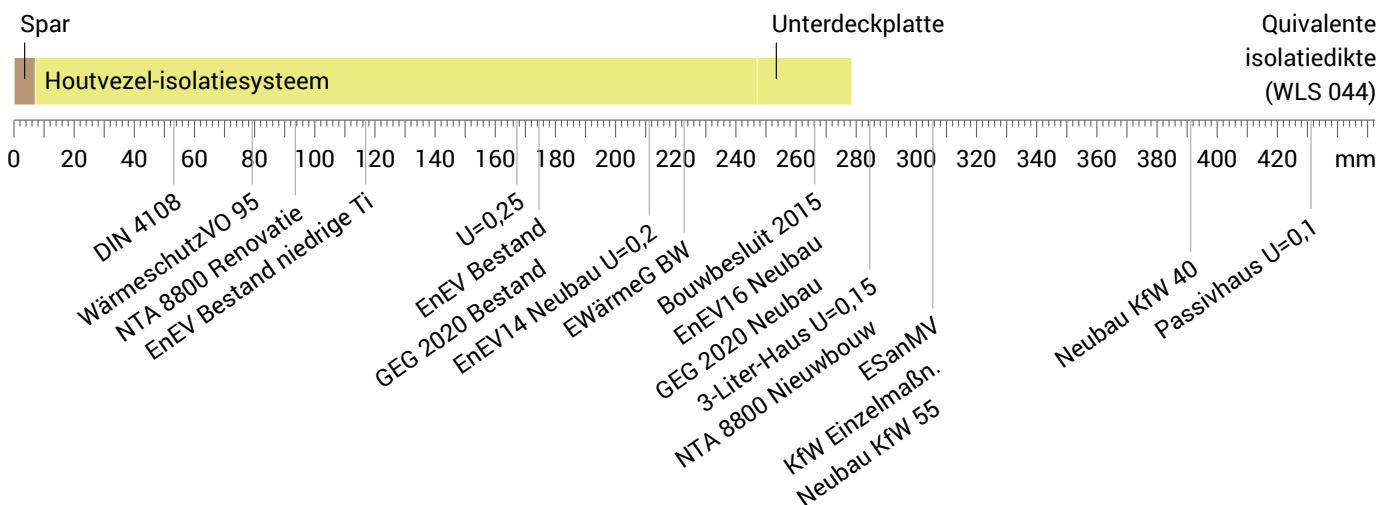
Temperatuur amplitude demping: >100
Faseverschuiving: niet relevant
Warmtecapaciteit binnen: $61 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① Spar (200x100)
- ② Spar (21 mm)
- ③ Waterkerende dampdoorlatende folie
- ④ Houtvezel-isolatiesysteem (240 mm)
- ⑤ Unterdeckplatte (35 mm)
- ⑥ Sterk geventileerde luchtlage
- ⑦ Keramische Dakpannen

Isolatie-effect van afzonderlijke lagen en vergelijking met referentiewaarden

De thermische weerstand van de afzonderlijke lagen is omgebouwd tot millimeters isolatiemateriaal. De weegschaal heeft betrekking op isolatiemateriaal van warmtegeleidingsvermogen $0,044 \text{ W}/\text{mK}$.



Kamerlucht: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$
 Omgevingslucht: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$
 Oppervlaktetemperatuur.: $19,1^\circ\text{C} / -4,8^\circ\text{C}$
 µd-waarde: 1,4 m
 Droogreserve: $4357 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
 Dikte: 63,0 cm
 Gewicht: $117 \text{ kg}/\text{m}^2$
 Warmtecapaciteit: $108 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

- NTA 8800 Nieuwbouw BEG Einzelmaßn. GEG 2020 Bestand GEG 2020 Neubau

*Vergelijking van de U-waarde met grenswaarde volgens NTA 8800, Nieuwbouw; den techn. Mindestanforderungen für BEG Einzelmaßnahmen; den Höchstwerten aus GEG 2020 Anlage 7 (GEG 2020 Bestand); 80% des U-Werts der Referenzausführung aus GEG 2020 Anlage 1 (GEG20 Neubau)

Rafelaars op daksparren isolatie, $R_c=6,32 \text{ m}^2\text{K/W}$

Milieubalans

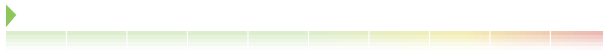
Warmteverlies: 10 kWh/m^2 per verwarmingsperiode De hoeveelheid warmte die tijdens de verwarmingsperiode door een vierkante meter van dit onderdeel ontsnapt. Let op: Door interne en zonnewinsten is de warmtebehoefte minder dan het warmteverlies.



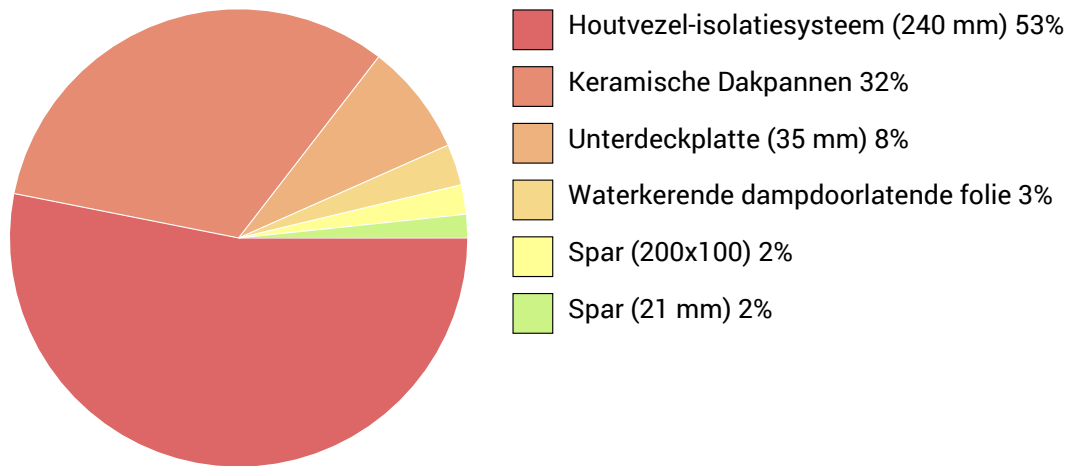
Primaire energie (niet-hernieuwbaar): 241 kWh/m^2 Niet-hernieuwbare primaire energie (=energie uit fossiele brandstoffen en kernenergie) die werd gebruikt om de gebruikte bouwmaterialen te produceren ("cradle to gate").



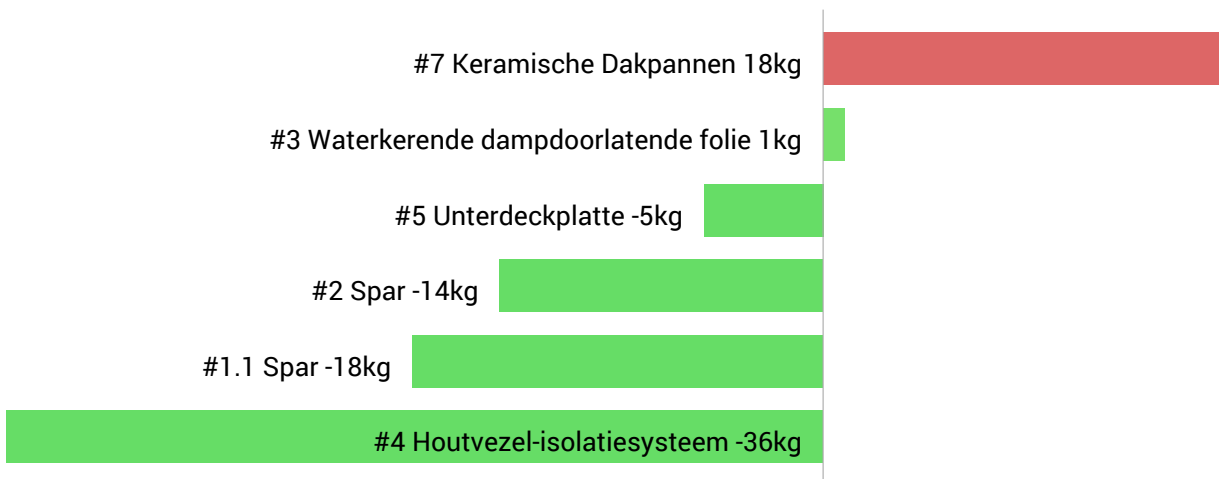
Opwarmingsvermogen: $-55 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv./m}^2$ Zeer goed: Voor de productie van de gebruikte bouwmaterialen werden meer broeikasgassen uit de atmosfeer gehaald dan er werden toegevoegd.



Samenstelling van de niet-hernieuwbare primaire energie-input van de productie:

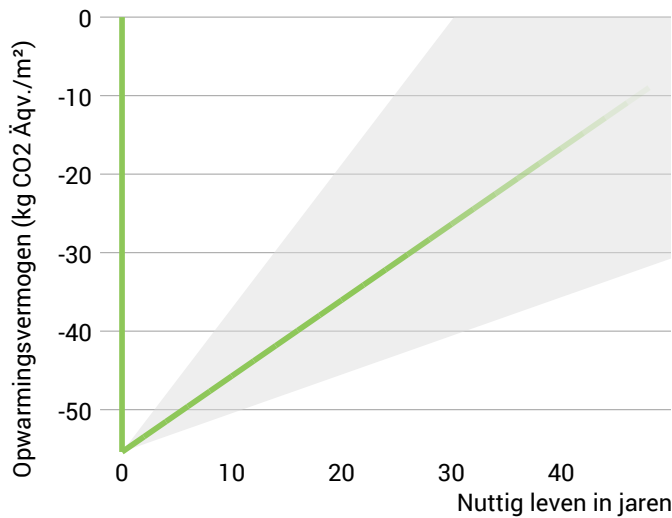


Samenstelling van het aardopwarmingsvermogen van de productie:



Rafelaars op daksparren isolatie, $R_c=6,32 \text{ m}^2\text{K/W}$

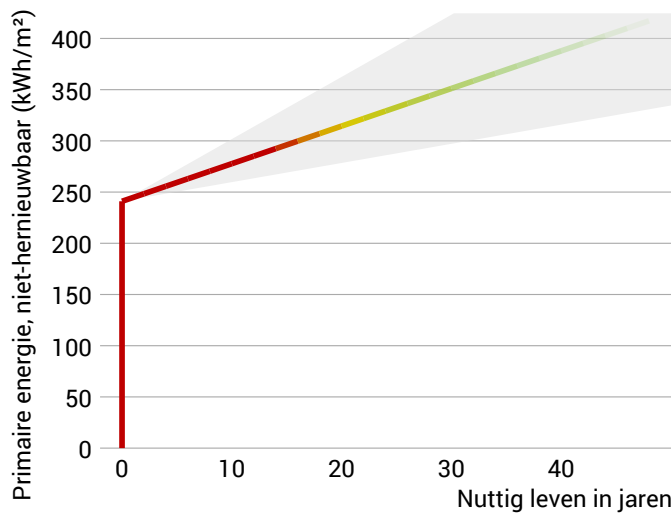
Opwarmingsvermogen van de aarde en primaire energie voor bouw en gebruik



De **figuur links** toont in het verticale deel van de curve het kaspotentieel van de productie van het onderdeel. De broeikasgasemissies die tijdens het gebruik van het gebouw (door de verwarming) worden gegenereerd, worden weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

De **figuur linksonder** toont in het verticale deel van de curve de niet-hernieuwbare primaire energie-input voor de productie van de component. De primaire energie die nodig is tijdens het gebruik van het gebouw (door middel van verwarming) wordt weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

Hoe langer het onderdeel onveranderd wordt gebruikt, hoe milieuvriendelijker het is, omdat de productie-inspanning minder bijdraagt aan de totale uitstoot (aangegeven door de kleur van de curve).



Door onbekende zonne- en inwendige winsten kan de vraag naar verwarming alleen maar worden geschat. De vraag naar primaire energie en het aardopwarmingsvermogen tijdens de gebruiksfase zijn dan ook slechts onnauwkeurig bekend. Voor de schatting werd aangenomen dat zonne-energie en interne winsten bijdragen met 4 kWh/a/m^2 aan het oppervlak van de bouwcomponenten. Het lichtgrijze gebied markeert het gebied waar de curve zich zeker bevindt. Voor de warmteopwekking werd uitgegaan van een primaire energie-input van $0,60 \text{ kWh}$ per kWh warmte en een global warming potential van $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ eqv/m}^2$ per kWh warmte. Warmtebron: Warmtepomp (lucht).

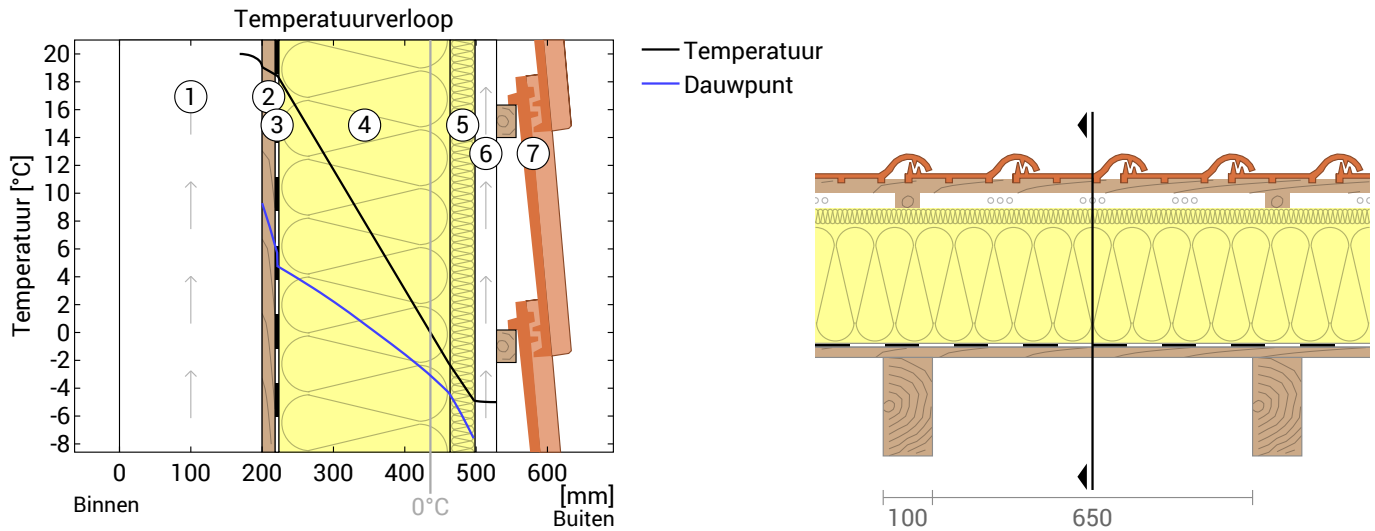
Aanwijzing

Berekend voor de locatie De Bilt, verwarmingsperiode van Midden oktober tot Eind april. De berekening is gebaseerd op maandelijkse gemiddelde temperaturen. Bron: ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE

De klimaat- en energiegegevens waarop deze berekening is gebaseerd, kunnen in sommige gevallen sterke schommelingen vertonen en in individuele gevallen aanzienlijk afwijken van de werkelijke waarde.

Rafelaars op daksparren isolatie, $R_c=6,32 \text{ m}^2\text{K/W}$

Temperatuurverloop



- ① Sterk geventileerde luchtlage (200 mm) ④ Houtvezel-isolatiesysteem (240 mm) ⑦ Keramische Dakpannen
 ② Spar (21 mm) ⑤ Unterdeckplatte (35 mm)
 ③ Waterkerende dampdoorlatende folie ⑥ Sterk geventileerde luchtlage

Links: Verloop van temperatuur en dauwpunt op het gemarkeerde punt in de afbeelding rechts. Het dauwpunt is de temperatuur waarbij waterdamp condenseert en condenswater wordt gevormd. Zolang de temperatuur van de constructie op elk punt boven de dauwpunt temperatuur ligt, wordt er geen condenswater geproduceerd. Als de twee curves elkaar raken, wordt er op de raakpunten condenswater geproduceerd.

Rechts: Schaaltekening van de constructie.

Lagen (van binnen naar buiten)

#	Materiaal	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatuur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
1	20 cm Sterk geventileerde luchtlage (binnenlucht)			19,1	20,0	0,0
	Warmteovergangswaarde*		0,100	19,1	20,0	
2	2,1 cm Spar	0,130	0,162	18,4	19,1	9,5
3	0,05 cm Waterkerende dampdoorlatende folie	0,500	0,001	18,4	18,4	0,3
4	24 cm Houtvezel-isolatiesysteem	0,044	5,455	-2,2	18,4	38,4
5	3,5 cm Unterdeckplatte	0,050	0,700	-4,8	-2,2	5,6
	Warmteovergangswaarde*		0,100	-5,0	-4,8	
6	Sterk geventileerde luchtlage (buitenlucht)			-5,0	-5,0	0,0
7	Keramische Dakpannen			-5,0	-5,0	51,5
62,95 cm Gehele constructie			6,517			117,3

Warmteovergangswaarden volgens DIN 6946 voor de U-waardeberekening. Voor vochtbescherming en temperatuurverloop zijn $R_{si}=0,25$ en $R_{se}=0,04$ volgens DIN 4108-3 gebruikt.

Oppervlaktetemperatuur binnen (min. / medium / max.)	19,1°C	19,1°C	19,1°C
Oppervlaktetemperatuur buiten (min. / medium / max.)	-4,8°C	-4,8°C	-4,8°C

Rafelaars op daksparren isolatie, $R_c=6,32 \text{ m}^2\text{K/W}$

Vochtbescherming

Voor de berekening van de hoeveelheid condensatiewater werd de component gedurende 90 dagen blootgesteld aan het volgende constante klimaat: binnen: 20°C und 50% Luchtvochtigheid; buiten: -5°C und 80% Luchtvochtigheid. Dit klimaat voldoet aan DIN 4108-3.

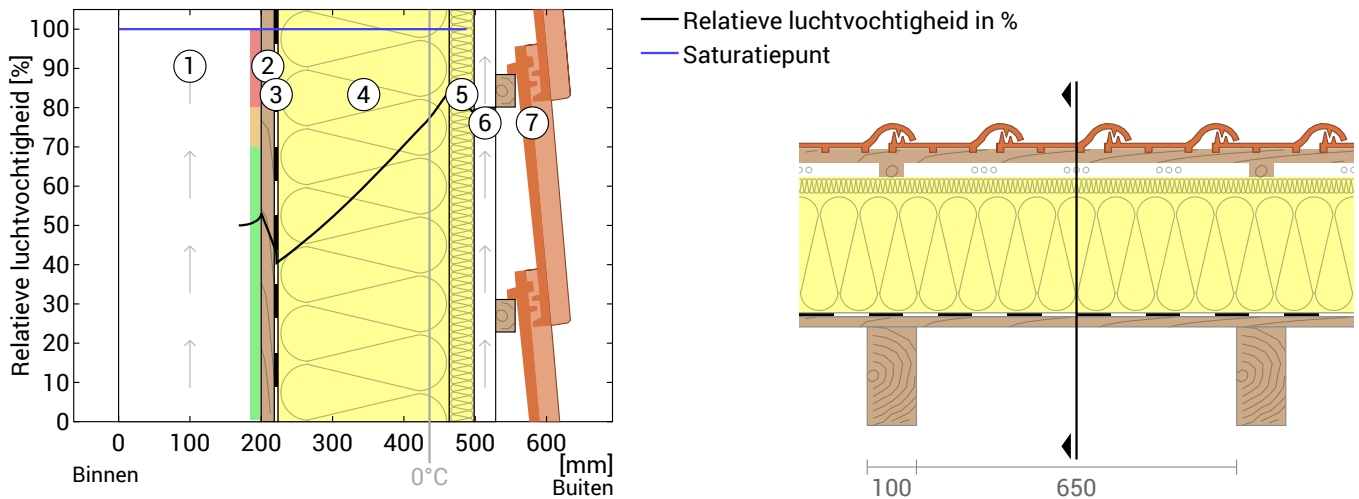
Onder de veronderstelde omstandigheden zal zich geen condensatie vormen.

#	Materiaal	μ -waarde [m]	Condenswater		Gewicht
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	[kg/m ²]
2	2,1 cm Spar	0,42	-	-	9,5
3	0,05 cm Waterkerende dampdoorlatende folie	0,10	-	-	0,3
4	24 cm Houtvezel-isolatiesysteem	0,72	-	-	38,4
5	3,5 cm Unterdeckplatte	0,18	-	-	5,6
	62,95 cm Gehele constructie	1,42	0		117,3

Luchtvochtigheid

De oppervlaktetemperatuur aan de kamerzijde is 19,1°C, wat resulteert in een relatieve luchtvochtigheid op het oppervlak van 53%. Onder deze omstandigheden is schimmeligroei niet te verwachten.

Het volgende diagram toont de relatieve luchtvochtigheid binnen de component.



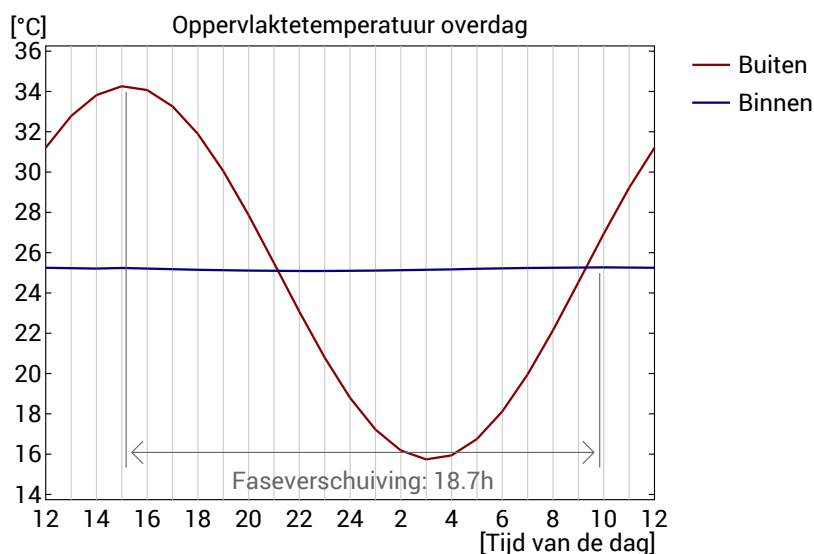
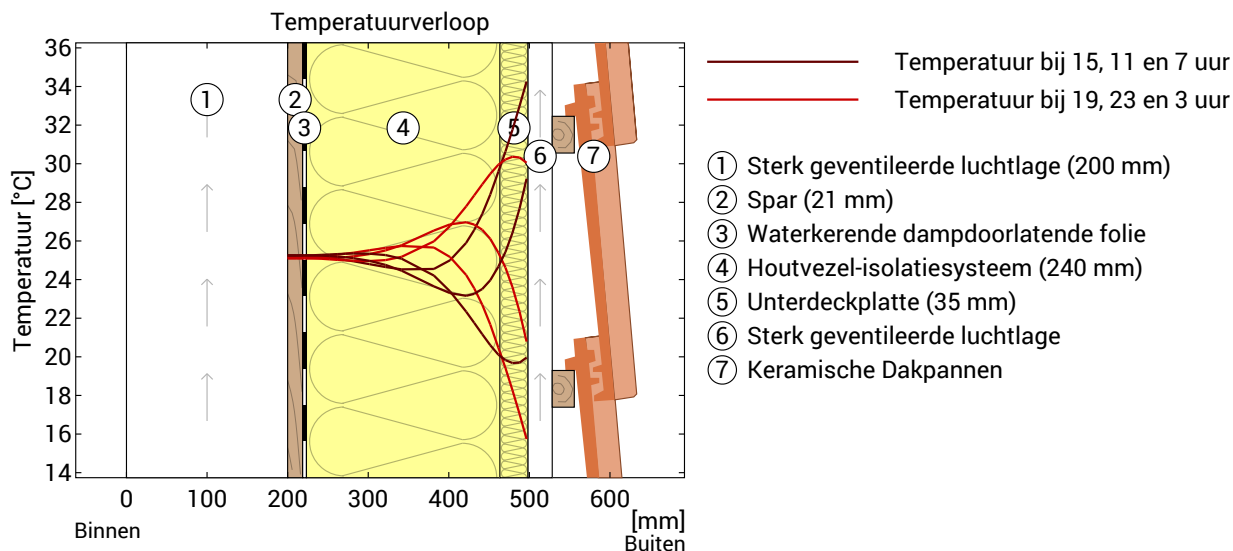
- ① Sterk geventileerde luchtlage (200 mm) ④ Houtvezel-isolatiesysteem (240 mm) ⑦ Keramische Dakpannen
 ② Spar (21 mm) ⑤ Unterdeckplatte (35 mm)
 ③ Waterkerende dampdoorlatende folie ⑥ Sterk geventileerde luchtlage

Opmerkingen: Berekening met behulp van de 2D-FE-methode van Ubakus. Convectie en de capillariteit van de bouwmaterialen werden niet overwogen. De droogtijd kan langer duren onder ongunstige omstandigheden (schaduw, vochtige / koele zomers) dan hier berekend.

Rafelaars op daksparren isolatie, $R_c=6,32 \text{ m}^2\text{K/W}$

Hittebescherming

De volgende resultaten zijn eigenschappen van de geteste component alleen en doen geen uitspraak over de hittebescherming van de hele kamer:



Bovenste figuur: Temperatuurprofiel binnen het component op verschillende tijdstippen. Bruine lijnen van boven naar beneden, bruine lijnen: om 15,11 en 7 uur en rode lijnen om 19,23 en 3 uur's ochtends.

Onderste figuur: Temperatuur aan de buitenkant (rood) en binnenzijde (blauw) oppervlak gedurende een dag. De zwarte pijlen geven de positie van de maximale temperatuurwaarden aan. De maximale binnentemperatuur dient zo mogelijk in de tweede helft van de nacht te worden bereikt.

Faseverschuiving*	niet relevant	Thermische opslagcapaciteit (complete constructie):	108 kJ/m ² K
Amplitude demping**	>100	Warmteopslagcapaciteit van de binnenlagen:	61 kJ/m ² K
TAV***	0,009		

* De faseverschuiving geeft de tijd aan in uren waarna de maximale middagwarmte de binnenzijde van het constructie bereikt.

** Amplitude demping beschrijft de demping van de temperatuurgolf tijdens het passeren van de component. Een waarde van 10 betekent dat de temperatuur aan de buitenkant 10 keer zo hoog is als aan de binnenkant, bijv. 15-35°C buiten, binnen 24-26°C.

*** De temperatuuramplitude ratio TAV is de onderlinge verhouding van de demping: $TAV = 1/\text{Amplitude demping}$

Aanwijzing: De hittebescherming van een ruimte wordt beïnvloed door verschillende factoren, maar hoofdzakelijk door de directe zonnestraling door ramen en de totale hoeveelheid opslagmassa (inclusief vloer, binnenmuren en fittingen / meubels). Een enkele component heeft meestal slechts een zeer kleine invloed op de hittebescherming van de kamer.

Bovenstaande berekeningen werden gemaakt voor een 1-dimensionale dwarsdoorsnede van de component.

Plat dak, beplant

Platdak
aangemaakt op 17.5.2024

Thermische isolatie

$R_c = 6,94 \text{ m}^2\text{K/W}$

NTA 8800 Nieuwbouw*: $U < 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



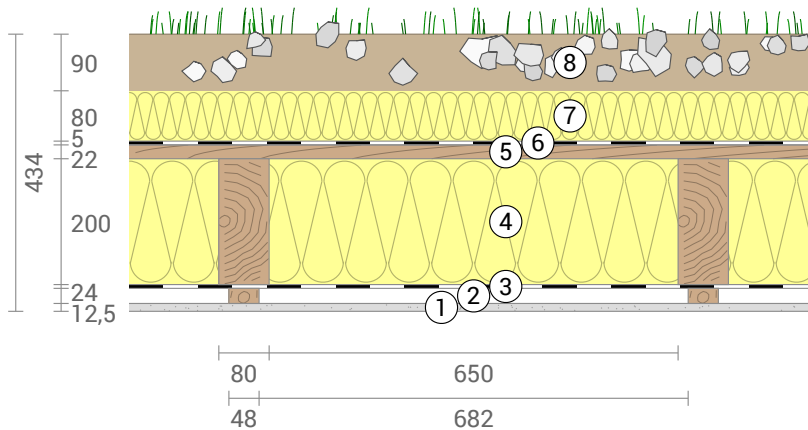
Vochtbescherming

Droogreserve: $76 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
(leidt tot devaluatie)
Geen condensatiewater



Hittebescherming

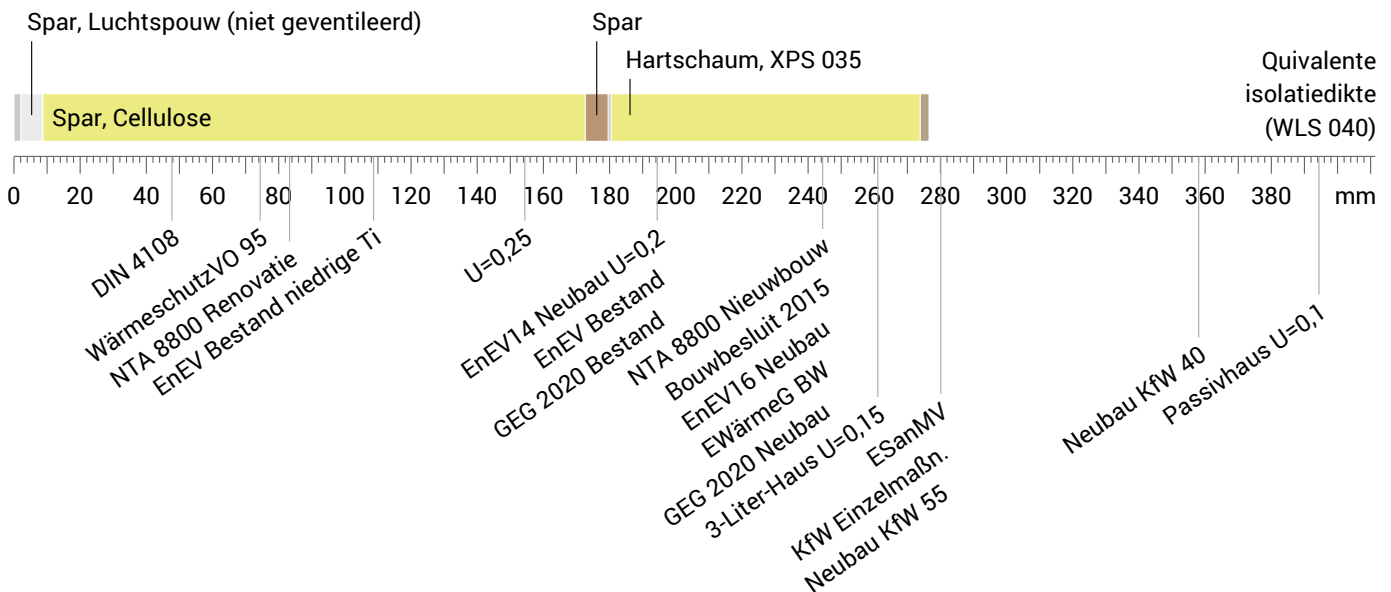
Temperatuur amplitude demping: 40
Faseverschuiving: 15,2 h
Warmtecapaciteit binnen: $41 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



- ① Gipskartonplaat (12,5 mm)
- ④ Cellulose (200 mm)
- ⑦ Hartschaum, XPS 035 (80 mm)
- ② Luchtspouw (24 mm)
- ⑤ Spar (22 mm)
- ⑧ Grondlaag (90 mm)
- ③ Dampremmende folie $sd=10$
- ⑥ Bitumen afdichtingsmembraan

Isolatie-effect van afzonderlijke lagen en vergelijking met referentiewaarden

De thermische weerstand van de afzonderlijke lagen is omgebouwd tot millimeters isolatiemateriaal. De weegschaal heeft betrekking op isolatiemateriaal van warmtegeleidingsvermogen $0,040 \text{ W}/\text{mK}$.



Kamerlucht: $20,0^\circ\text{C} / 30\%$ Dikte: 43,4 cm
 Omgevingslucht: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$ Gewicht: $201 \text{ kg}/\text{m}^2$
 Oppervlaktetemperatuur.: $18,7^\circ\text{C} / -4,9^\circ\text{C}$ Warmtecapaciteit: $221 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$
 µd-waarde: 281,6 m

- NTA 8800 Nieuwbouw BEG Einzelmaßn. GEG 2020 Bestand GEG 2020 Neubau

*Vergelijking van de U-waarde met grenswaarde volgens NTA 8800, Nieuwbouw; den techn. Mindestanforderungen für BEG Einzelmaßnahmen; den Höchstwerten aus GEG 2020 Anlage 7 (GEG 2020 Bestand); 80% des U-Werts der Referenzausführung aus GEG 2020 Anlage 1 (GEG20 Neubau)

Plat dak, beplant, $R_c=6,94 \text{ m}^2\text{K/W}$

Milieubalans

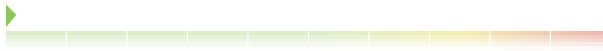
Warmteverlies: 9 kWh/m² per verwarmingsperiode Hoeveelheid warmte die tijdens de verwarmingsperiode door een vierkante meter van dit onderdeel ontsnapt. Let op: Door interne en zonnewinsten is de warmtebehoefte minder dan het warmteverlies.



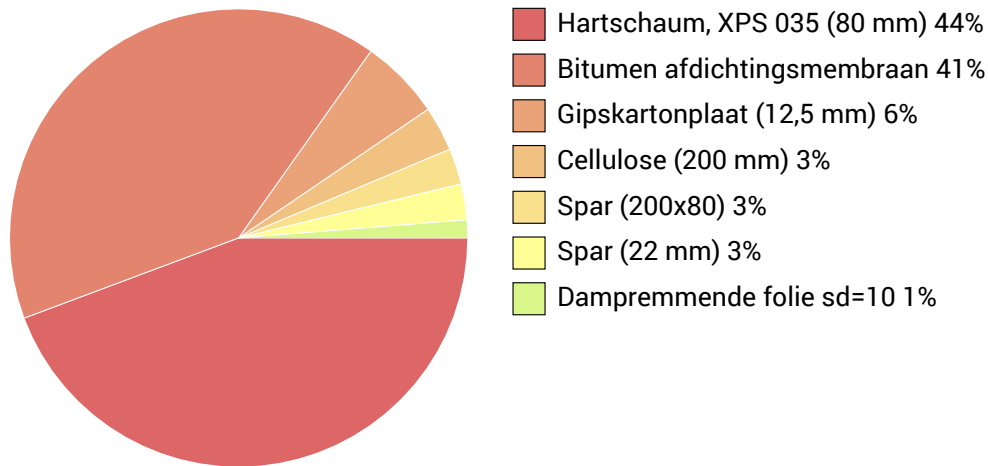
Primaire energie (niet-hernieuwbaar): 160 kWh/m² Niet-hernieuwbare primaire energie (=energie uit fossiele brandstoffen en kernenergie) die werd gebruikt om de gebruikte bouwmaterialen te produceren ("cradle to gate").



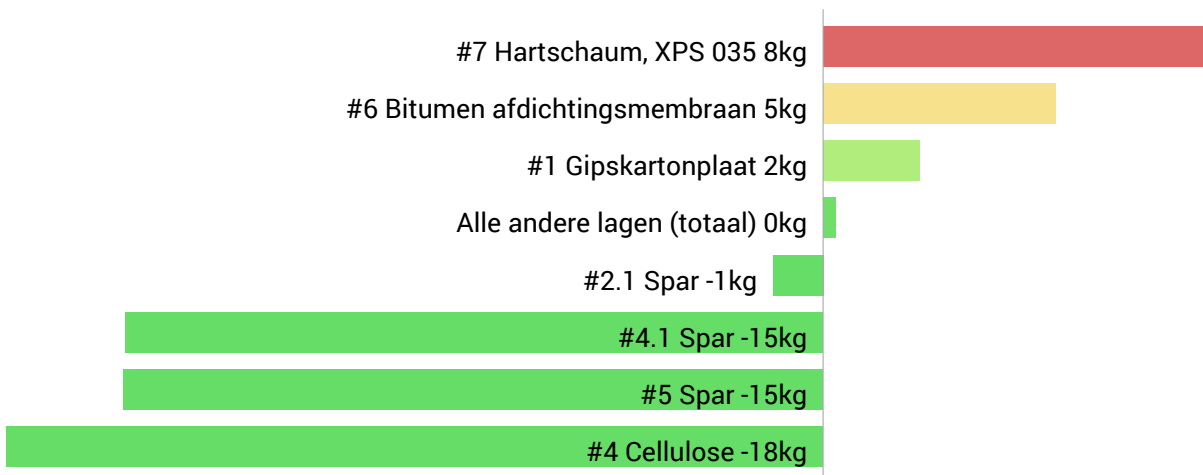
Opwarmingsvermogen: -33 kg CO₂ Äqv./m² Zeer goed: Voor de productie van de gebruikte bouwmaterialen werden meer broeikasgassen uit de atmosfeer gehaald dan er werden toegevoegd.



Samenstelling van de niet-hernieuwbare primaire energie-input van de productie:

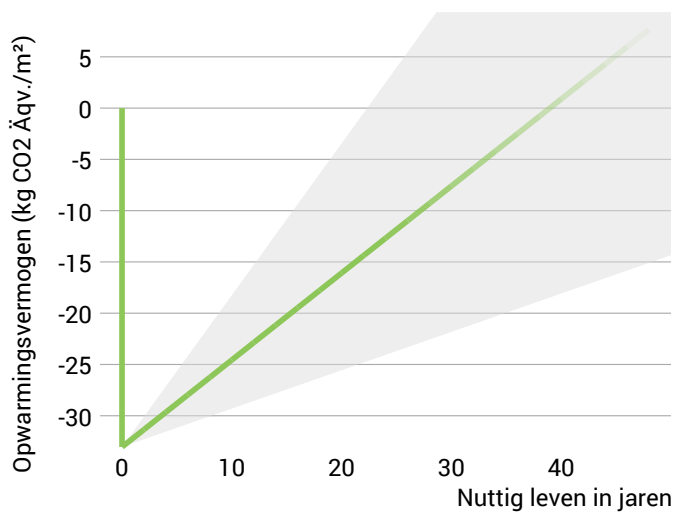


Samenstelling van het aardopwarmingsvermogen van de productie:



Plat dak, beplant, $R_c=6,94 \text{ m}^2\text{K/W}$

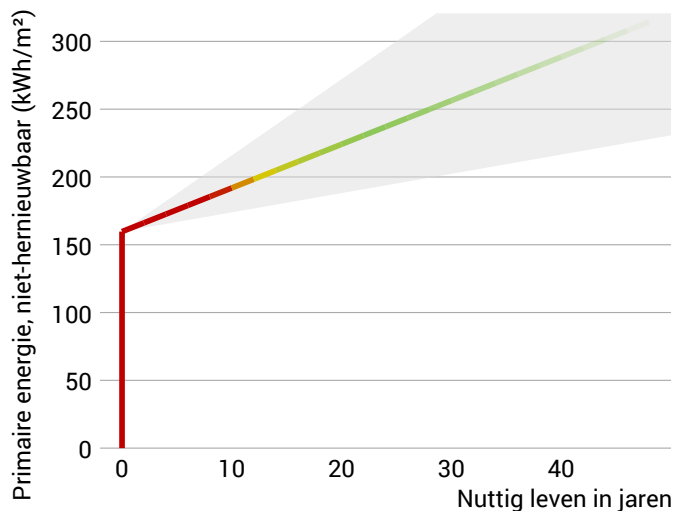
Opwarmingsvermogen van de aarde en primaire energie voor bouw en gebruik



De **figuur links** toont in het verticale deel van de curve het kaspotentieel van de productie van het onderdeel. De broeikasgasemissies die tijdens het gebruik van het gebouw (door de verwarming) worden gegenereerd, worden weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

De **figuur linksonder** toont in het verticale deel van de curve de niet-hernieuwbare primaire energie-input voor de productie van de component. De primaire energie die nodig is tijdens het gebruik van het gebouw (door middel van verwarming) wordt weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

Hoe langer het onderdeel onveranderd wordt gebruikt, hoe milieuvriendelijker het is, omdat de productie-inspanning minder bijdraagt aan de totale uitstoot (aangegeven door de kleur van de curve).



Door onbekende zonne- en inwendige winsten kan de vraag naar verwarming alleen maar worden geschat. De vraag naar primaire energie en het aardopwarmingsvermogen tijdens de gebruiksfase zijn dan ook slechts onnauwkeurig bekend. Voor de schatting werd aangenomen dat zonne-energie en interne winsten bijdragen met 4 kWh/a/m^2 aan het oppervlak van de bouwcomponenten. Het lichtgrijze gebied markeert het gebied waar de curve zich zeker bevindt. Voor de warmteopwekking werd uitgegaan van een primaire energie-input van $0,60 \text{ kWh}$ per kWh warmte en een global warming potential van $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ eqv/m}^2$ per kWh warmte. Warmtebron: Warmtepomp (lucht).

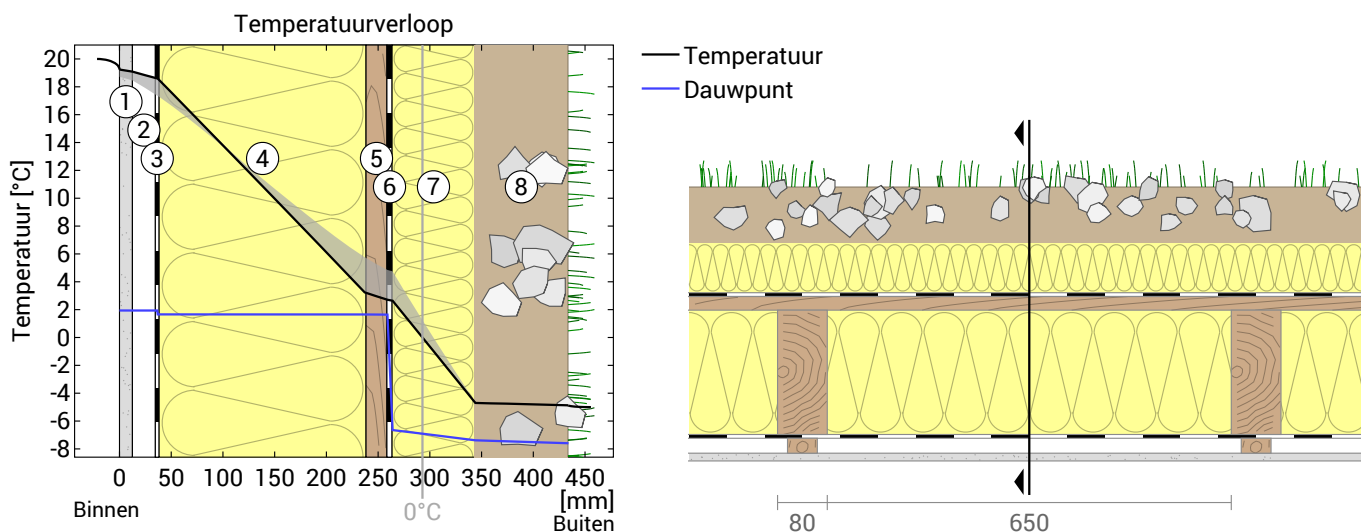
Aanwijzing

Berekend voor de locatie De Bilt, verwarmingsperiode van Midden oktober tot Eind april. De berekening is gebaseerd op maandelijkse gemiddelde temperaturen. Bron: ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE

De klimaat- en energiegegevens waarop deze berekening is gebaseerd, kunnen in sommige gevallen sterke schommelingen vertonen en in individuele gevallen aanzienlijk afwijken van de werkelijke waarde.

Plat dak, beplant, $R_c=6,94 \text{ m}^2\text{K/W}$

Temperatuurverloop



- | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① Gipskartonplaat (12,5 mm) | ④ Cellulose (200 mm) | ⑦ Hartschaum, XPS 035 (80 mm) |
| ② Luchtsponw (24 mm) | ⑤ Spar (22 mm) | ⑧ Grondlaag (90 mm) |
| ③ Dampremmende folie $s_d=10$ | ⑥ Bitumen afdichtingsmembraan | |

Links: Verloop van temperatuur en dauwpunt op het gemarkeerde punt in de afbeelding rechts. Het dauwpunt is de temperatuur waarbij waterdamp condenseert en condenswater wordt gevormd. Zolang de temperatuur van de constructie op elk punt boven de dauwpunt temperatuur ligt, wordt er geen condenswater geproduceerd. Als de twee curves elkaar raken, wordt er op de raakpunten condenswater geproduceerd.

Rechts: Schaaltekening van de constructie.

Lagen (van binnen naar buiten)

#	Materiaal	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatuur [°C]		Gewicht [kg/m ²]	
				min	max		
	Warmteovergangswaarde*			0,100	18,7	20,0	
1	1,25 cm Gipskartonplaat	0,250	0,050	18,5	19,2	8,5	
2	2,4 cm Luchtsponw (niet geventileerd)	0,150	0,160	17,5	19,1	0,0	
	2,4 cm Spar (6,6%)	0,130	0,185	17,4	18,5	0,7	
3	0,05 cm Dampremmende folie $s_d=10$	0,220	0,002	17,3	18,6	0,1	
4	20 cm Cellulose	0,040	5,000	3,2	18,6	10,7	
	20 cm Spar (11%)	0,130	1,538	5,6	17,7	9,9	
5	2,2 cm Spar	0,130	0,169	2,7	5,8	9,9	
6	0,5 cm Bitumen afdichtingsmembraan	0,230	0,022	2,6	4,8	5,5	
7	8 cm Hartschaum, XPS 035	0,035	2,286	-4,7	4,7	2,8	
8	9 cm Grondlaag	1,750	0,051	-4,9	-4,7	153,0	
	Warmteovergangswaarde*			0,040	-5,0	-4,9	
43,4 cm Gehele constructie			7,040			201,1	

Warmteovergangswaarden volgens DIN 6946 voor de U-waardeberekening. Voor vochtbescherming en temperatuurverloop zijn $R_{si}=0,25$ en $R_{se}=0,04$ volgens DIN 4108-3 gebruikt.

Oppervlaktetemperatuur binnen (min. / medium / max.)	18,7°C	19,1°C	19,2°C
Oppervlaktetemperatuur buiten (min. / medium / max.)	-4,9°C	-4,9°C	-4,9°C

Plat dak, beplant, $R_c=6,94 \text{ m}^2\text{K/W}$

Vochtbescherming

Voor de berekening van de hoeveelheid condensatiewater werd de component gedurende 90 dagen blootgesteld aan het volgende constante klimaat: binnen: 20°C und 30% Luchtvochtigheid; buiten: -5°C und 80% Luchtvochtigheid (Klimaat volgens gebruikersinvoer).

Onder de veronderstelde omstandigheden zal zich geen condensatie vormen.

Droogreserve volgens Ubakus 2D-eindige elementen: 76 g/(m²a)

Ten minste vereist door DIN 68800-2: 250 g/(m²a)

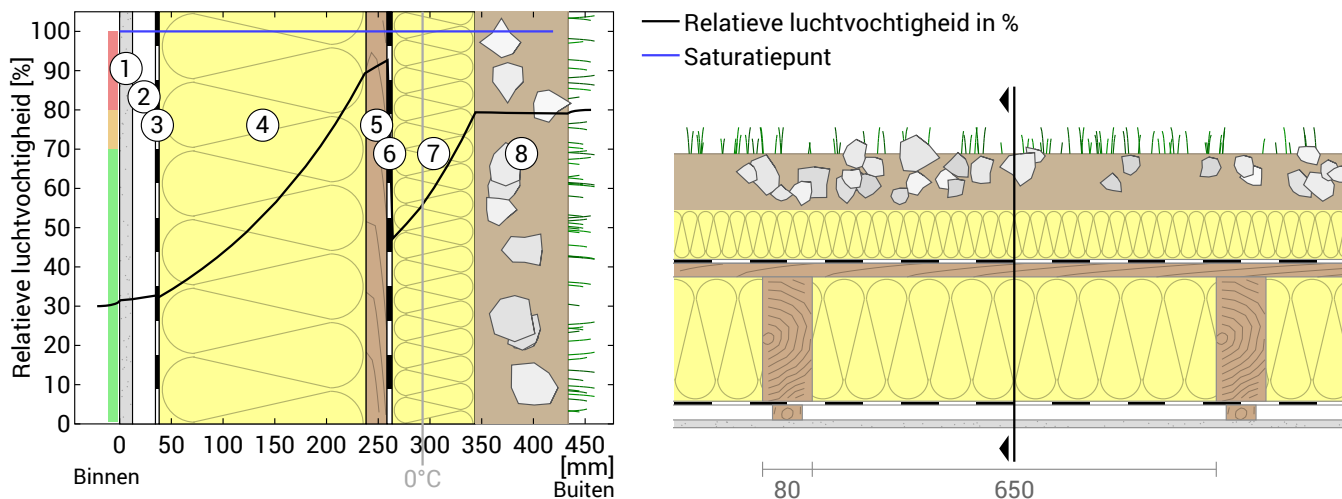
De vochtbescherming van dit onderdeel wordt daarom slecht gewaardeerd.

#	Materiaal	µd-waarde [m]	Condenswater [kg/m ²] [Gew.-%]	Gewicht [kg/m ²]
1	1,25 cm Gipskartonplaat	0,05	-	8,5
2	2,4 cm Luchtspouw (niet geventileerd)	0,01	-	0,0
	2,4 cm Spar (6,6%)	0,48	-	0,7
3	0,05 cm Dampremmende folie sd=10	10,00	-	0,1
4	20 cm Cellulose	0,20	-	10,7
	20 cm Spar (11%)	4,00	-	9,9
5	2,2 cm Spar	0,44	-	9,9
6	0,5 cm Bitumen afdichtingsmembraan	250,00	-	5,5
7	8 cm Hartschaum, XPS 035	16,00	-	2,8
8	9 cm Grondlaag	4,50	-	153,0
	43,4 cm Gehele constructie	281,55	0	201,1

Luchtvochtigheid

De oppervlaktetemperatuur aan de kamerzijde is 18,7°C, wat resulteert in een relatieve luchtvochtigheid op het oppervlak van 33%. Onder deze omstandigheden is schimmelgroei niet te verwachten.

Het volgende diagram toont de relatieve luchtvochtigheid binnen de component.



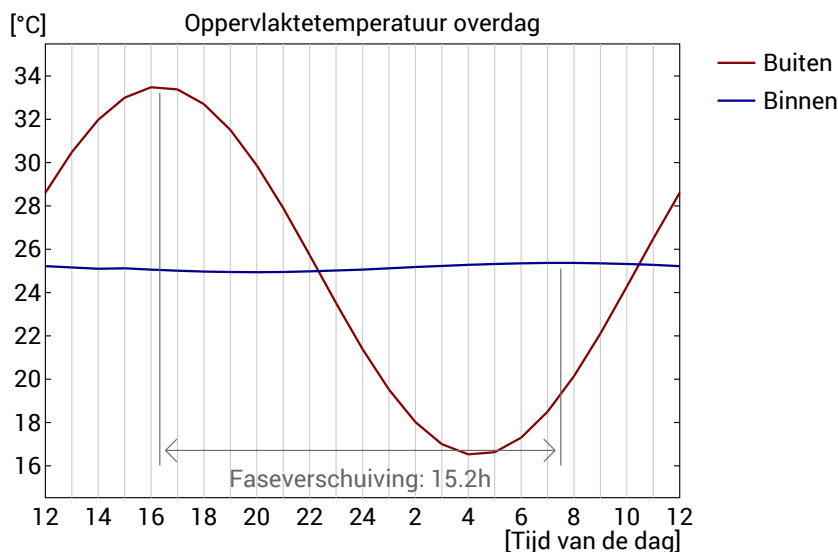
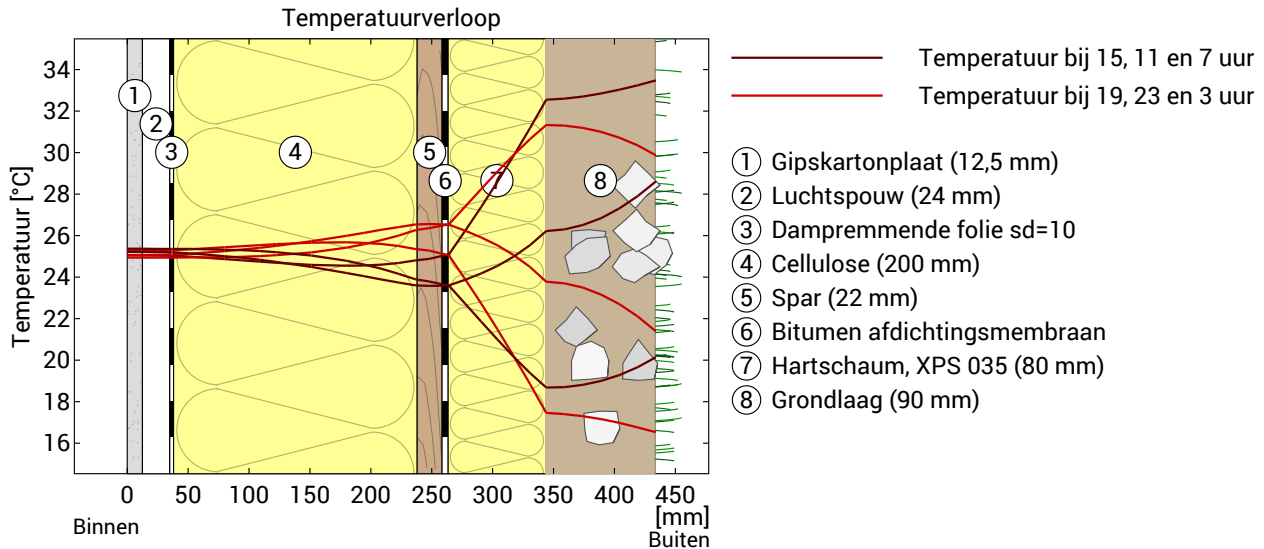
- | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① Gipskartonplaat (12,5 mm) | ④ Cellulose (200 mm) | ⑦ Hartschaum, XPS 035 (80 mm) |
| ② Luchtspouw (24 mm) | ⑤ Spar (22 mm) | ⑧ Grondlaag (90 mm) |
| ③ Dampremmende folie sd=10 | ⑥ Bitumen afdichtingsmembraan | |

Opmerkingen: Berekening met behulp van de 2D-FE-methode van Ubakus. Convectie en de capillariteit van de bouwmaterialen werden niet overwogen. De droogtijd kan langer duren onder ongunstige omstandigheden (schaduw, vochtigheid / koele zomers) dan hier berekend.

Plat dak, beplant, $R_c=6,94 \text{ m}^2\text{K/W}$

Hittebescherming

De volgende resultaten zijn eigenschappen van de geteste component alleen en doen geen uitspraak over de hittebescherming van de hele kamer:



Bovenste figuur: Temperatuurprofiel binnen het component op verschillende tijdstippen. Bruine lijnen van boven naar beneden, bruine lijnen: om 15,11 en 7 uur en rode lijnen om 19,23 en 3 uur's ochtends.

Onderste figuur: Temperatuur aan de buitenkant (rood) en binnenzijde (blauw) oppervlak gedurende een dag. De zwarte pijlen geven de positie van de maximale temperatuurwaarden aan. De maximale binnentemperatuur dient zo mogelijk in de tweede helft van de nacht te worden bereikt.

Faseverschuiving*	15,2 h	Thermische opslagcapaciteit (complete constructie):	221 kJ/m ² K
Amplitude demping**	39,8	Warmteopslagcapaciteit van de binnenlagen:	41 kJ/m ² K
TAV***	0,025		

* De faseverschuiving geeft de tijd aan in uren waarna de maximale middagwarmte de binnenzijde van het constructie bereikt.

** Amplitude demping beschrijft de demping van de temperatuurgolf tijdens het passeren van de component. Een waarde van 10 betekent dat de temperatuur aan de buitenkant 10 keer zo hoog is als aan de binnenkant, bijv. 15-35°C buiten, binnen 24-26°C.

*** De temperatuuramplitude ratio TAV is de onderlinge verhouding van de demping: $TAV = 1/\text{Amplitude demping}$

Aanwijzing: De hittebescherming van een ruimte wordt beïnvloed door verschillende factoren, maar hoofdzakelijk door de directe zonnestraling door ramen en de totale hoeveelheid opslagmassa (inclusief vloer, binnenmuren en fittingen / meubels). Een enkele component heeft meestal slechts een zeer kleine invloed op de hittebescherming van de kamer.

Bovenstaande berekeningen werden gemaakt voor een 1-dimensionale dwarsdoorsnede van de component.

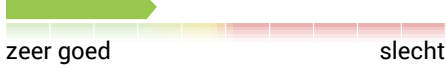
Eerste verdieping

Plafond
aangemaakt op 20.5.2024

Thermische isolatie

$R_c = 2,96 \text{ m}^2\text{K/W}$

DIN 4108*: $R > 1,76 \text{ m}^2\text{K/W} + R_{si} + R_{se}$



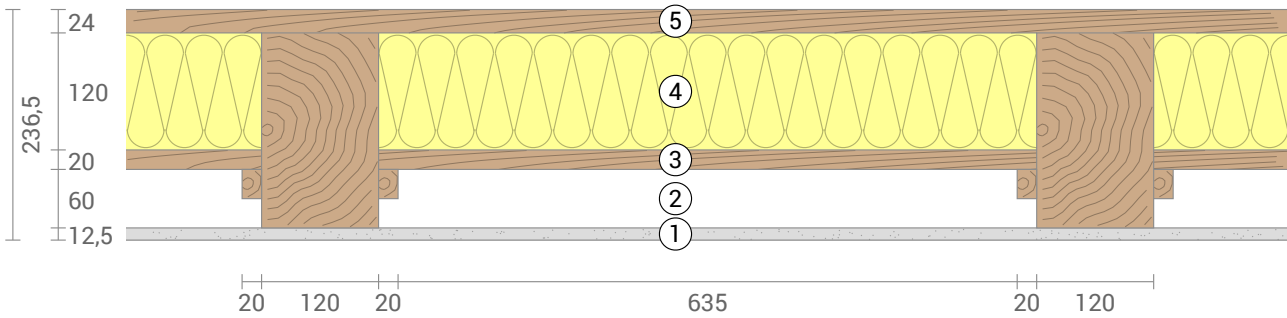
Vochtbescherming

Vochtgehalte van hout: +2,7%
Condenswater: 288 g/m²
Droogt 15 dagen



Hittebescherming

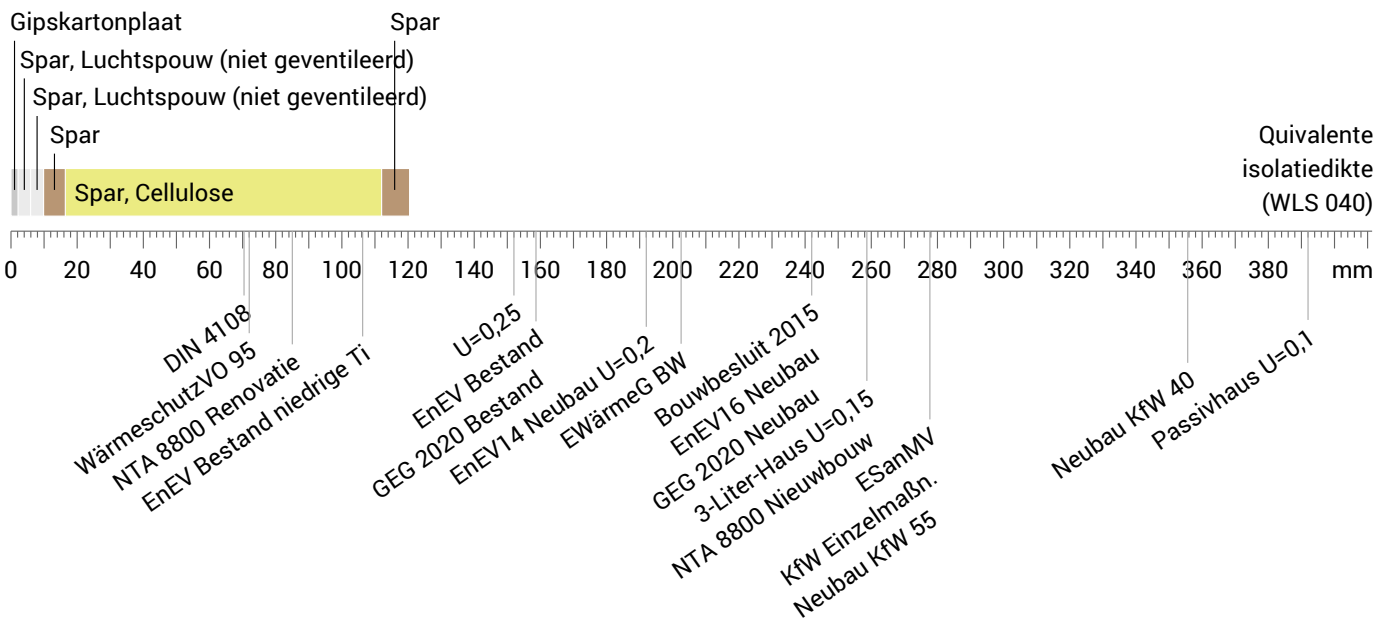
Temperatuur amplitude demping: 6,8
Faseverschuiving: 8,0 h
Warmtecapaciteit binnen: 37 kJ/m²K



- ① Gipskartonplaat (12,5 mm)
- ② Luchtspouw (60 mm)
- ③ Spar (20 mm)
- ④ Cellulose (120 mm)
- ⑤ Spar (24 mm)

Isolatie-effect van afzonderlijke lagen en vergelijking met referentiewaarden

De thermische weerstand van de afzonderlijke lagen is omgebouwd tot millimeters isolatiemateriaal. De weegschaal heeft betrekking op isolatiemateriaal van warmtegeleidingsvermogen 0,040 W/mK.



Kamerlucht: 20,0°C / 50%
Onverwarmde kamer: 5,0°C / 80%
Oppervlaktetemperatuur.: 18,7°C / 5,2°C

µd-waarde: 2,0 m
Dikte: 23,6 cm
Gewicht: 47 kg/m²
Warmtecapaciteit: 70 kJ/m²K

- BEG Einzelmaßn. GEG 2020 Bestand GEG 2020 Neubau DIN 4108

*Vergelijking van de U-waarde met den techn. Mindestanforderungen für BEG Einzelmaßnahmen; den Höchstwerten aus GEG 2020 Anlage 7 (GEG 2020 Bestand); 80% des U-Wertes der Referenzausführung aus GEG 2020 Anlage 1 (GEG20 Neubau); den R-Werten aus DIN 4108-2 Tabelle 3

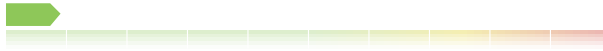
Eerste verdieping, $R_c=2,96 \text{ m}^2\text{K/W}$

Milieubalans

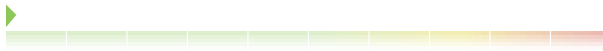
Warmteverlies: 21 kWh/m^2 per verwarmingsperiode De hoeveelheid warmte die tijdens de verwarmingsperiode door een vierkante meter van dit onderdeel ontsnapt. Let op: Door interne en zonnewinsten is de warmtebehoefte minder dan het warmteverlies.



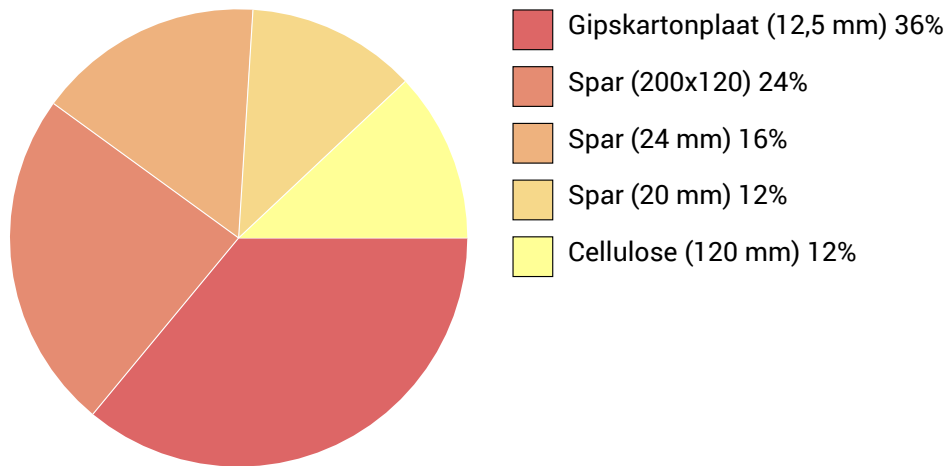
Primaire energie (niet-hernieuwbaar): 26 kWh/m^2 Niet-hernieuwbare primaire energie (=energie uit fossiele brandstoffen en kernenergie) die werd gebruikt om de gebruikte bouwmaterialen te produceren ("cradle to gate").



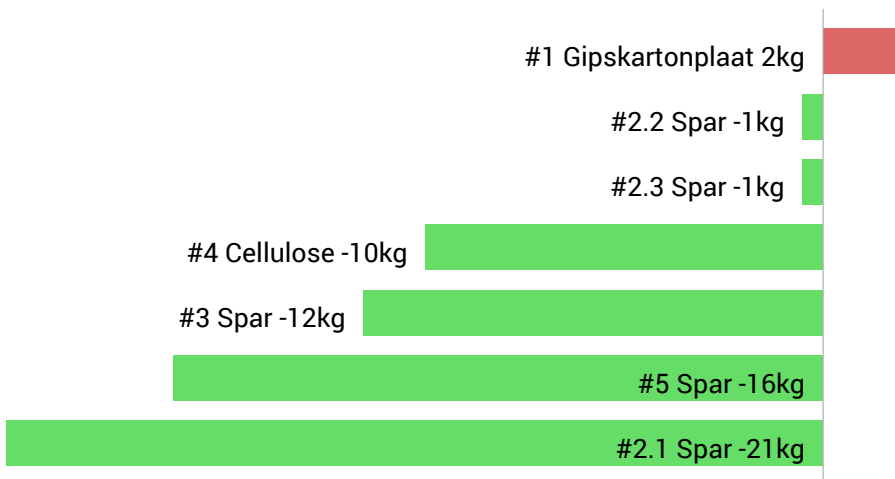
Opwarmingsvermogen: $-58 \text{ kg CO}_2 \text{ Äqv./m}^2$ Zeer goed: Voor de productie van de gebruikte bouwmaterialen werden meer broeikasgassen uit de atmosfeer gehaald dan er werden toegevoegd.



Samenstelling van de niet-hernieuwbare primaire energie-input van de productie:

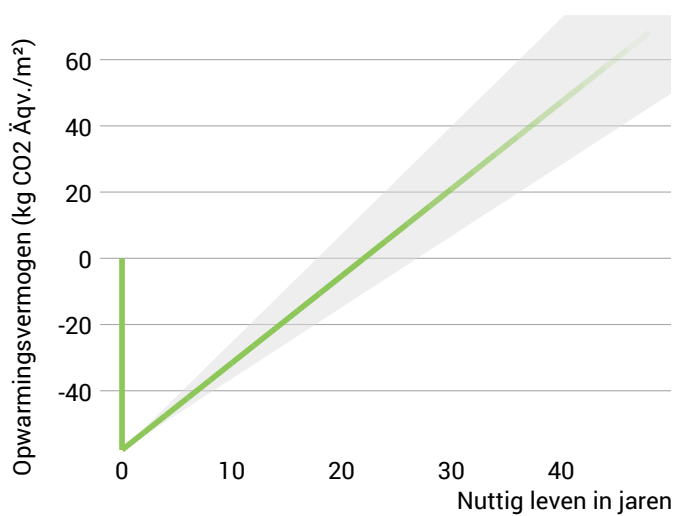


Samenstelling van het aardopwarmingsvermogen van de productie:



Eerste verdieping, $R_c=2,96 \text{ m}^2\text{K/W}$

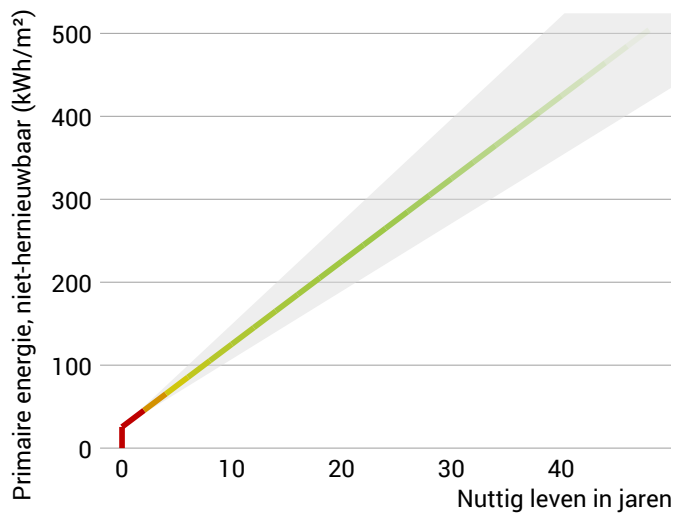
Opwarmingsvermogen van de aarde en primaire energie voor bouw en gebruik



De **figuur links** toont in het verticale deel van de curve het kaspotentieel van de productie van het onderdeel. De broeikasgasemissies die tijdens het gebruik van het gebouw (door de verwarming) worden gegenereerd, worden weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

De **figuur linksonder** toont in het verticale deel van de curve de niet-hernieuwbare primaire energie-input voor de productie van de component. De primaire energie die nodig is tijdens het gebruik van het gebouw (door middel van verwarming) wordt weergegeven door de curve die diagonaal naar boven loopt.

Hoe langer het onderdeel onveranderd wordt gebruikt, hoe milieuvriendelijker het is, omdat de productie-inspanning minder bijdraagt aan de totale uitstoot (aangegeven door de kleur van de curve).



Door onbekende zonne- en inwendige winsten kan de vraag naar verwarming alleen maar worden geschat. De vraag naar primaire energie en het aardopwarmingsvermogen tijdens de gebruiksfase zijn dan ook slechts onnauwkeurig bekend. Voor de schatting werd aangenomen dat zonne-energie en interne winsten bijdragen met 4 kWh/a/m^2 aan het oppervlak van de bouwcomponenten. Het lichtgrijze gebied markeert het gebied waar de curve zich zeker bevindt. Voor de warmteopwekking werd uitgegaan van een primaire energie-input van $0,60 \text{ kWh}$ per kWh warmte en een global warming potential van $0,16 \text{ kg CO}_2 \text{ eqv/m}^2$ per kWh warmte. Warmtebron: Warmtepomp (lucht).

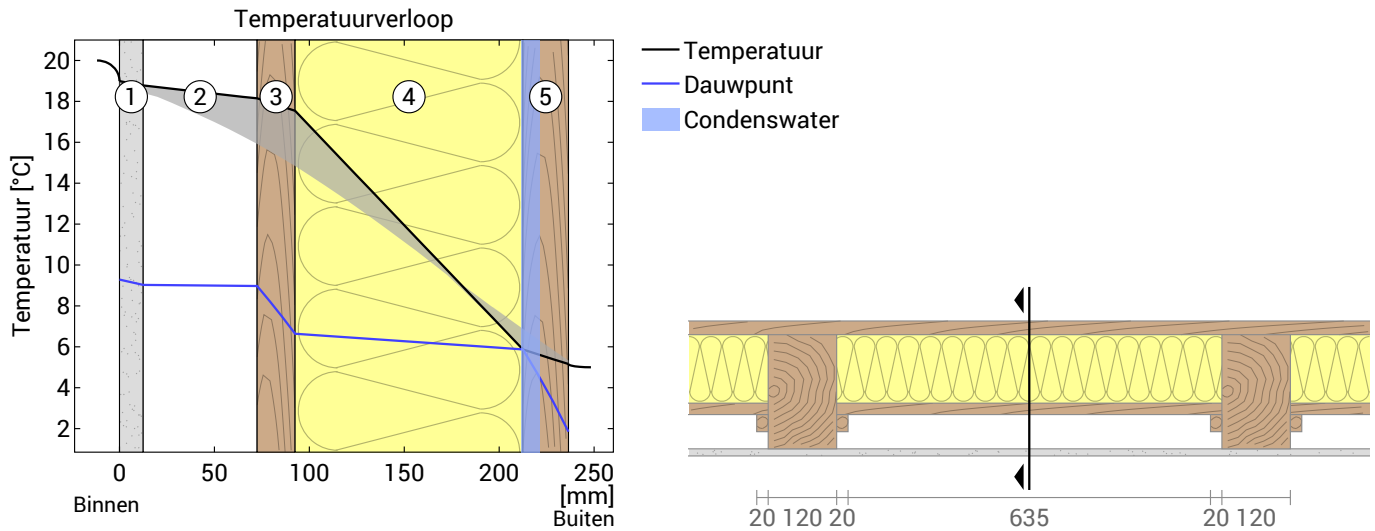
Aanwijzing

Berekend voor de locatie De Bilt, verwarmingsperiode van Midden oktober tot Eind april. De berekening is gebaseerd op maandelijkse gemiddelde temperaturen. Bron: ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE

De klimaat- en energiegegevens waarop deze berekening is gebaseerd, kunnen in sommige gevallen sterke schommelingen vertonen en in individuele gevallen aanzienlijk afwijken van de werkelijke waarde.

Eerste verdieping, $R_c=2,96 \text{ m}^2\text{K/W}$

Temperatuurverloop



- ① Gipskartonplaat (12,5 mm) ③ Spar (20 mm) ⑤ Spar (24 mm)
② Luchtsponw (60 mm) ④ Cellulose (120 mm)

Links: Verloop van temperatuur en dauwpunt op het gemarkeerde punt in de afbeelding rechts. Het dauwpunt is de temperatuur waarbij waterdamp condenseert en condenswater wordt gevormd. Zolang de temperatuur van de constructie op elk punt boven de dauwpunt temperatuur ligt, wordt er geen condenswater geproduceerd. Als de twee curves elkaar raken, wordt er op de raakpunten condenswater geproduceerd.

Rechts: Schaaltekening van de constructie.

Lagen (van binnen naar buiten)

#	Materiaal	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Temperatuur [°C]		Gewicht [kg/m ²]
				min	max	
	Warmteovergangswaarde*			18,7	20,0	
1	1,25 cm Gipskartonplaat	0,250	0,050	18,4	19,0	8,5
2	6 cm Luchtsponw (niet geventileerd)	0,375	0,160	17,2	18,8	0,1
	20 cm Spar (Breedte: 12 cm)	0,130	1,538	6,8	18,5	13,6
	3 cm Spar (Breedte: 2 cm)	0,130	0,231	16,9	17,9	0,3
	3 cm Spar (Breedte: 2 cm)	0,130	0,231	16,6	17,9	0,3
3	2 cm Spar	0,130	0,154	15,6	18,1	7,6
4	12 cm Cellulose	0,040	3,000	5,8	17,5	6,1
5	2,4 cm Spar	0,130	0,185	5,2	6,9	10,8
	Warmteovergangswaarde*			5,0	5,3	
23,65 cm Gehele constructie			3,197			47,4

Warmteovergangswaarden volgens DIN 6946 voor de U-waardeberekening. Voor vochtbescherming en temperatuurverloop zijn $R_{si}=0,25$ en $R_{se}=0,04$ volgens DIN 4108-3 gebruikt.

Oppervlaktetemperatuur binnen (min. / medium / max.)	18,7°C	18,9°C	19,0°C
Oppervlaktetemperatuur buiten (min. / medium / max.)	5,2°C	5,2°C	5,3°C

Eerste verdieping, $R_c=2,96 \text{ m}^2\text{K/W}$

Vochtbescherming

Voor de berekening van de hoeveelheid condensatiewater werd de component gedurende 90 dagen blootgesteld aan het volgende constante klimaat: binnen: 20°C und 50% Luchtvochtigheid; buiten: 5°C und 80% Luchtvochtigheid (Klimaat volgens gebruikersinvoer).

Onder deze omstandigheden hoopt zich in totaal 0,29 kg dauwwater per vierkante meter op. Dit bedrag droogt in de zomer binnen 15 dagen (Verdampingsperiode volgens DIN 4108-3:2018-10).

Droogreserve volgens Ubakus 2D-eindige elementen: 1480 g/(m²a)
Ten minste vereist door DIN 68800-2: 100 g/(m²a)

#	Materiaal	μd-waarde [m]	Condenswater		Gewicht [kg/m ²]
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	
1	1,25 cm Gipskartonplaat	0,05	-		8,5
2	6 cm Luchtspouw (niet geventileerd)	0,01	-		0,1
	20 cm Spar (Breedte: 12 cm)	4,00	-	-	13,6
	3 cm Spar (Breedte: 2 cm)	0,60	-	-	0,3
	3 cm Spar (Breedte: 2 cm)	0,60	-	-	0,3
3	2 cm Spar	0,40	-	-	7,6
4	12 cm Cellulose	0,12	0,29		6,1
5	2,4 cm Spar	1,20	0,29	2,7	10,8
	23,65 cm Gehele constructie	1,97	0,29		47,4

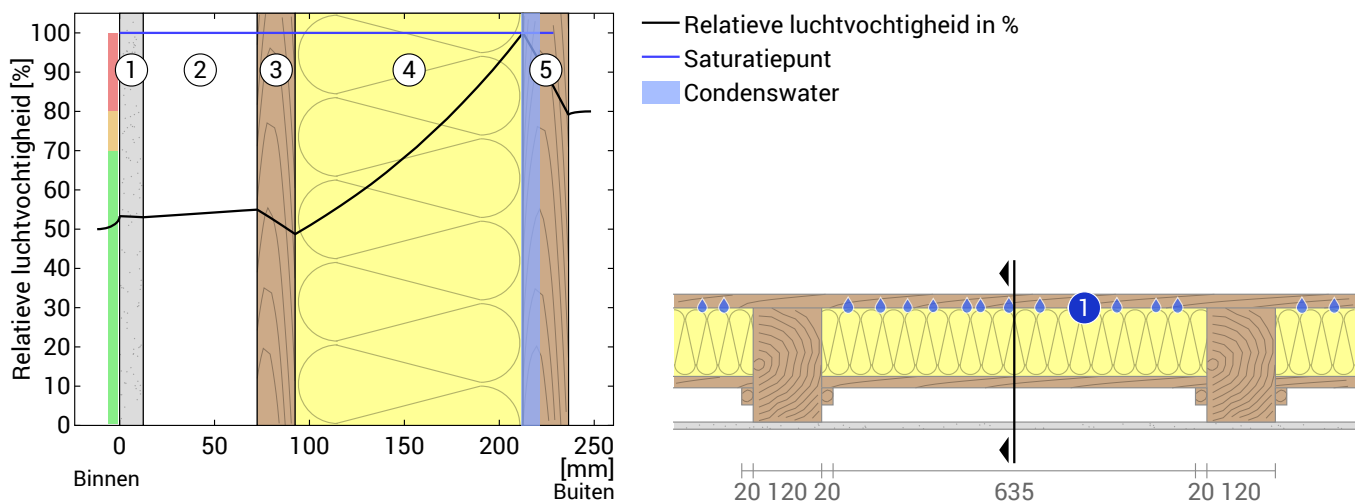
Condensatieniveaus

① Condenswater: 0,29 kg/m² Betrokken lagen: Spar, Cellulose

Luchtvochtigheid

De oppervlaktetemperatuur aan de kamerzijde is 18,7°C, wat resulteert in een relatieve luchtvochtigheid op het oppervlak van 54%. Onder deze omstandigheden is schimmeligroei niet te verwachten.

Het volgende diagram toont de relatieve luchtvochtigheid binnen de component.



① Gipskartonplaat (12,5 mm)

② Luchtspouw (60 mm)

③ Spar (20 mm)

④ Cellulose (120 mm)

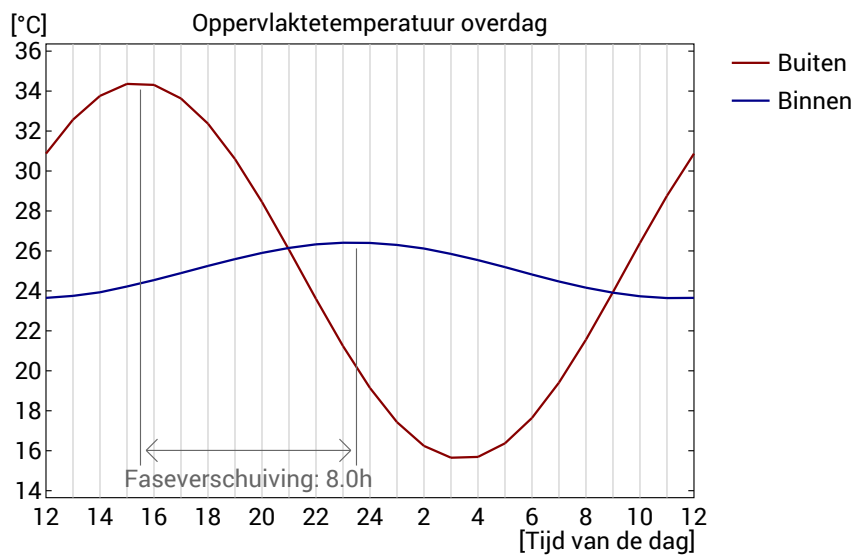
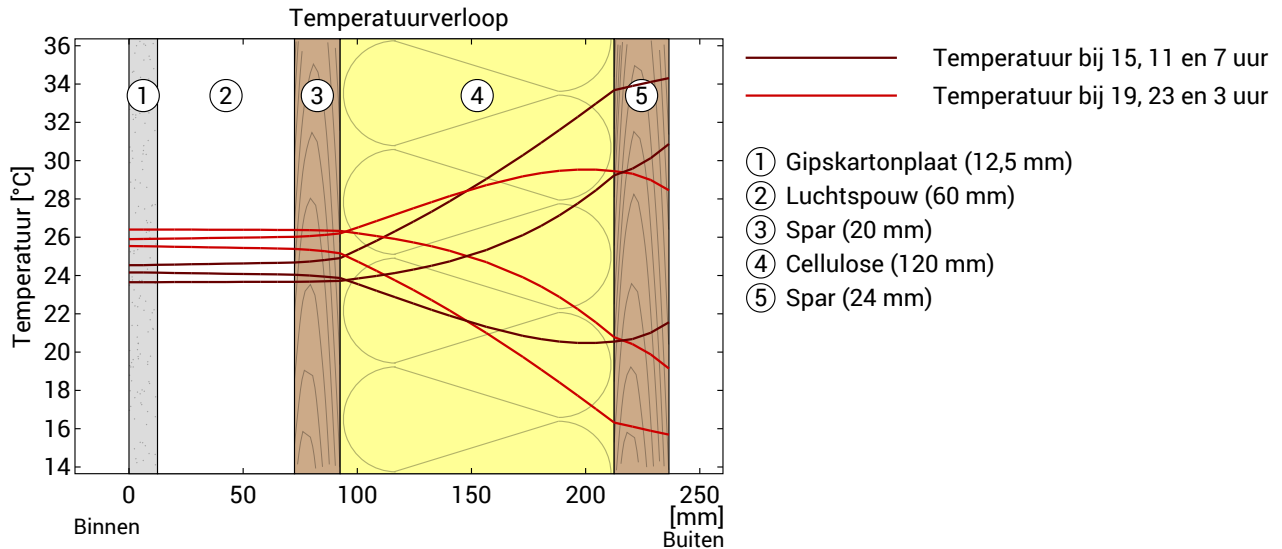
⑤ Spar (24 mm)

Opmerkingen: Berekening met behulp van de 2D-FE-methode van Ubakus. Convectie en de capillariteit van de bouwmaterialen werden niet overwogen. De droogtijd kan langer duren onder ongunstige omstandigheden (schaduw, vochtige / koele zomers) dan hier berekend.

Eerste verdieping, $R_c=2,96 \text{ m}^2\text{K/W}$

Hittebescherming

De volgende resultaten zijn eigenschappen van de geteste component alleen en doen geen uitspraak over de hittebescherming van de hele kamer:



Bovenste figuur: Temperatuurprofiel binnen het component op verschillende tijdstippen. Bruine lijnen van boven naar beneden, bruine lijnen: om 15,11 en 7 uur en rode lijnen om 19,23 en 3 uur's ochtends.

Onderste figuur: Temperatuur aan de buitenkant (rood) en binnenzijde (blauw) oppervlak gedurende een dag. De zwarte pijlen geven de positie van de maximale temperatuurwaarden aan. De maximale binnentemperatuur dient zo mogelijk in de tweede helft van de nacht te worden bereikt.

Faseverschuiving*	8,0 h	Thermische opslagcapaciteit (complete constructie):	70 kJ/m ² K
Amplitude demping**	6,8	Warmteopslagcapaciteit van de binnenlagen:	37 kJ/m ² K
TAV****	0,148		

* De faseverschuiving geeft de tijd aan in uren waarna de maximale middagwarmte de binnenzijde van het constructie bereikt.

** Amplitude demping beschrijft de demping van de temperatuurgolf tijdens het passeren van de component. Een waarde van 10 betekent dat de temperatuur aan de buitenkant 10 keer zo hoog is als aan de binnenkant, bijv. 15-35°C buiten, binnen 24-26°C.

*** De temperatuuramplitude ratio TAV is de onderlinge verhouding van de demping: $TAV = 1/\text{Amplitude demping}$

Aanwijzing: De hittebescherming van een ruimte wordt beïnvloed door verschillende factoren, maar hoofdzakelijk door de directe zonnestraling door ramen en de totale hoeveelheid opslagmassa (inclusief vloer, binnenmuren en fittingen / meubels). Een enkele component heeft meestal slechts een zeer kleine invloed op de hittebescherming van de kamer.

Bovenstaande berekeningen werden gemaakt voor een 1-dimensionale dwarsdoorsnede van de component.