



RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

ENERGIEBEHOEFTE WONINGBOUW

Onderzoek effect verhoging Rc-waarde

ENERGIEBEHOEFTE WONINGBOUW

Onderzoek effect verhoging Rc-waarde

Nederlandse Isolatie Industrie

Postbus 8408

3503 RK UTRECHT

030-6623266

Vertegenwoordigd door: de heer ir. E. Las

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Zwolle

Postbus 40147

8004 DC Zwolle

T 038 - 467 00 30

zwolle@nieman.nl

www.nieman.nl

Uitgevoerd door: ing. A.F. Kruithof
 ir. H.J.J. Valk

Referentie: Wz130247aaA0.akt

Status: eindconcept

Datum: 12 december 2013

Samenvatting

Inleiding

Nieman Raadgevende Ingenieurs heeft onderzoek verricht naar het effect van de verhoging van de warmteweerstand van constructies (R_c -waarde) op de energiebehoefte (warmte en koude) van woningen. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Nederlandse Isolatie Industrie. In dit rapport zijn de resultaten van het onderzoek weergegeven.

Doel en werkwijze

Momenteel geldt voor nieuwbouw volgens het Bouwbesluit 2012 een minimale eis aan de warmteweerstand van $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor dichte constructiedelen (vloer, gevel en dak). Een aanscherping van deze warmteweerstandseis naar $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ is in 2012 door de minister aangekondigd. Er wordt door partijen bepleit om de eis te differentiëren naar onderdelen van de gebouwschil.

Het doel van dit onderzoek is te bepalen of een differentiatie in de warmteweerstandseis tussen vloer, gevel en dak leidt tot een gelijke of lagere warmtebehoefte in vergelijking tot een situatie met een warmteweerstand van $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor alle dichte constructiedelen. Daarnaast is ook gekeken naar de invloed op de koudevraag.

Het verhogen van de warmteweerstand leidt er hoe dan ook toe dat de warmtebehoefte daalt, net als de CO_2 -uitstoot en de energielasten als gevolg van het energiegebruik voor ruimteverwarming.

De warmtebehoefte is in dit onderzoek op twee manieren bepaald; volgens deelresultaten uit de EPC-berekening en volgens de PHPP-berekening. De warmtebehoefte is in de EPC-berekening een deelresultaat; met de EPC-berekening wordt het gebouwgebonden energiegebruik bepaald. De berekening van de warmtebehoefte is in de PHPP-berekening een eindresultaat.

Bij het berekenen van de warmtebehoefte is gekozen voor uitgangspunten die zoveel mogelijk aansluiten bij waardes die momenteel worden gehanteerd bij een aanvraag van de omgevingsvergunning. Omdat de discussie zich in de praktijk toespitst op de effecten voor woningen is de warmtebehoefte bepaald voor een aantal verschillende woningtypen: een tussenwoning, een twee-onder-een kapwoning en een vrijstaande woning.

In het onderzoek is een concept $5,0 / 5,0 / 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (warmteweerstand vloer / gevel / dak) vergeleken met een aantal varianten waarbij gevarieerd is in de warmteweerstand van het dak. De warmteweerstand van de vloer en gevel zijn daarbij respectievelijk $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ en $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$; die twee waardes zijn in overeenstemming met de waardes uit een eerder onderzoek in opdracht van de partijen uit het Lente-akkoord.

Conclusie

Uit de vergelijkingen blijkt dat bij differentiatie van de eis aan de Rc een warmteweerstand van 8,0 m²K/W voor het dak nodig is, in combinatie met een warmteweerstand van 3,5 m²K/W en 4,5 m²K/W voor respectievelijk de begane grondvloer en gevel, om voor alle beschouwde woningtypen te komen tot een gelijke of lagere warmtebehoefte dan het basisconcept van 5,0 / 5,0 / 5,0 m²K/W. Daarbij is uitgegaan van de bepalingsmethode volgens de EPC-berekening; als de warmtebehoefte wordt bepaald volgens het PHPP-rekenmodel dan zijn hogere warmteweerstanden benodigd.

In een aantal van de beschouwde situaties is een warmteweerstand van 7,0 m²K/W of 6,0 m²K/W toereikend om gelijkwaardig te zijn aan de warmtebehoefte van een concept met 5,0 / 5,0 / 5,0 m²K/W voor vloer / gevel / dak. Het gaat daarbij om respectievelijk de twee-onder-een kapwoning en de tussenwoning.

De koudebehoefte, die significant lager dan is de warmtebehoefte, wijzigt marginaal bij aanpassing van de warmteweerstand.

Zwolle, 12 december 2013

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.



de heer ing. A.F. Kruithof



de heer ir. H.J.J. Valk

Inhoudsopgave

Samenvatting

Hoofdstuk 1 Inleiding	3
Hoofdstuk 2 Referentiewoningen	4
2.1 Ontwerp woningen	4
2.2 Bouwkundige en installatietechnische kenmerken	5
Hoofdstuk 3 EPC-berekeningen	7
3.1 Warmtebehoefte - concepten	8
3.2 Warmtebehoefte – individuele effecten	9
3.3 Koudebehoefte	10
3.4 Koudebehoefte – individuele effecten	11
Hoofdstuk 4 PHPP berekening	13
4.1 Warmtebehoefte - concepten	13
4.2 Warmtebehoefte – individuele effecten	15
Hoofdstuk 5 Rekenresultaten	17
5.1 Warmtebehoefte	17
5.2 Beperken warmtebehoefte	18
5.3 Koudebehoefte	19
5.4 Conclusie	20

Hoofdstuk 1 Inleiding

Nieman Raadgevende Ingenieurs heeft onderzoek verricht naar het effect van de verhoging van de warmteweerstand van constructies (R_c -waarde) op de energiebehoefte (warmte en koude) van woningen. De heer ir. E. Las heeft namens de Nederlandse Isolatie Industrie hiervoor aan Nieman Raadgevende Ingenieurs opdracht verleend. In dit rapport zijn de resultaten van het onderzoek weergegeven.

Momenteel geldt voor nieuwbouw een warmteweerstandseis van $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor dichte constructiedelen (vloer, gevel en dak). Een aanscherping van deze warmteweerstandseis naar $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ is aanstaande. Het doel van dit onderzoek is te bepalen of een differentiatie in de warmteweerstandseis tussen vloer, gevel en dak leidt tot een gelijke of lagere warmtebehoefte in vergelijking tot een situatie met een warmteweerstand van $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor alle dichte constructiedelen.

In dit onderzoek is de warmtebehoefte bepaald op basis van de EPC-berekening (NEN 7120) en op basis van de PHPP-berekening die wordt gebruikt bij de beoordeling van Passief Bouwen woningen. De warmtebehoefte is in de EPC-berekening een deelresultaat; met de EPC-berekening wordt uiteindelijk het gebouwgebonden energiegebruik bepaald. De berekening van de warmtebehoefte is in de PHPP-berekening een eindresultaat.

De resultaten (warmtebehoefte) van zowel de EPC-berekeningen als de PHPP-berekeningen zijn in dit onderzoek weergegeven in kWh/m^2 verwarmd vloeroppervlak. De parameter 'verwarmd vloeroppervlak' wordt gebruikt in de PHPP-rekenmethodiek en is (iets) kleiner dan de gebruiksoppervlakte volgens NEN 2580. Deze keuze is gemaakt om de resultaten volgens de EPC-methodiek en de resultaten van de PHPP-methodiek met elkaar te kunnen vergelijken.

De EPC-berekeningen die voor dit onderzoek zijn opgesteld zijn conform de bepalingmethode volgens de NEN 7120, dat betekent dat hiervoor de gebruiksoppervlakte een belangrijke rekenparameter is.

Met de bepaling van de gebruiksoppervlakte en het verwarmd vloeroppervlak verschillen de EPC- en de PHPP-berekening ten opzichte van elkaar. Dat geldt ook voor de methode voor het bepalen van het warmteverlies van de schil; in de EPC-berekening moet hiervoor 'inwendig' worden gemeten, in de PHPP-berekening moet 'uitwendig' worden gemeten. Het verschil tussen beide methoden wordt gecompenseerd door de manier waarop de lineaire thermische bruggen in de rekenmethodiek worden verwerkt.

De gekozen uitgangspunten in dit onderzoek sluiten zoveel mogelijk aan bij waardes die momenteel worden gehanteerd bij een aanvraag van de omgevingsvergunning.

Leeswijzer

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van drie referentiewoningen van AgentschapNL; de tussenwoning, de twee-onder-een kapwoning en de vrijstaande woning. Een beschrijving van de woningen die in het onderzoek zijn gebruikt en de bouwkundige- en installatietechnische uitgangspunten zijn in hoofdstuk 2 van deze rapportage beschreven.

De warmte- en koudebehoefte van de woningen is voor een aantal bouwkundige concepten bepaald. Dat is gedaan op basis van twee rekenmethoden; de EPC-berekening (hoofdstuk 3) en de PHPP-berekening die gebruikt wordt voor Passief Bouwen (hoofdstuk 4). Een interpretatie van de rekenresultaten is in hoofdstuk 5 gegeven.

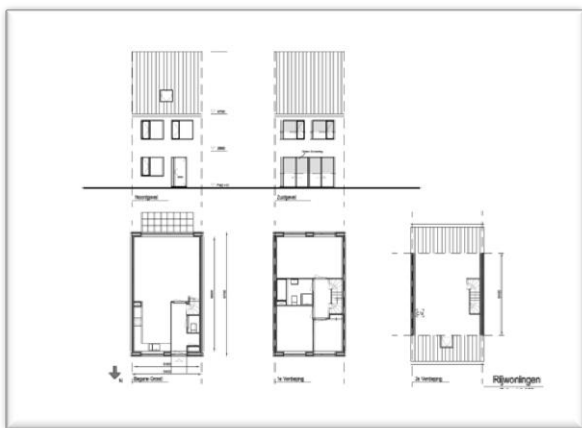
Hoofdstuk 2 Referentiewoningen

In het onderzoek is gebruik gemaakt van drie woningen. Het gaat daarbij om de referentiewoningen van AgenschapNL(versie 2012); de tussenwoning, de twee-onder-een kapwoning en de vrijstaande woning.

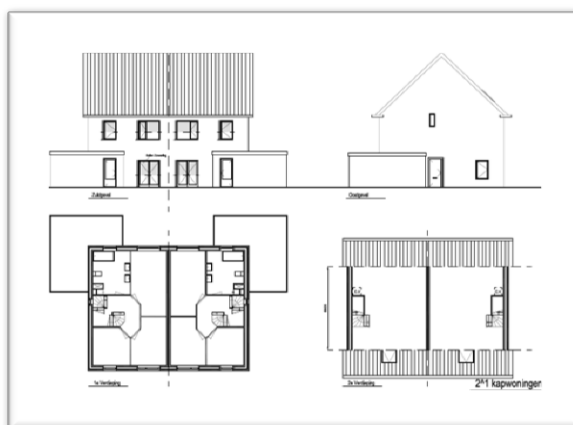
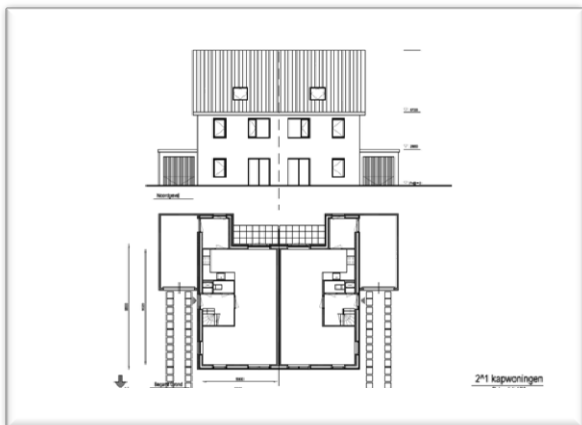
2.1 Ontwerp woningen

In de onderstaande figuren is het ontwerp (plattegrond en geveltekeningen) van de gehanteerde woningen opgenomen.

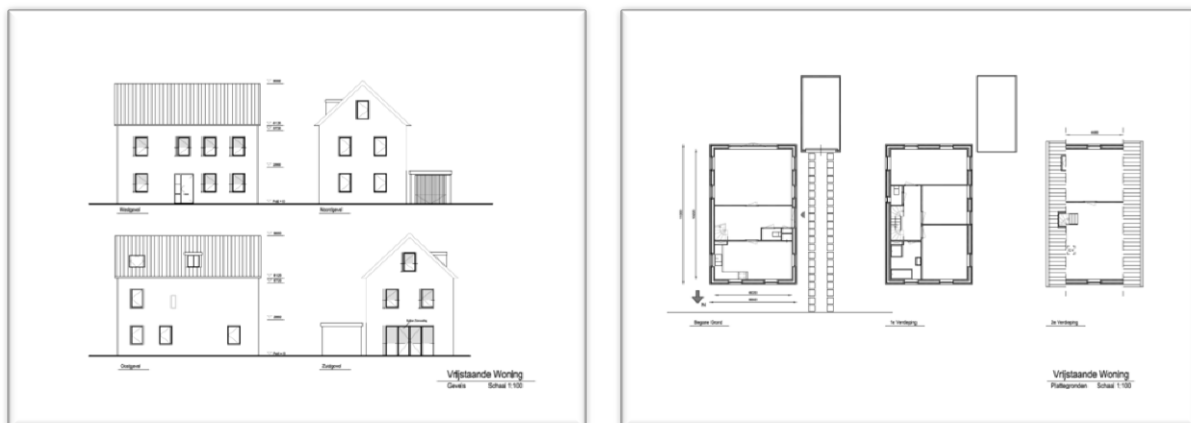
Tussenwoning



Twee-onder-een kapwoning



Vrijstaande woning



2.2 Bouwkundige en installatietechnische kenmerken

In het basisconcept van dit onderzoek is uitgegaan van een warmteweerstand van $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor vloer, gevel en dak. De warmtebehoefte van het basisconcept is vergeleken met varianten waarbij gedifferentieerd is in de warmteweerstand van vloer, gevel en dak. De beschouwde concepten zijn:

- Basis: $R_c = 5,0 / 5,0 / 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (vloer / gevel / dak)
- Variant: $R_c = 3,5 / 4,5 / 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Variant: $R_c = 3,5 / 4,5 / 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Variant: $R_c = 3,5 / 4,5 / 6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Variant: $R_c = 3,5 / 4,5 / 7,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Variant: $R_c = 3,5 / 4,5 / 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Variant: $R_c = 3,5 / 3,5 / 3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Variant: $R_c = 8,0 / 8,0 / 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$

Naast een vergelijking van de concepten is tevens de invloed van een aantal individuele effecten bepaald. Als uitgangspunt is het basisconcept ($R_c = 5,0 / 5,0 / 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$) aangehouden en zijn de volgende effecten inzichtelijk gemaakt:

- Variant vloer: $R_c = 3,5 / 4,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Variant gevel: $R_c = 4,5 / 6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Variant dak: $R_c = 6,0 / 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$

In concepten waarbij de warmtebehoefte sterk wordt beperkt ligt het voor de hand om ook aan de thermische kwaliteit van de ramen aandacht te schenken. Dat betekent voor dit onderzoek dat er naast de HR⁺⁺-beglazing die momenteel gangbaar is ook gekeken is naar het effect van een goed geïsoleerd raam met triple glas. De volgende twee situaties zijn beschouwd:

- HR⁺⁺ glas ($U_{\text{glas}} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$) in een houten / kunststof kozijn ($U_{\text{fr}} = 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$) met $U_w = 1,64 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Triple glas ($U_{\text{glas}} = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) in een geïsoleerd kozijn ($U_{\text{fr}} = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$) met $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Om de rekenresultaten in deze rapportage zo goed mogelijk te kunnen interpreteren zijn de rekenresultaten van de beide situaties steeds apart van elkaar weergegeven.

Overige uitgangspunten zijn voor de concepten gelijk gehouden. De belangrijkste daarvan zijn hierna genoemd:

- Luchtdichtheid van de woningen conform NEN 8088-1:
 - Tussenwoning: $q_{v,10} = 0,70 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2 / N_{50} = 2,5 / \text{h}$
 - Twee-onder-een kapwoning: $q_{v,10} = 0,84 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2 / N_{50} = 2,5 / \text{h}$
 - Vrijstaande woning: $q_{v,10} = 0,98 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2 / N_{50} = 3,6 / \text{h}$
- In de EPC-berekeningen is het effect van de lineaire thermische bruggen bepaald volgens de zogenaamde uitgebreide methode; de lengte en bijbehorende ψ -waardes zijn van de verschillende aansluitingen ingevoerd. De ψ -waardes zijn in alle doorgerekende varianten gelijk. In de PHPP-berekening is het effect van het lineaire thermische bruggen meegenomen; de perimeter, de ψ_{afstand} en ψ_{inbouw} zijn ingevoerd. De volgende waardes zijn hiervoor gehanteerd:
 - Perimeter
 - $0,4 \text{ W/m}^1\text{K}$ bij warmteweerstand van $3,5 - 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ van de vloer
 - $0,0 \text{ W/m}^1\text{K}$ bij warmteweerstand van $\geq 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ van de vloer
 - $\psi_{\text{afstand}} = 0,06 \text{ W/m}^1\text{K}$
 - ψ_{inbouw}
 - $0,06 \text{ W/m}^1\text{K}$ bij warmteweerstand van $3,5 - 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ van de gevel
 - $0,04 \text{ W/m}^1\text{K}$ bij warmteweerstand van $\geq 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ van de gevel
- Zonwering: zie tekeningen / EPC-berekeningen
- Ventilatiesysteem C3b (winddrukgestuurde toevoer, tijdsturing op afvoer zonder zonering)

Hoofdstuk 3 EPC-berekeningen

Voor de tussenwoning, twee-onder-een kapwoning en de vrijstaande woning zijn EPC-berekeningen opgesteld. Daarbij zijn de concepten die in hoofdstuk 2 zijn beschreven doorgerekend. De EPC-berekeningen zijn opgesteld volgens NEN 7120. Daarbij is gebruik gemaakt van de UNIEC2.0 software versie v2.0.5.

In de berekeningen is een aantal onderdelen bepaald:

- Primair energiegebruik ruimteverwarming ($E_{H;p}$)
- Warmtebehoefte woning
- Primair energiegebruik zomercomfort ($E_{SC;p}$)
- Koudebehoefte woning

De warmte- en koudebehoefte is per m^2 verwarmd vloeroppervlak bepaald. Het verwarmd vloeroppervlak wordt ook in de PHPP-berekening gebruikt (zie hoofdstuk 4) en is iets kleiner dan de gebruiksoppervlakte.

De warmtebehoefte is weergegeven in kWh/m^2 . De (deel)uitkomsten van de EPC-berekening zijn in MJ gegeven. Deze MJ's zijn omgerekend naar kWh . Op die manier kan een vergelijking worden gemaakt met de resultaten uit de PHPP-berekening die ook in kWh/m^2 worden gegeven (zie hoofdstuk 4). Daarnaast wordt er met een weergave van de resultaten in kWh beter aangesloten bij internationale onderzoeken.

3.1 Warmtebehoefte - concepten

In tabel 1 is de berekende warmtebehoefte weergegeven van de doorgerekende concepten. Daarbij is onderscheid gemaakt in een situatie met HR⁺⁺ glas en een situatie met triple glas.

Tabel 1.1: rekenresultaten warmtebehoefte cf. EPC-berekening – tussenwoning

Varianten tussenwoning		Warmtebehoefte			
Vloer / gevel / dak	Warmte-behoefte	HR ⁺⁺ glas		Triple glas	
		Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0 [kWh/m ²]	[%]	Warmte-behoefte [kWh/m ²]	Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0 [%]
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	35,8 kWh/m ²	-		26,2 kWh/m ²	-
3,5 / 3,5 / 3,5 m ² K/W	40 kWh/m ²	4,0 kWh/m ²	11%	30,0 kWh/m ²	3,9 kWh/m ² 15%
3,5 / 4,5 / 5,0 m ² K/W	36,4 kWh/m ²	0,6 kWh/m ²	2%	26,8 kWh/m ²	0,6 kWh/m ² 2%
3,5 / 4,5 / 6,0 m ² K/W	35,5 kWh/m ²	-0,3 kWh/m ²	-1%	25,9 kWh/m ²	-0,3 kWh/m ² -1%
3,5 / 4,5 / 7,0 m ² K/W	34,9 kWh/m ²	-0,9 kWh/m ²	-2%	25,3 kWh/m ²	-0,9 kWh/m ² -3%
3,5 / 4,5 / 8,0 m ² K/W	34,3 kWh/m ²	-1,5 kWh/m ²	-4%	24,7 kWh/m ²	-1,4 kWh/m ² -5%
8,0 / 8,0 / 8,0 m ² K/W	25,9 kWh/m ²	-9,9 kWh/m ²	-28%	22,8 kWh/m ²	-3,4 kWh/m ² -13%

Tabel 1.2: rekenresultaten warmtebehoefte cf. EPC-berekening – twee-onder-een kapwoning

Varianten twee-onder-een kapwoning		Warmtebehoefte			
Vloer / gevel / dak	Warmte-behoefte	HR ⁺⁺ glas		Triple glas	
		Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0 [kWh/m ²]	[%]	Warmte-behoefte [kWh/m ²]	Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0 [%]
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	57,4 kWh/m ²	-		49,4 kWh/m ²	-
3,5 / 3,5 / 3,5 m ² K/W	64 kWh/m ²	6,7 kWh/m ²	12%	56,2 kWh/m ²	6,7 kWh/m ² 14%
3,5 / 4,5 / 5,0 m ² K/W	58,8 kWh/m ²	1,4 kWh/m ²	2%	50,8 kWh/m ²	1,4 kWh/m ² 3%
3,5 / 4,5 / 6,0 m ² K/W	57,9 kWh/m ²	0,5 kWh/m ²	1%	49,9 kWh/m ²	0,5 kWh/m ² 1%
3,5 / 4,5 / 7,0 m ² K/W	57,4 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²	0%	49,3 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ² 0%
3,5 / 4,5 / 8,0 m ² K/W	56,8 kWh/m ²	-0,7 kWh/m ²	-1%	48,8 kWh/m ²	-0,7 kWh/m ² -1%
8,0 / 8,0 / 8,0 m ² K/W	51,5 kWh/m ²	-6,0 kWh/m ²	-10%	43,5 kWh/m ²	-5,9 kWh/m ² -12%

Tabel 1.3: rekenresultaten warmtebehoefte cf. EPC-berekening – vrijstaande woning

Varianten vrijstaande woning		Warmtebehoefte			
Vloer / gevel / dak	Warmte-behoefte	HR ⁺⁺ glas		Triple glas	
		Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0 [kWh/m ²]	[%]	Warmte-behoefte [kWh/m ²]	Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0 [%]
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	61,4 kWh/m ²	-	-	49,1 kWh/m ²	-
3,5 / 3,5 / 3,5 m ² K/W	68,6 kWh/m ²	7,2 kWh/m ²	12%	56,2 kWh/m ²	7,2 kWh/m ² 15%
3,5 / 4,5 / 5,0 m ² K/W	62,9 kWh/m ²	1,5 kWh/m ²	2%	50,5 kWh/m ²	1,5 kWh/m ² 3%
3,5 / 4,5 / 6,0 m ² K/W	62,1 kWh/m ²	0,7 kWh/m ²	1%	49,7 kWh/m ²	0,7 kWh/m ² 1%
3,5 / 4,5 / 7,0 m ² K/W	61,6 kWh/m ²	0,2 kWh/m ²	0%	49,2 kWh/m ²	0,2 kWh/m ² 0%
3,5 / 4,5 / 8,0 m ² K/W	61,0 kWh/m ²	-0,4 kWh/m ²	-1%	48,7 kWh/m ²	-0,4 kWh/m ² -1%
8,0 / 8,0 / 8,0 m ² K/W	54,9 kWh/m ²	-6,5 kWh/m ²	-11%	42,7 kWh/m ²	-6,4 kWh/m ² -13%

3.2 Warmtebehoefte – individuele effecten

In de voorgaande paragraaf is het effect op de warmtebehoefte van een aantal concepten weergegeven. Daarnaast is het effect op de warmtebehoefte van een aantal individuele aanpassingen bepaald. Daarbij is in de basis uitgegaan van een concept met een warmteweerstand van 5,0 m²K/W voor vloer, gevel en dak.

Het effect van de individuele aanpassingen is in tabel 2 weergegeven.

Tabel 2.1: rekenresultaten individuele effecten warmtebehoefte cf. EPC-berekening - tussenwoning

Varianten tussenwoning	Warmtebehoefte – tussenwoning			
	HR++ glas		Triple glas	
Vloer / gevel / dak	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	35,8 kWh/m ²		26,2 kWh/m ²	
Variant vloer				
R _c = 3,5 m ² K/W	36,1 kWh/m ²	+0,3 kWh/m ²	26,5 kWh/m ²	+0,3 kWh/m ²
R _c = 4,0 m ² K/W	35,9 kWh/m ²	+0,2 kWh/m ²	26,3 kWh/m ²	+0,1 kWh/m ²
Variant gevel				
R _c = 4,5 m ² K/W	36,1 kWh/m ²	+0,3 kWh/m ²	26,5 kWh/m ²	+0,3 kWh/m ²
R _c = 6,0 m ² K/W	35,3 kWh/m ²	-0,5 kWh/m ²	25,7 kWh/m ²	-0,5 kWh/m ²
Variant dak				
R _c = 6,0 m ² K/W	34,8 kWh/m ²	-0,9 kWh/m ²	25,3 kWh/m ²	-0,9 kWh/m ²
R _c = 8,0 m ² K/W	33,6 kWh/m ²	-2,1 kWh/m ²	24,2 kWh/m ²	-2,0 kWh/m ²

Tabel 2.2: rekenresultaten individuele effecten warmtebehoefte cf. EPC-berekening – twee-onder-een kapwoning

Varianten twee-onder-een kapwoning	Warmtebehoefte – twee-onder-een kapwoning			
	HR++ glas		Triple glas	
Vloer / gevel / dak	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	57,4 kWh/m ²		49,4 kWh/m ²	
Variant vloer				
R _c = 3,5 m ² K/W	57,8 kWh/m ²	+0,4 kWh/m ²	49,8 kWh/m ²	+0,4 kWh/m ²
R _c = 4,0 m ² K/W	57,6 kWh/m ²	+0,2 kWh/m ²	49,6 kWh/m ²	+0,2 kWh/m ²
Variant gevel				
R _c = 4,5 m ² K/W	58,5 kWh/m ²	+1,0 kWh/m ²	50,5 kWh/m ²	+1,0 kWh/m ²
R _c = 6,0 m ² K/W	55,9 kWh/m ²	-1,5 kWh/m ²	47,9 kWh/m ²	-1,5 kWh/m ²
Variant dak				
R _c = 6,0 m ² K/W	56,6 kWh/m ²	-0,9 kWh/m ²	48,6 kWh/m ²	-0,9 kWh/m ²
R _c = 8,0 m ² K/W	55,4 kWh/m ²	-2,1 kWh/m ²	47,4 kWh/m ²	-2,1 kWh/m ²

Tabel 2.3: rekenresultaten individuele effecten warmtebehoefte cf. EPC-berekening – vrijstaande woning

Varianten vrijstaande woning	Warmtebehoefte – vrijstaande woning			
	HR++ glas		Triple glas	
Vloer / gevel / dak	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	61,4 kWh/m ²		49,1 kWh/m ²	
Variant vloer				
R _c = 3,5 m ² K/W	61,7 kWh/m ²	+0,3 kWh/m ²	49,4 kWh/m ²	+0,3 kWh/m ²
R _c = 4,0 m ² K/W	61,5 kWh/m ²	+0,2 kWh/m ²	49,2 kWh/m ²	+0,1 kWh/m ²
Variant gevel				
R _c = 4,5 m ² K/W	62,6 kWh/m ²	+1,2 kWh/m ²	50,2 kWh/m ²	+1,2 kWh/m ²
R _c = 6,0 m ² K/W	59,6 kWh/m ²	-1,8 kWh/m ²	47,3 kWh/m ²	-1,8 kWh/m ²
Variant dak				
R _c = 6,0 m ² K/W	60,6 kWh/m ²	-0,8 kWh/m ²	48,3 kWh/m ²	-0,8 kWh/m ²
R _c = 8,0 m ² K/W	59,5 kWh/m ²	-1,9 kWh/m ²	47,2 kWh/m ²	-1,9 kWh/m ²

3.3 Koudebehoefte

In tabel 3 is de berekende koudebehoefte van de doorgerekende concepten weergegeven. Daarbij is onderscheid gemaakt in een situatie met HR⁺⁺ glas en een situatie met triple glas.

Tabel 3: rekenresultaten koudebehoefte cf. EPC-berekening

Varianten	Koudebehoefte					
	Tussenwoning		Twee-onder-een kap		Vrijstaande woning	
Vloer / gevel / dak	HR ⁺⁺ glas	Triple glas	HR ⁺⁺ glas	Triple glas	HR ⁺⁺ glas	Triple glas
3,5 / 3,5 / 3,5 m ² K/W	14 kWh/m ²	17 kWh/m ²	2 kWh/m ²	3 kWh/m ²	12 kWh/m ²	14 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 5,0 m ² K/W	13,5 kWh/m ²	16,7 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	2,6 kWh/m ²	11,7 kWh/m ²	14,1 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 6,0 m ² K/W	13,5 kWh/m ²	16,7 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	11,6 kWh/m ²	14,0 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 7,0 m ² K/W	13,5 kWh/m ²	16,7 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	11,6 kWh/m ²	14,0 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 8,0 m ² K/W	13,5 kWh/m ²	16,7 kWh/m ²	2,1 kWh/m ²	2,4 kWh/m ²	11,5 kWh/m ²	13,9 kWh/m ²
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	13,7 kWh/m ²	16,9 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	11,8 kWh/m ²	14,2 kWh/m ²
8,0 / 8,0 / 8,0 m ² K/W	16,7 kWh/m ²	17,4 kWh/m ²	2,0 kWh/m ²	2,4 kWh/m ²	11,6 kWh/m ²	14,2 kWh/m ²

3.4 Koudebehoefte – individuele effecten

In de voorgaande paragraaf is het effect op de koudebehoefte van een aantal concepten weergegeven. Daarnaast is het effect op de koudebehoefte van een aantal individuele aanpassingen bepaald. Daarbij is in de basis uitgegaan van een concept met een warmteweerstand van 5,0 m²K/W voor vloer, gevel en dak.

Het effect van de individuele aanpassingen is in tabel 4 weergegeven.

Tabel 4.1: rekenresultaten individuele effecten koudebehoefte cf. EPC-berekening - tussenwoning

Varianten tussenwoning	Koudebehoefte – tussenwoning			
	HR++ glas		Triple glas	
Vloer / gevel / dak	Koude-behoefte	Δ Koude-behoefte	Koude-behoefte	Δ Koude-behoefte
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	13,7 kWh/m ²		16,9 kWh/m ²	
Variant vloer				
R _c = 3,5 m ² K/W	13,6 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²	16,7 kWh/m ²	-0,2 kWh/m ²
R _c = 4,0 m ² K/W	13,6 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²	16,8 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²
Variant gevel				
R _c = 4,5 m ² K/W	13,7 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	16,9 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²
R _c = 6,0 m ² K/W	13,7 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	17,0 kWh/m ²	+0,1 kWh/m ²
Variant dak				
R _c = 6,0 m ² K/W	13,7 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	17,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
R _c = 8,0 m ² K/W	13,6 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²	17,0 kWh/m ²	+0,1 kWh/m ²

Tabel 4.2: rekenresultaten individuele effecten koudebehoefte cf. EPC-berekening - twee-onder-een kapwoning

Varianten twee-onder-een kapwoning	Koudebehoefte – twee-onder-een kapwoning			
	HR++ glas		Triple glas	
Vloer / gevel / dak	Koude-behoefte	Δ Koude-behoefte	Koude-behoefte	Δ Koude-behoefte
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	2,2 kWh/m ²		2,5 kWh/m ²	
Variant vloer				
R _c = 3,5 m ² K/W	2,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
R _c = 4,0 m ² K/W	2,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Variant gevel				
R _c = 4,5 m ² K/W	2,3 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	2,6 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
R _c = 6,0 m ² K/W	2,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Variant dak				
R _c = 6,0 m ² K/W	2,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
R _c = 8,0 m ² K/W	2,1 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²	2,4 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²

Tabel 4.3: rekenresultaten individuele effecten koudebehoefte cf. EPC-berekening – vrijstaande woning

Vloer / gevel / dak	Koudebehoefte – vrijstaande woning			
	HR++ glas		Triple glas	
	Koude-behoefte	Δ Koude-behoefte	Koude-behoefte	Δ Koude-behoefte
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	11,8 kWh/m ²		14,2 kWh/m ²	
Variant vloer				
R _c = 3,5 m ² K/W	11,7 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²	14,1 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²
R _c = 4,0 m ² K/W	11,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	14,2 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²
Variant gevel				
R _c = 4,5 m ² K/W	11,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	14,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
R _c = 6,0 m ² K/W	11,8 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²	14,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Variant dak				
R _c = 6,0 m ² K/W	11,7 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²	14,1 kWh/m ²	-0,1 kWh/m ²
R _c = 8,0 m ² K/W	11,6 kWh/m ²	-0,2 kWh/m ²	14,0 kWh/m ²	-0,2 kWh/m ²

Hoofdstuk 4 PHPP berekening

Voor de tussenwoning, twee-onder-een kapwoning en de vrijstaande woning zijn PHPP-berekeningen opgesteld. Daarbij zijn de concepten die in hoofdstuk 2 zijn beschreven doorgerekend. De PHPP-berekeningen zijn opgesteld met het Excel rekenblad PHPP-NL v1.0.

De warmtebehoefte wordt met de PHPP-berekening bepaald in kWh/m² verwarmd vloeroppervlak. De rekenresultaten zijn in de volgende tabellen weergegeven.

4.1 Warmtebehoefte - concepten

In tabel 5 is de berekende warmtebehoefte van de doorgerekende concepten weergegeven. Daarbij is onderscheid gemaakt in een situatie met HR⁺⁺ glas en een situatie met triple glas.

Tabel 5.1: rekenresultaten warmtebehoefte cf. PHPP-berekening – tussenwoning

Varianten tussenwoning		Warmtebehoefte					
		HR ⁺⁺ glas			Triple glas		
Vloer / gevel / dak		Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0			Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0		
Warmte-behoefte		[kWh/m ²]		[%]	[kWh/m ²]		[%]
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	45,6 kWh/m ²	-			33,2 kWh/m ²	-	
3,5 / 3,5 / 3,5 m ² K/W	53,9 kWh/m ²	8,3 kWh/m ²	18%		41,0 kWh/m ²	7,8 kWh/m ²	23%
3,5 / 4,5 / 5,0 m ² K/W	48,0 kWh/m ²	2,4 kWh/m ²	5%		35,4 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	7%
3,5 / 4,5 / 6,0 m ² K/W	46,4 kWh/m ²	0,8 kWh/m ²	2%		33,9 kWh/m ²	0,7 kWh/m ²	2%
3,5 / 4,5 / 7,0 m ² K/W	45,2 kWh/m ²	-0,4 kWh/m ²	-1%		32,8 kWh/m ²	-0,4 kWh/m ²	-1%
3,5 / 4,5 / 8,0 m ² K/W	44,3 kWh/m ²	-1,3 kWh/m ²	-3%		31,9 kWh/m ²	-1,3 kWh/m ²	-4%
8,0 / 8,0 / 8,0 m ² K/W ¹⁾	35,8 kWh/m ²	-9,8 kWh/m ²	-21%		23,9 kWh/m ²	-9,3 kWh/m ²	-28%

¹⁾ Naast de warmteweerstanden zijn ook lineaire thermische bruggen (ψ -waarde) gewijzigd in deze variant, zie ook paragraaf 2.2.

Tabel 5.2: rekenresultaten warmtebehoefte cf. PHPP-berekening – twee-onder-een kapwoning

Varianten twee-onder-een kapwoning		Warmtebehoefte					
		HR ⁺⁺ glas			Triple glas		
Vloer / gevel / dak		Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0			Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0		
Warmte-behoefte		[kWh/m ²]		[%]	[kWh/m ²]		[%]
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	63,6 kWh/m ²	-			53,3 kWh/m ²	-	
3,5 / 3,5 / 3,5 m ² K/W	78,6 kWh/m ²	15,0 kWh/m ²	33%		68,1 kWh/m ²	14,8 kWh/m ²	45%
3,5 / 4,5 / 5,0 m ² K/W	68,1 kWh/m ²	4,5 kWh/m ²	10%		57,7 kWh/m ²	4,4 kWh/m ²	13%
3,5 / 4,5 / 6,0 m ² K/W	66,2 kWh/m ²	2,6 kWh/m ²	6%		55,8 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	8%
3,5 / 4,5 / 7,0 m ² K/W	64,8 kWh/m ²	1,2 kWh/m ²	3%		54,5 kWh/m ²	1,2 kWh/m ²	4%
3,5 / 4,5 / 8,0 m ² K/W	63,8 kWh/m ²	0,2 kWh/m ²	0%		53,4 kWh/m ²	0,1 kWh/m ²	0%
8,0 / 8,0 / 8,0 m ² K/W ¹⁾	45,0 kWh/m ²	-18,6 kWh/m ²	-41%		35,4 kWh/m ²	-17,9 kWh/m ²	-54%

¹⁾ Naast de warmteweerstanden zijn ook lineaire thermische bruggen (ψ -waarde) gewijzigd in deze variant, zie ook paragraaf 2.2.

Tabel 5.3: rekenresultaten warmtebehoefte cf. PHPP-berekening – vrijstaande woning

Varianten vrijstaande woning	Warmtebehoefte					
	HR ⁺⁺ glas			Triple glas		
	Warmte- behoefte	Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0		Warmte- behoefte	Δwarmtebehoefte t.o.v. variant 5,0/5,0/5,0	
[kWh/m ²]		[%]	[kWh/m ²]		[%]	
Vloer / gevel / dak						
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	76,1 kWh/m ²	-		58,2 kWh/m ²	-	
3,5 / 3,5 / 3,5 m ² K/W	91,4 kWh/m ²	15,3 kWh/m ²	34%	72,9 kWh/m ²	14,7 kWh/m ²	44%
3,5 / 4,5 / 5,0 m ² K/W	80,4 kWh/m ²	4,3 kWh/m ²	9%	62,3 kWh/m ²	4,1 kWh/m ²	12%
3,5 / 4,5 / 6,0 m ² K/W	78,6 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	5%	60,5 kWh/m ²	2,3 kWh/m ²	7%
3,5 / 4,5 / 7,0 m ² K/W	77,3 kWh/m ²	1,2 kWh/m ²	3%	59,3 kWh/m ²	1,1 kWh/m ²	3%
3,5 / 4,5 / 8,0 m ² K/W	76,3 kWh/m ²	0,2 kWh/m ²	0%	58,3 kWh/m ²	0,1 kWh/m ²	0%
8,0 / 8,0 / 8,0 m ² K/W ¹⁾	56,4 kWh/m ²	-19,7 kWh/m ²	-43%	39,8 kWh/m ²	-18,4 kWh/m ²	-55%

¹⁾ Naast de warmteweerstand zijn ook lineaire thermische bruggen (ψ -waarde) gewijzigd in deze variant, zie ook paragraaf 2.2.

4.2 Warmtebehoefte – individuele effecten

In de voorgaande paragraaf is het effect op de warmtebehoefte van een aantal concepten weergegeven. Daarnaast is het effect op de warmtebehoefte van een aantal individuele aanpassingen bepaald. Daarbij is in de basis uitgegaan van een concept met een warmteweerstand van 5,0 m²K/W voor vloer, gevel en dak.

Het effect van de individuele aanpassingen is in tabel 6 weergegeven.

Tabel 6.1: rekenresultaten individuele effecten warmtebehoefte cf. PHPP-berekening - tussenwoning

Varianten tussenwoning	Warmtebehoefte – tussenwoning			
	HR++ glas		Triple glas	
Vloer / gevel / dak	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	45,6 kWh/m ²		33,2 kWh/m ²	
Variant vloer				
R _c = 3,5 m ² K/W	47,4 kWh/m ²	+1,8 kWh/m ²	34,9 kWh/m ²	+1,7 kWh/m ²
R _c = 4,0 m ² K/W	46,7 kWh/m ²	+1,1 kWh/m ²	34,2 kWh/m ²	+1,0 kWh/m ²
Variant gevel				
R _c = 4,5 m ² K/W	46,1 kWh/m ²	+0,5 kWh/m ²	33,7 kWh/m ²	+0,5 kWh/m ²
R _c = 6,0 m ² K/W	44,7 kWh/m ²	-0,9 kWh/m ²	32,3 kWh/m ²	-0,9 kWh/m ²
Variant dak				
R _c = 6,0 m ² K/W	44,0 kWh/m ²	-1,6 kWh/m ²	31,6 kWh/m ²	-1,6 kWh/m ²
R _c = 8,0 m ² K/W	41,9 kWh/m ²	-3,7 kWh/m ²	29,7 kWh/m ²	-3,5 kWh/m ²

Tabel 6.2: rekenresultaten individuele effecten warmtebehoefte cf. PHPP-berekening – twee-onder-een kapwoning

Variant twee-onder-een kapwoning	Warmtebehoefte – twee-onder-een kapwoning			
	HR++ glas		Triple glas	
Vloer / gevel / dak	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	63,6 kWh/m ²		53,3 kWh/m ²	
Variant vloer				
R _c = 3,5 m ² K/W	66,1 kWh/m ²	2,5 kWh/m ²	55,8 kWh/m ²	+2,5 kWh/m ²
R _c = 4,0 m ² K/W	65,1 kWh/m ²	1,5 kWh/m ²	54,8 kWh/m ²	+1,5 kWh/m ²
Variant gevel				
R _c = 4,5 m ² K/W	65,6 kWh/m ²	2,0 kWh/m ²	55,3 kWh/m ²	+2,0 kWh/m ²
R _c = 6,0 m ² K/W	60,7 kWh/m ²	-2,9 kWh/m ²	50,4 kWh/m ²	-2,9 kWh/m ²
Variant dak				
R _c = 6,0 m ² K/W	61,7 kWh/m ²	-1,9 kWh/m ²	51,5 kWh/m ²	-1,8 kWh/m ²
R _c = 8,0 m ² K/W	59,3 kWh/m ²	-4,3 kWh/m ²	49,1 kWh/m ²	-4,2 kWh/m ²

Tabel 6.3: rekenresultaten individuele effecten warmtebehoefte cf. PHPP-berekening – vrijstaande woning

Varianten vrijstaande woning	Warmtebehoefte – vrijstaande woning			
	HR++ glas		Triple glas	
Vloer / gevel / dak	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte	Warmte-behoefte	Δ Warmte-behoefte
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	76,1 kWh/m ²		58,2 kWh/m ²	
Variant vloer				
R _c = 3,5 m ² K/W	78,2 kWh/m ²	2,1 kWh/m ²	60,1 kWh/m ²	+1,9 kWh/m ²
R _c = 4,0 m ² K/W	77,3 kWh/m ²	1,2 kWh/m ²	59,3 kWh/m ²	+1,1 kWh/m ²
Variant gevel				
R _c = 4,5 m ² K/W	78,3 kWh/m ²	2,2 kWh/m ²	60,3 kWh/m ²	+2,1 kWh/m ²
R _c = 6,0 m ² K/W	72,7 kWh/m ²	-3,4 kWh/m ²	55,0 kWh/m ²	-3,2 kWh/m ²
Variant dak				
R _c = 6,0 m ² K/W	74,3 kWh/m ²	-1,8 kWh/m ²	56,4 kWh/m ²	-1,8 kWh/m ²
R _c = 8,0 m ² K/W	72,0 kWh/m ²	-4,1 kWh/m ²	54,3 kWh/m ²	-3,9 kWh/m ²

Hoofdstuk 5 Rekenresultaten

Op basis van de rekenresultaten uit hoofdstuk 3 (EPC) en 4 (PHPP) kan een aantal conclusies getrokken worden.

5.1 Warmtebehoefte

De warmtebehoefte is voor een aantal varianten naast elkaar gezet. De warmtebehoefte met een warmteweerstand van 5,0 m²K/W voor vloer, gevel en dak is bepaald en dient als referentie. Vervolgens is gedifferentieerd in de warmteweerstand van het dak waarbij de vloer (3,5 m²K/W) en gevel (4,5 m²K/W) vaste waardes zijn; daarmee wordt aangesloten bij het advies dat de partijen uit het Lente-akkoord hebben uitgebracht.

In de volgende tabellen is met rood weergegeven dat de berekende variant een hogere warmtebehoefte heeft ten opzichte van de '5,0 m²K/W' variant. Met groen zijn de varianten met een lagere warmtebehoefte weergegeven.

Tabel 7.1: rekenresultaten warmtebehoefte cf. EPC-berekening

Varianten	Warmtebehoefte					
	Tussenwoning		Twee-onder-een kap		Vrijstaande woning	
Vloer / gevel / dak	HR ⁺⁺ glas	Triple glas	HR ⁺⁺ glas	Triple glas	HR ⁺⁺ glas	Triple glas
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	35,8 kWh/m ²	26,2 kWh/m ²	57,4 kWh/m ²	49,4 kWh/m ²	61,4 kWh/m ²	49,1 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 5,0 m ² K/W	36,4 kWh/m ²	26,8 kWh/m ²	58,8 kWh/m ²	50,8 kWh/m ²	62,9 kWh/m ²	50,5 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 6,0 m ² K/W	35,5 kWh/m ²	25,9 kWh/m ²	57,9 kWh/m ²	49,9 kWh/m ²	62,1 kWh/m ²	49,7 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 7,0 m ² K/W	34,9 kWh/m ²	25,3 kWh/m ²	57,4 kWh/m ²	49,3 kWh/m ²	61,6 kWh/m ²	49,2 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 8,0 m ² K/W	34,3 kWh/m ²	24,7 kWh/m ²	56,8 kWh/m ²	48,8 kWh/m ²	61,0 kWh/m ²	48,7 kWh/m ²

Tabel 7.2: rekenresultaten warmtebehoefte cf. PHPP-berekening

Varianten	Warmtebehoefte					
	Tussenwoning		Twee-onder-een kap		Vrijstaande woning	
Vloer / gevel / dak	HR ⁺⁺ glas	Triple glas	HR ⁺⁺ glas	Triple glas	HR ⁺⁺ glas	Triple glas
5,0 / 5,0 / 5,0 m ² K/W	45,6 kWh/m ²	33,2 kWh/m ²	63,6 kWh/m ²	53,3 kWh/m ²	76,1 kWh/m ²	58,2 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 5,0 m ² K/W	48,0 kWh/m ²	35,4 kWh/m ²	68,1 kWh/m ²	57,7 kWh/m ²	80,4 kWh/m ²	62,3 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 6,0 m ² K/W	46,4 kWh/m ²	33,9 kWh/m ²	66,2 kWh/m ²	55,8 kWh/m ²	78,6 kWh/m ²	60,5 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 7,0 m ² K/W	45,2 kWh/m ²	32,8 kWh/m ²	64,8 kWh/m ²	54,5 kWh/m ²	77,3 kWh/m ²	59,3 kWh/m ²
3,5 / 4,5 / 8,0 m ² K/W	44,3 kWh/m ²	31,9 kWh/m ²	63,8 kWh/m ²	53,4 kWh/m ²	76,3 kWh/m ²	58,3 kWh/m ²

Concepten

Zoals blijkt is de warmtebehoefte conform EPC-berekeningen bij het concept 3,5 / 4,5 / 8,0 m²K/W in alle doorgerekende situatie lager dan het concept 5,0 / 5,0 / 5,0 m²K/W. Voor de warmtebehoefte conform PHPP is dat niet het geval; daar geldt dat er in een aantal van de beoordeelde situaties er bij het concept

3,5 / 4,5 / 8,0 m²K/W nog sprake is van een hogere warmtebehoefte ten opzicht van het concept 5,0 / 5,0 / 5,0 m²K/W.

Woningtypen

De oppervlakteverhouding tussen vloer / gevel / dak met bijbehorende warmteweerstand bepaalt mede de warmtebehoefte van de woning. Dit blijkt duidelijk als de drie doorgerekende woningtypen met elkaar worden vergeleken. Om de warmtebehoefte van het concept 5,0 / 5,0 / 5,0 m²K/W te evenaren is voor de tussenwoning een minder hoge warmteweerstand van het dak benodigd dan bij de vrijstaande woning.

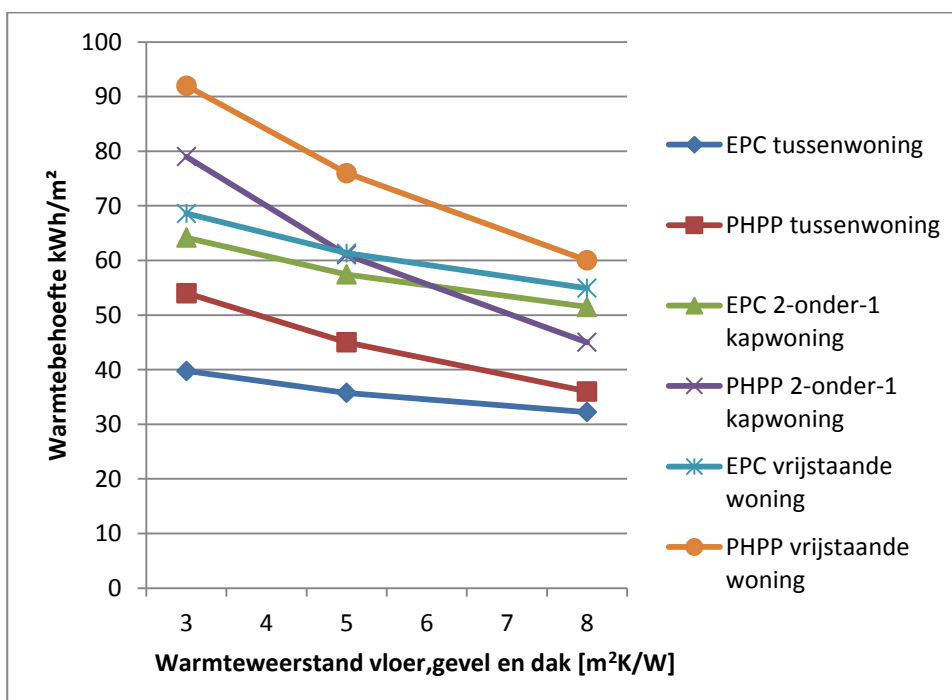
Verskil met eerder onderzoek

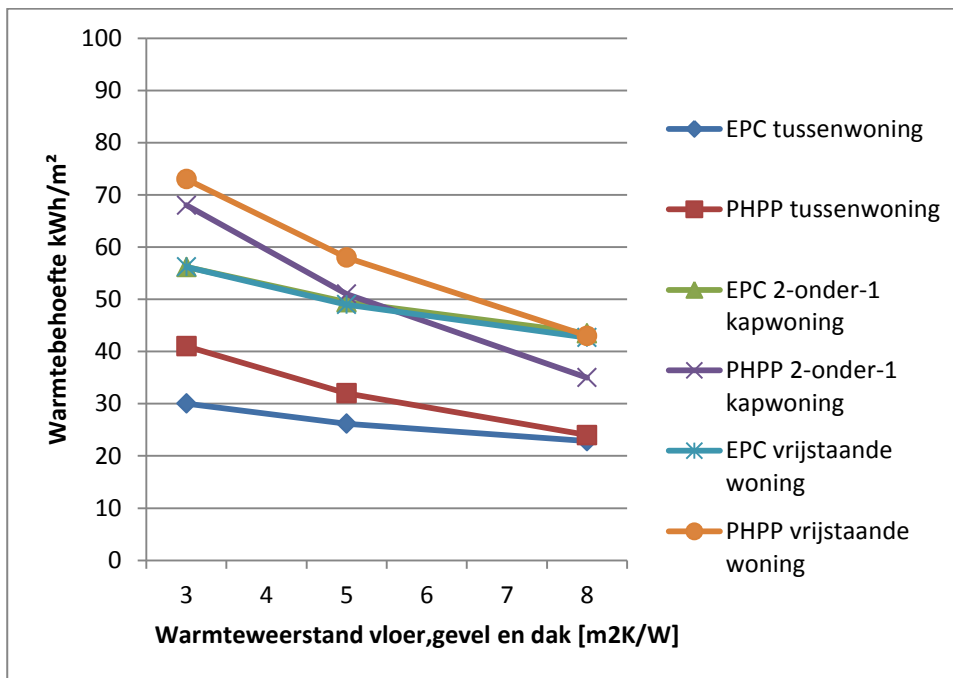
In dit onderzoek is de warmte- en koudebehoefte van een woning als uitgangspunt genomen. Daarmee wordt nauw aangesloten bij het doel van de Bouwbesluit-eis aan de thermische isolatie: het voorkomen van warmteverlies. Daarmee wordt ook direct invulling gegeven aan de eerste stap uit de Trias Energetica: het voorkomen van een energievraag. In eerder onderzoek, bijvoorbeeld het onderzoek in opdracht van de partijen uit het Lente-akkoord, is gekeken naar de uitkomst van de EPC-berekening. Daarin is de warmtevraag slechts een van de bepalende parameters, waardoor de uitkomsten tussen de onderzoeken ten opzichte van elkaar verschillen.

5.2 Beperken warmtebehoefte

De warmtebehoefte van de woningen is op twee manieren bepaald. Volgens de NEN 7120 (EPC-berekening) en volgens de PHPP-berekening. De uitkomsten van de bepaling van de warmtebehoefte is in de volgende twee grafieken weergegeven.

Grafiek 1: warmtebehoefte volgens EPC- en PHPP-berekening bij HR⁺⁺ beglazing



Grafiek 2: warmtebehoefte volgens EPC- en PHPP-berekening bij triple beglazing

Op basis van de rekenresultaten kan het volgende worden geconcludeerd:

- Zowel de EPC-berekening als ook de PHPP-berekening toont aan dat isoleren leidt tot het beperken van de warmtebehoefte. De warmtebehoefte daalt ook als de warmteweerstanden nog verder dan 5 m²K/W wordt verhoogt. De warmtebehoefte daalt echter wel minder snel bij hogere warmteweerstanden.
- Bij een verhoging van de warmteweerstand is de daling van de warmtebehoefte volgens de PHPP-berekening groter dan volgens de EPC-berekening. Dat is niet verwonderlijk aangezien de PHPP-berekening zich uitsluitend richt op de warmtebehoefte, in tegenstelling tot de EPC-berekening.
- De daling van de warmtebehoefte is waar te nemen bij zowel de variant met HR⁺⁺ beglazing als de variant met verbeterde ramen (triple glas / geïsoleerd kozijn).
- Het verschil in warmtebehoefte tussen de doorgerekende woningtypen wordt kleiner naarmate de schil beter wordt geïsoleerd.

5.3 Koudebehoefte

De koudebehoefte van een woning is bepaald op basis van de uitkomsten uit de EPC-berekening; deze is afhankelijk van de warmteweerstand van de uitwendige scheidingsconstructies.

Op basis van de rekenresultaten uit hoofdstuk 3 kan het volgende worden geconcludeerd:

- De koudebehoefte is substantieel lager dan de warmtebehoefte;
- De koudebehoefte wijzigt marginaal bij aanpassing van de warmteweerstanden;
- De koudebehoefte daalt als de warmteweerstand van de begane grondvloer wordt verlaagd;
- De koudebehoefte verandert vrijwel niet op het moment dat de warmteweerstand van de gevel wordt aangepast.
- De koudebehoefte daalt als de warmteweerstand van het dak wordt verhoogd.

5.4 Conclusie

In dit onderzoek is de warmte- en koudebehoefte van woningen beoordeeld bij verschillende isolatiewaarden van de gebouwschil. Referentie daarbij was de beoogde aanscherping van de eis aan thermische isolatie in het Bouwbesluit naar een R_c van $5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$. Tevens is aangesloten bij eerder onderzoek waarbij geadviseerd is de eis aan de warmteweerstand van vloer en gevel te beperken tot respectievelijk $3,5$ en $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Uit de vergelijkingen blijkt dat door het verbeteren van de thermische isolatie de warmtebehoefte daalt. De koudebehoefte, die significant lager dan is de warmtebehoefte, wijzigt marginaal bij aanpassing van de warmteweerstand.

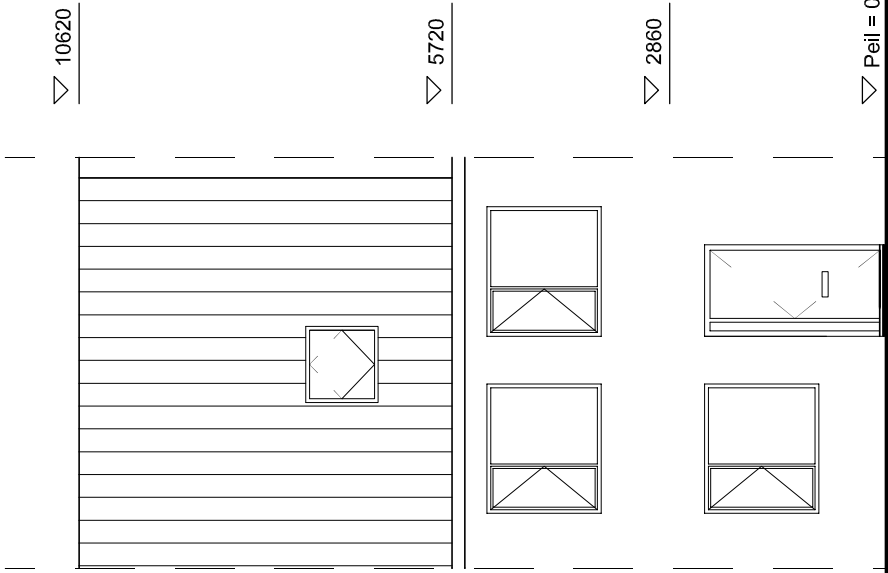
Uit de vergelijkingen blijkt dat bij differentiatie van de eis aan de R_c een warmteweerstand van $8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor het dak nodig is om voor alle beschouwde woningtypen te komen tot een gelijke of lagere warmtebehoefte dan het basisconcept van $5,0 / 5,0 / 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$. Daarbij is uitgegaan van de bepalingmethode volgens de Energieprestatieberekening, NEN 7120+C2;2012 Energieprestatie van gebouwen, die gebaseerd is op NEN1068+A5;2008. Wanneer de warmtebehoefte wordt bepaald volgens het PHPP-rekenmodel dan zijn nog hogere warmteweerstanden benodigd.

Afhankelijk van het woningtype kan volgens de EPC-berekening met een iets lagere warmteweerstand van het dak worden volstaan, te weten $7,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ of $6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor respectievelijk de twee-onder-een kapwoning en de tussenwoning, bij een R_c van $3,5$ en $4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor vloer en gevel. Daarmee zijn voor deze woningtypen de warmteverliezen toereikend om gelijkwaardig te zijn aan de warmtebehoefte van een concept met $5,0 / 5,0 / 5,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor vloer / gevel / dak.

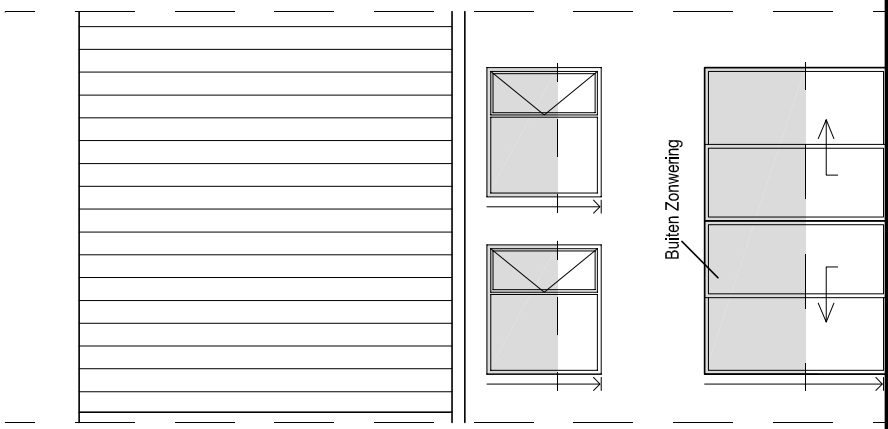


Bijlage 1

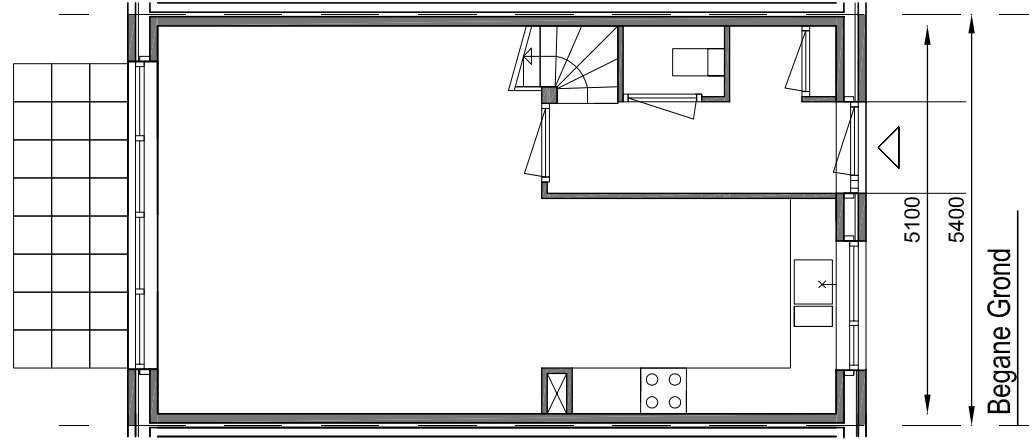
Tekeningen referentiewoningen



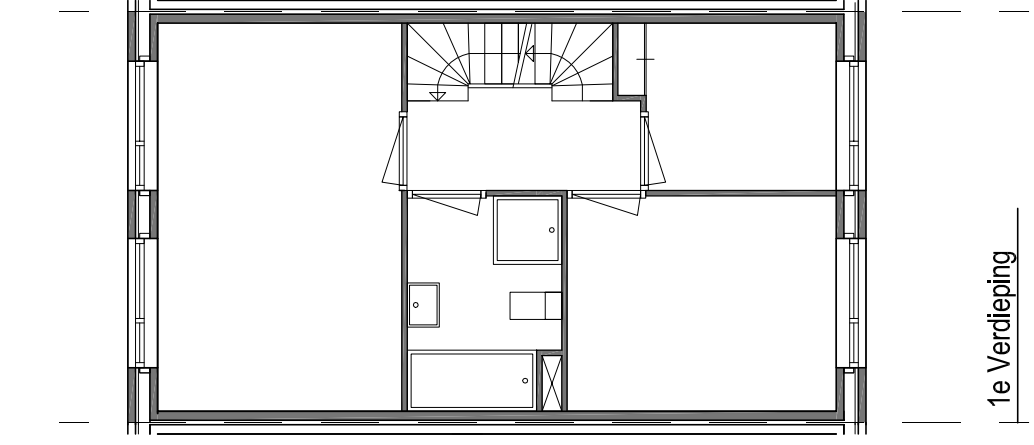
Noordgevel



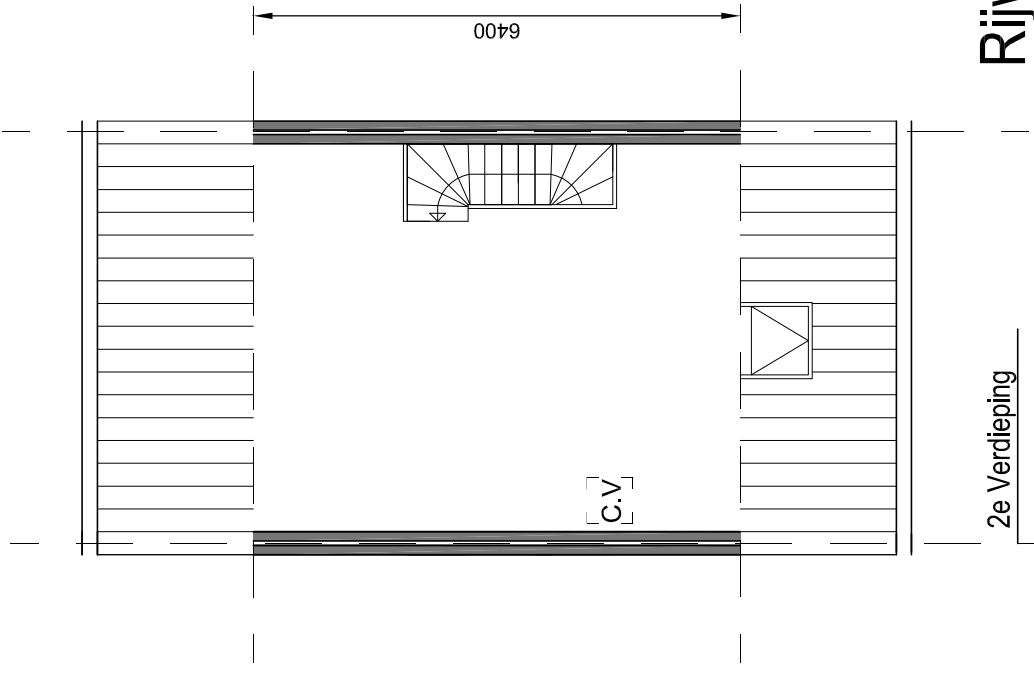
Zuidgevel



Begane Grond



1e Verdieping



2e Verdieping

Rijwoningen

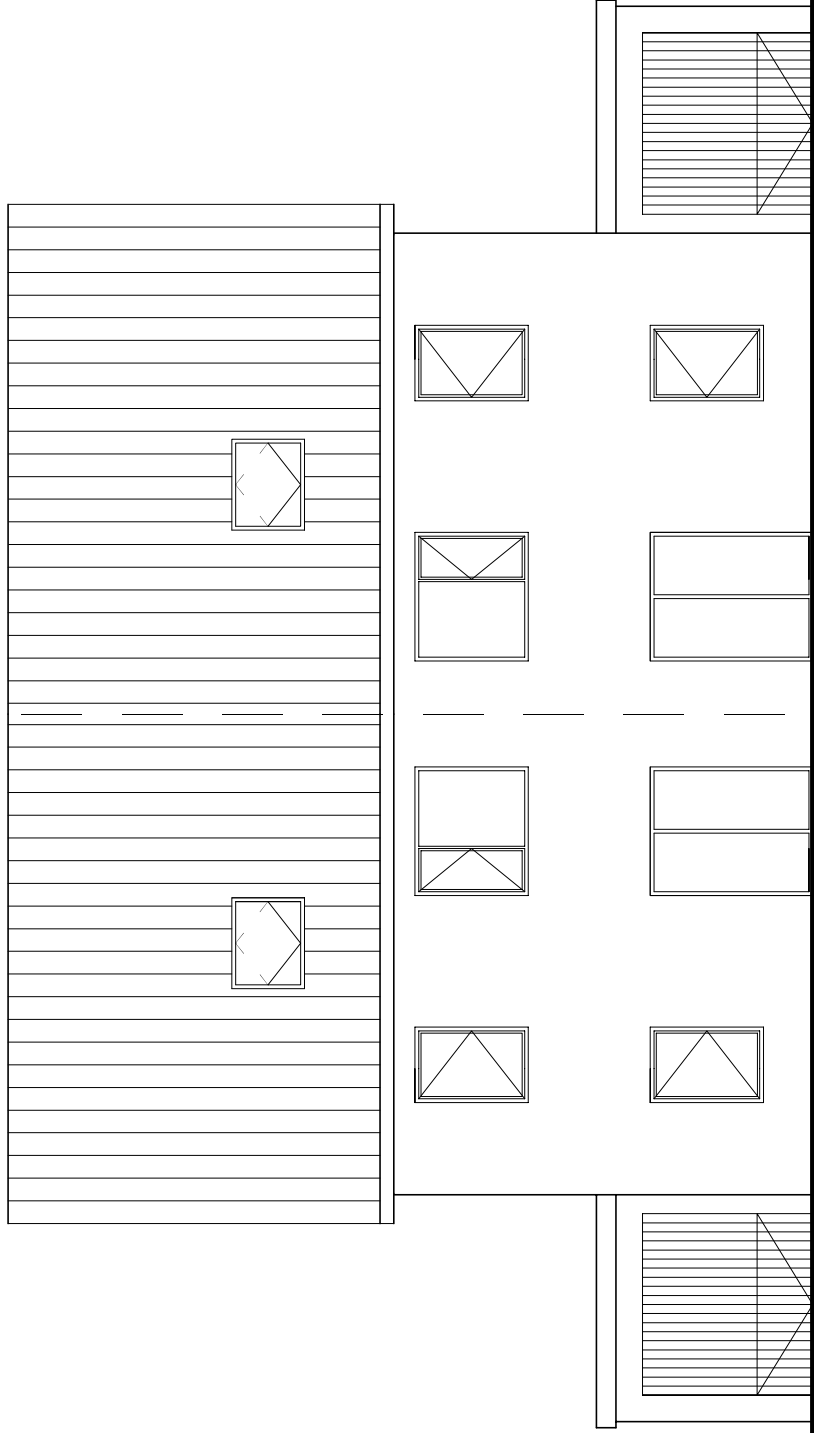
Schaal 1:100

▽ 10640

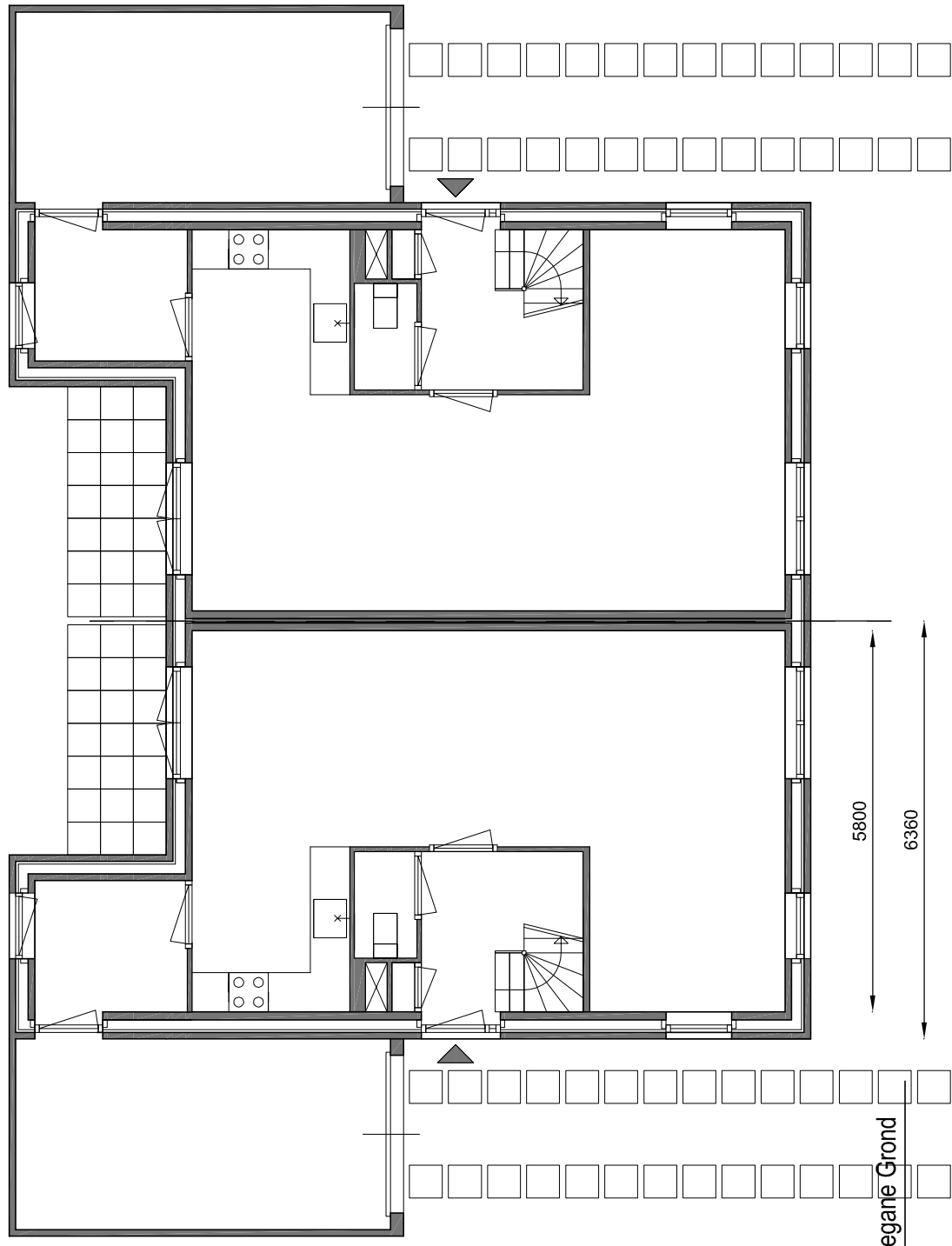
▽ 5720

▽ 2860

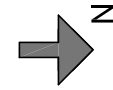
▽ Peil = 0

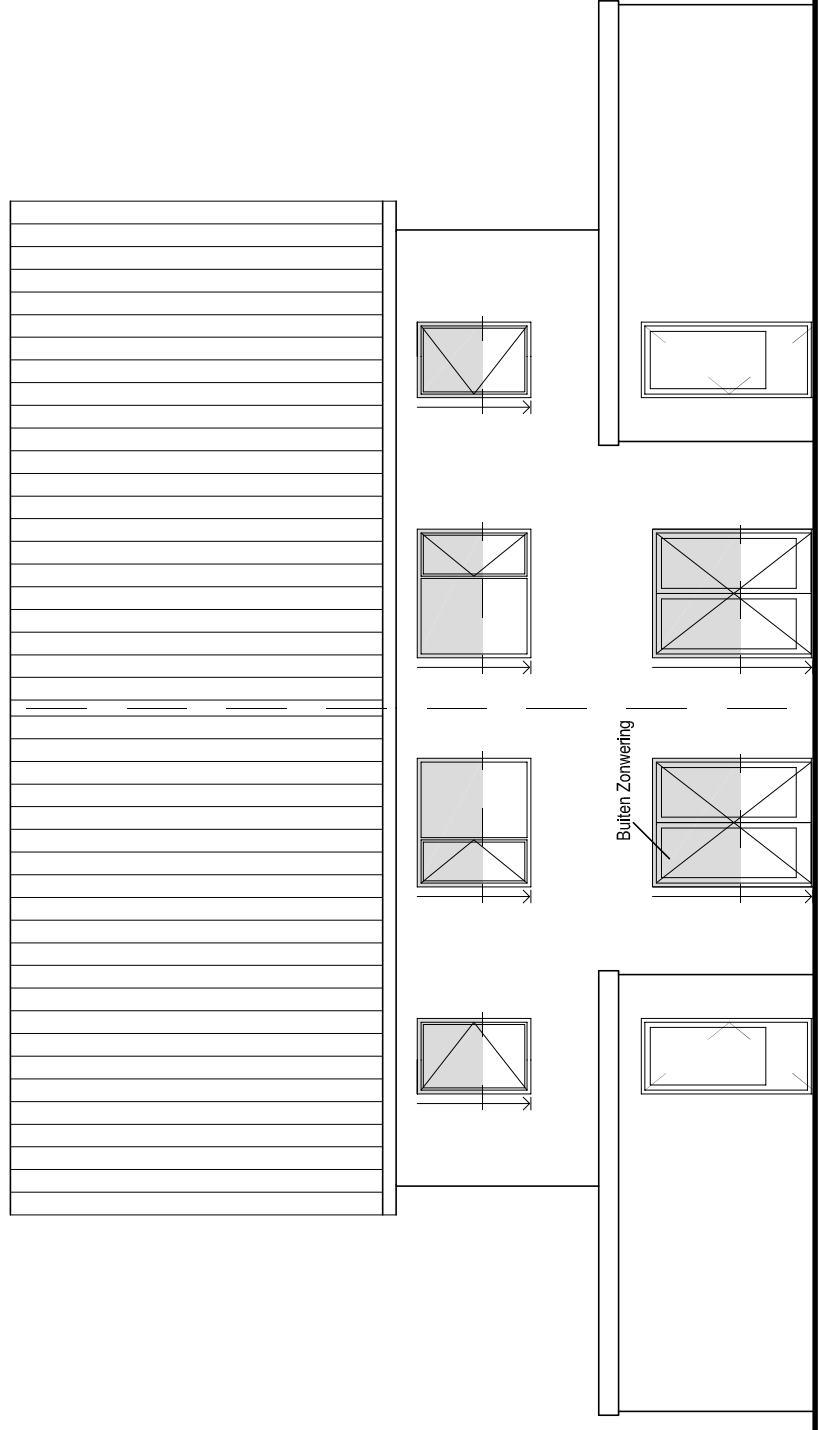


Noordgevel

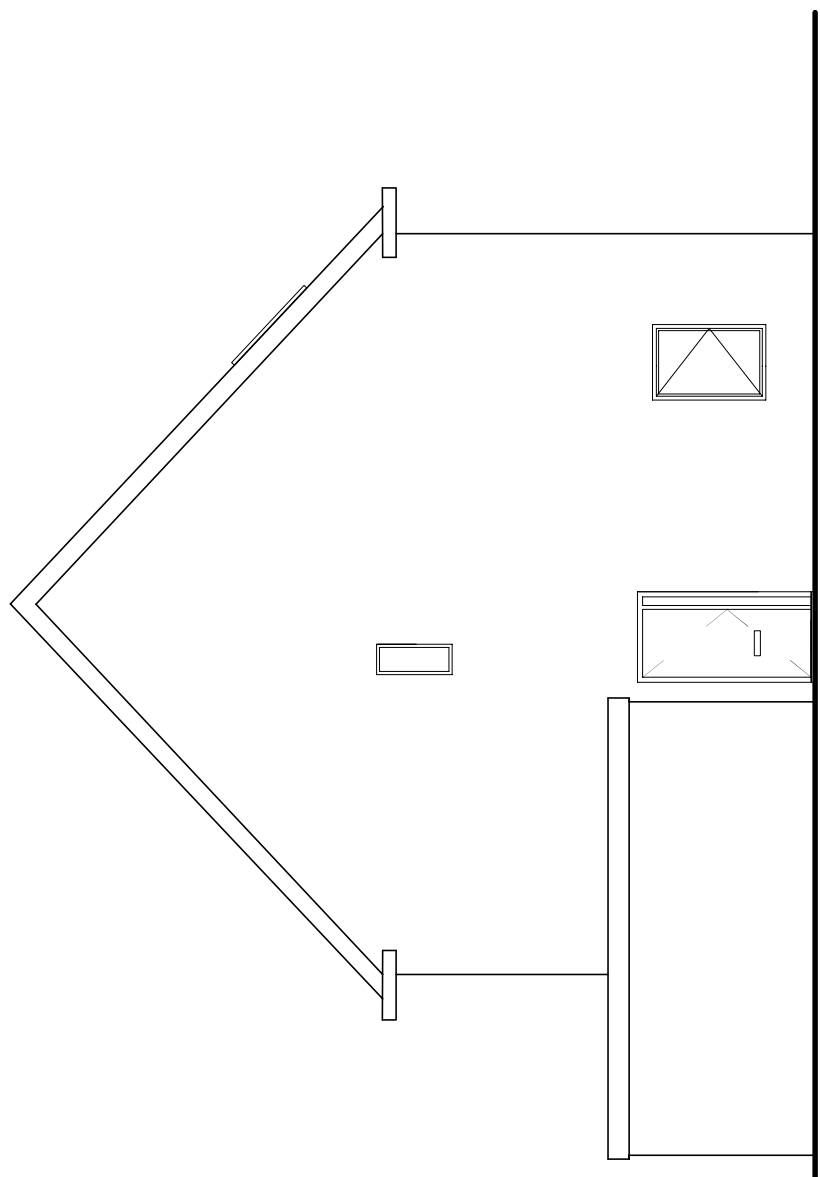


Begane Grond





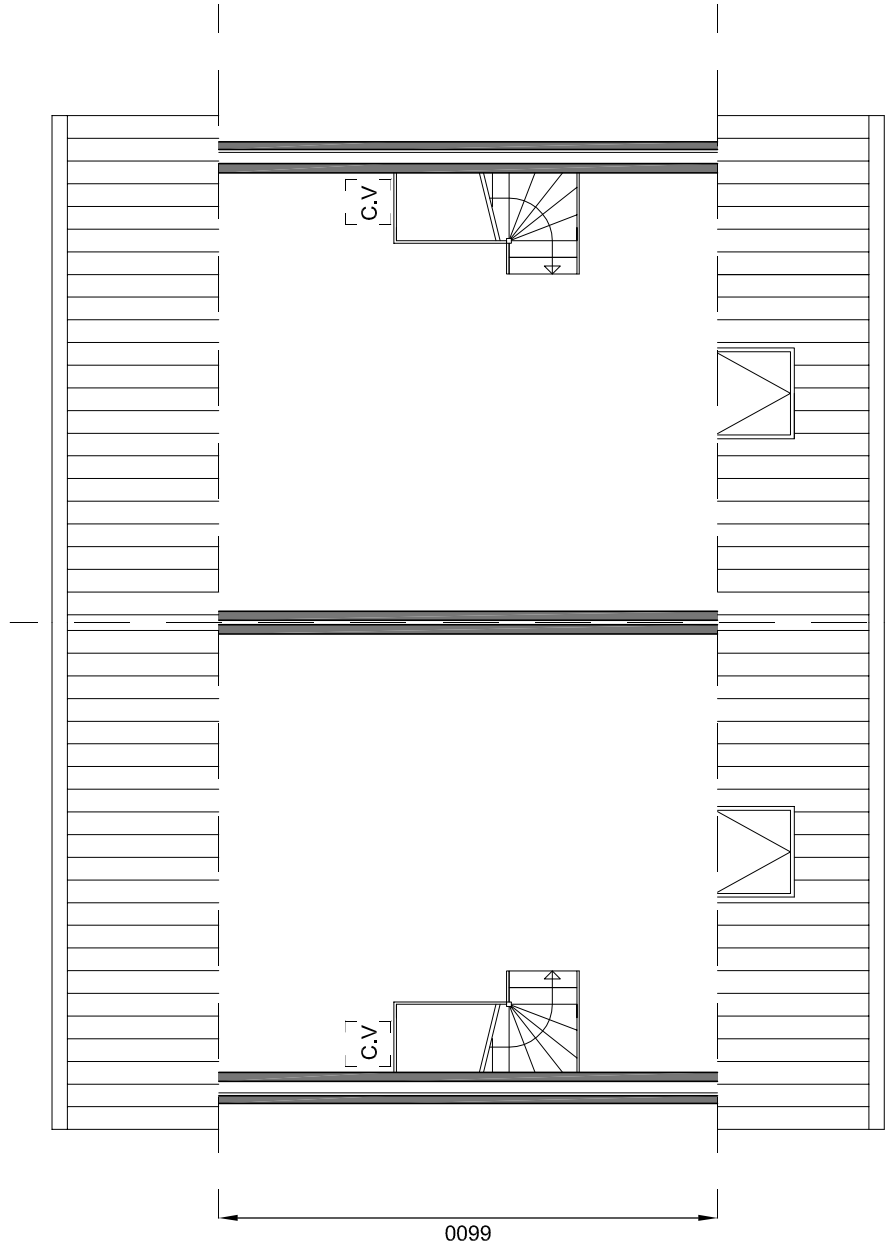
Zuidgevel



Oostgevel



1e Verdieping



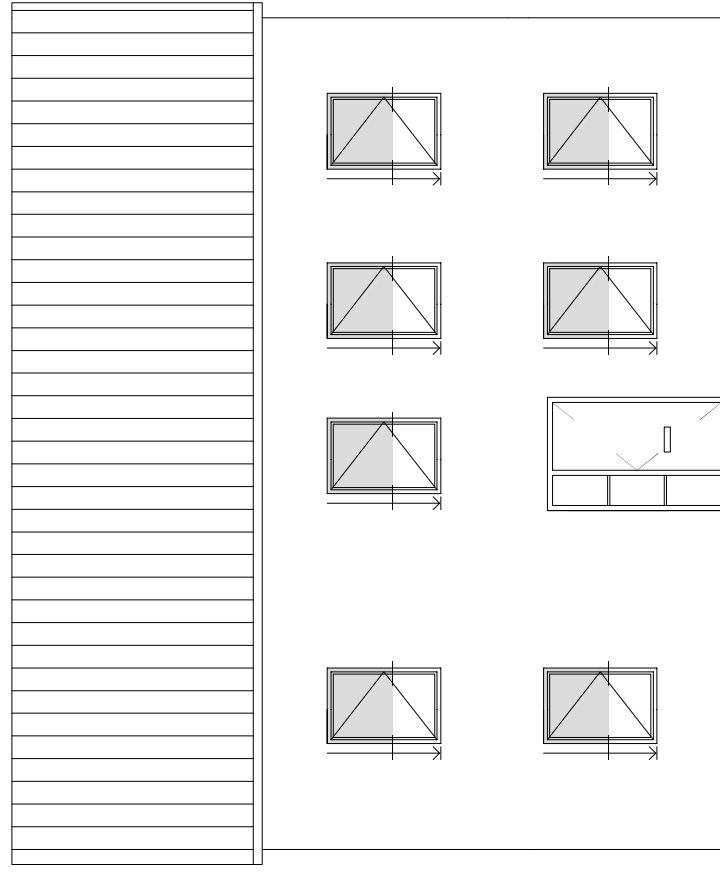
2e Verdieping

▽ 9660

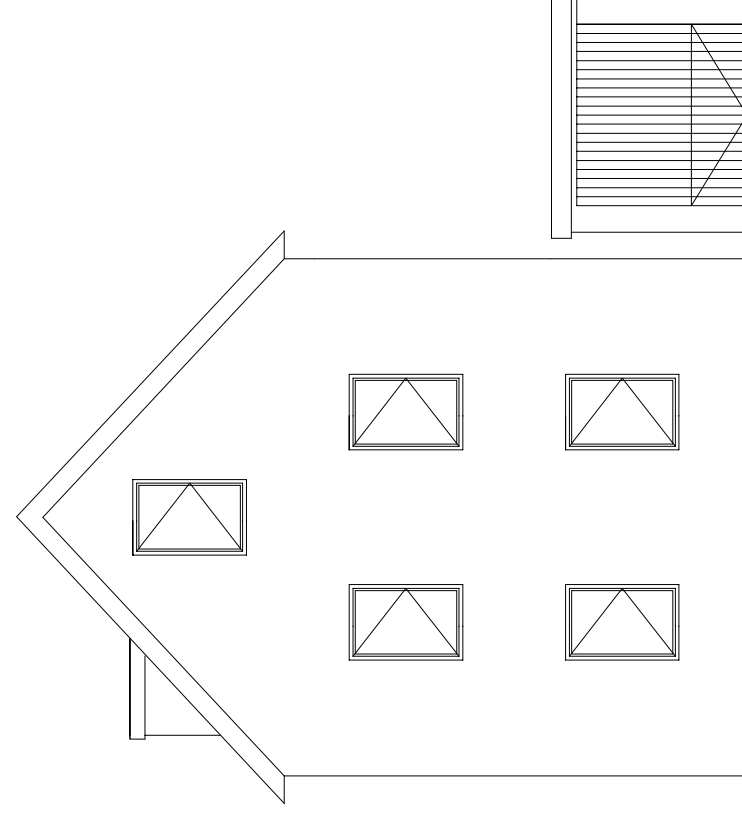
▽ 6120
▽ 5720

▽ 2860

▽ Peil = 0



Westgevel



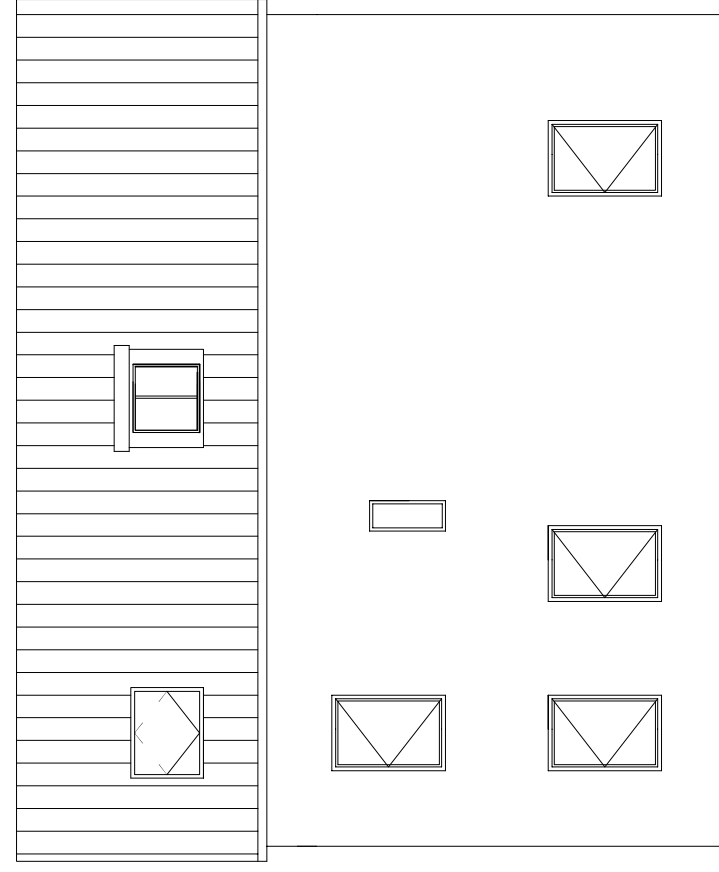
Noordgevel

▽ 9660

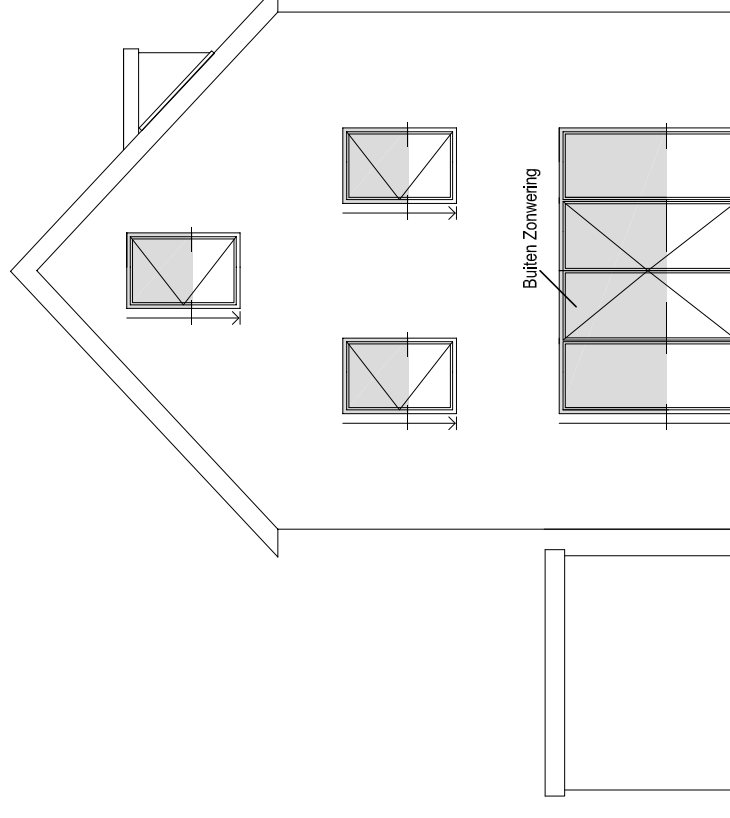
▽ 6120
▽ 5720

▽ 2860

▽ Peil = 0



Oostgevel

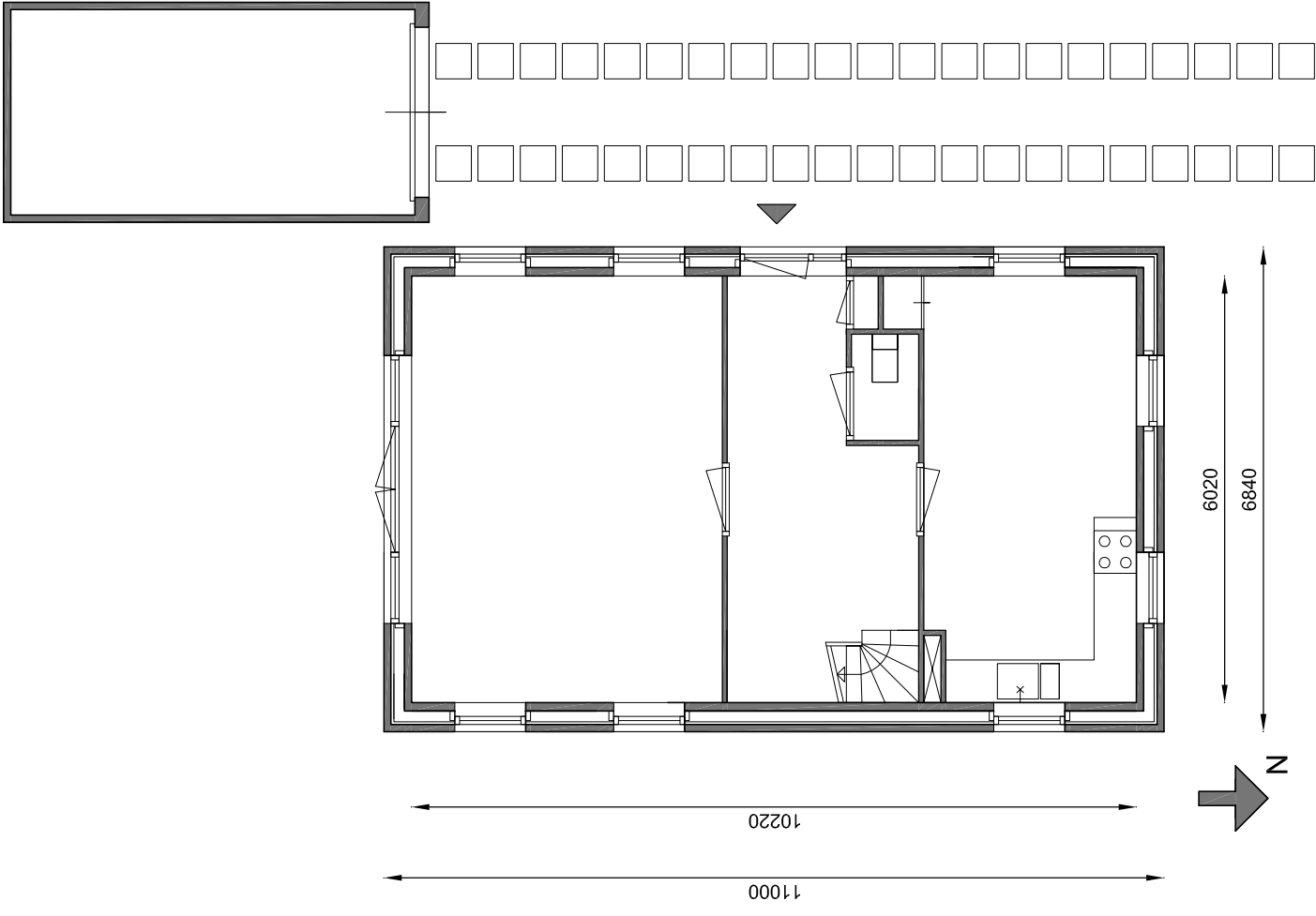


Zuidgevel

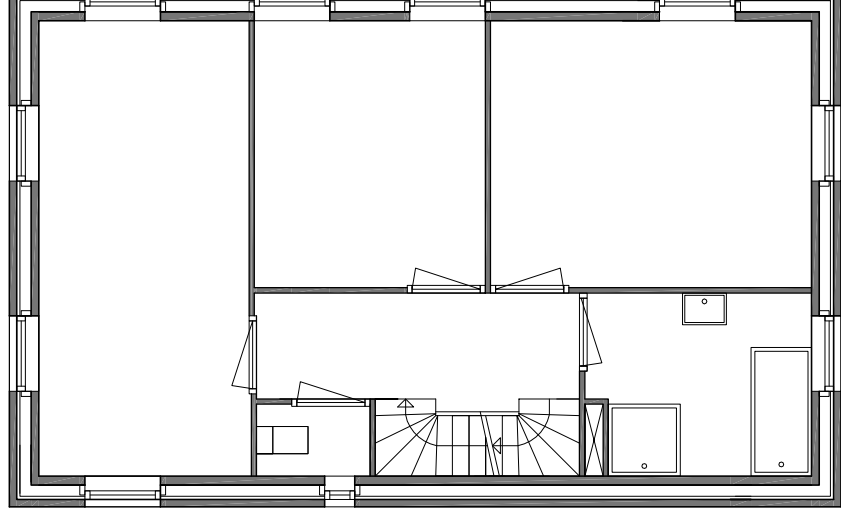
Vrijstaande Woning

Gevels

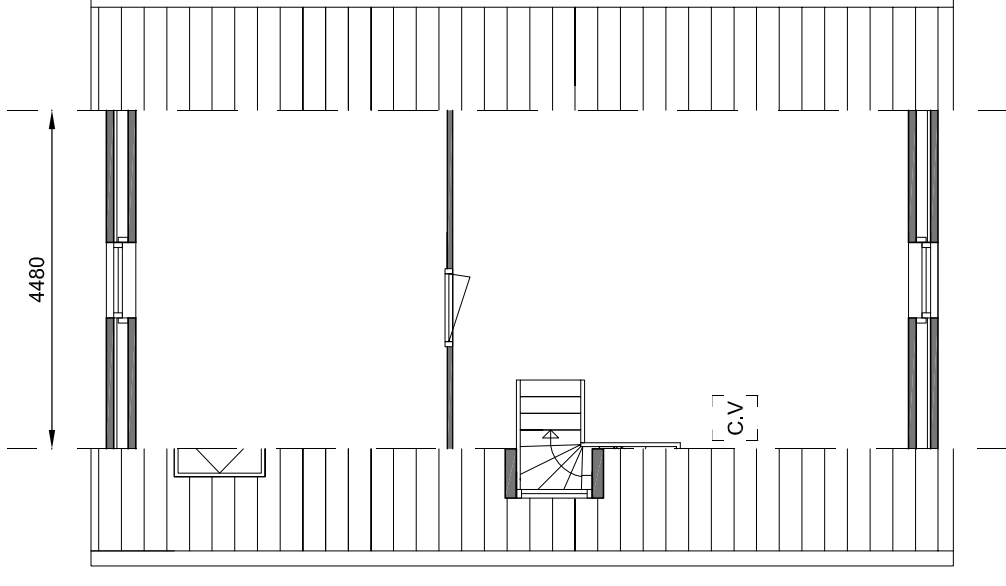
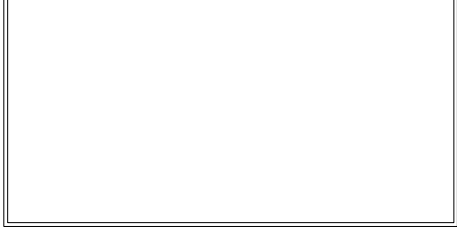
Schaal 1:100



Begane Grond



1e Verdieping



2e Verdieping



RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Utrecht

Atoomweg 400
Postbus 40217
3504 AA Utrecht
T 030-241 34 27

Vestiging Zwolle

Dr. Van Lookeren -
Campagneweg 16
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T 038-467 00 30



NI LID INGENIEURS

In 't Hart van de Bouw