

Scriptie

Kubra Peker en Ermeson Malaquias Bandeira

465230 – 488557

Het nieuwe leven van Huize Parklust

juni 2015

Afstudeerscriptie

Het nieuwe leven van Huize Parklust

Opdrachtgever

Harmonische Architectuur
Vorsterweg 139
6971 KD Voorstonden
0575 476370

Bedrijfsbegeleider

De heer Remko van de Weerd

Onderwijsinstelling

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen
Ruitenberglaan 26
6826 CC Arnhem
026 369 1555

Interne begeleiders

De heer Leo van der Kooij
mevrouw Rona Vreenegoor

Studenten

Kubra Peker - 465 230
Afstudeerrichting: Bouwtechniek

Ermeson Malaquias Bandeira - 488 557
Afstudeerrichting: Bouwtechniek

Voorwoord

Voor u ligt de afstudeerscriptie 'Het nieuw leven van Huize Parklust'. Deze is geschreven door Kubra Peker en Ermeson Malaquias Bandeira, beide student Bouwkunde aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.

Voor ons afstudeeronderzoek zijn wij op zoek gegaan naar een actueel onderwerp in de bouw. Daarnaast was het belangrijk dat het voldoende diepgang zou bieden voor onze afstudeerrichting Bouwtechniek. Duurzaamheid en renovatie zijn onderwerpen in de bouw waar veel ontwikkelingen in zijn. 'EPC=0 in 2020' sprak ons erg aan. We hebben besloten om een leegstaand monument energie-nul te renoveren. Om het project meer uitdaging te geven gaan wij een stap verder: nul op de meter.

Met dank aan Harmonische Architectuur zijn we uiteindelijk terechtgekomen bij het monument Huize Parklust in Apeldoorn.

Hierbij willen we gebruik maken van de gelegenheid om Remko van de Weerd, die ons heeft begeleid, te bedanken voor de kennis die hij met ons heeft gedeeld, voor zijn tijd, motivatie en vertrouwen in ons. Daarnaast is dank verschuldigd aan Huub Thomas voor zijn liefde voor monumenten en zijn ondersteuning. Ook zijn we de eigenaars van Huize Parklust erkentelijk voor hun gastvrijheid.

Tenslotte willen we onze begeleiders Rona Vreenegoor en Leo van der Kooij bedanken voor hun begeleiding vanuit school. Ze hebben ons verschillende inzichten gegeven met hun kritische blik en feedback.

Kubra Peker en Ermeson Malaquias Bandeira, Arnhem, juni 2015

Samenvatting

In het kader van onze afstudeeronderzoek hebben wij onderzoek gedaan naar het energie-nul (nul-op-de-meter) restaureren van een monumentale villa. Onze hoofdvraag luidt als volgt: “Hoe kan het monument Huize Parklust, tot een energie-nul villa worden gerestaureerd met behulp van Trias Energetica, waarbij de monumentale waarden worden behouden?”

Met dit onderzoek doelen we erop om het monumentale villa, Huize Parklust gelegen in Apeldoorn, een nieuwe, energie-neutraal leven te geven waarbij we de historische waarden kunnen waarborgen.

Om dit doel te behalen hebben we verschillende onderzoeken gedaan. Vanuit architectonisch oogpunt zijn de monumentale waarden van Huize Parklust bekeken. Er is een Programma van Eisen opgesteld waarin deze monumentale waarden zijn opgenomen. Er zijn bouwtechnische afwegingen gemaakt om Huize Parklust op de beste manier te restaureren. De bouwfysica van monumenten wordt geanalyseerd en een keuze voor Huize Parklust wordt gemaakt. Door Huize Parklust damp-open te isoleren wordt schade aan het monument voorkomen. Er zijn drie installatieconcepten uitgewerkt waarvan de energiebehoefte wordt berekend door middel van de software Bouwconnect. Het toepassen van een pelletkachel in combinatie met ventilatiesysteem D is energetisch de beste oplossing voor Huize Parklust. Om Huize Parklust energie-nul te maken is door ons de Nieuwe Stappenstrategie + ontwikkeld. Volgens deze strategie wordt het energievraag op verschillende manieren beperkt. Waarna de reststromen optimaal worden benut. Door een interview met de eigenaars van Huize Parklust is de gebruikersgebonden energieverbruik bepaald. Op verschillende manieren wordt het energie op het eigen terrein opgewekt door middel van zonne-energie zonder dat de monumentale waarden worden aangetast.

Er is een EPC van -0,07 behaald. Het gebouwgebonden- en gebruikersgebonden energieverbruik bedragen samen 12404 kWh. Er wordt 13284 kWh aan energie opgewekt.

Bij dit onderzoek is het financiële plaatje buiten beschouwing gelaten. Dit zou een vervolgonderzoek kunnen zijn voor Huize Parklust.

Summary

Our graduation research is concerned with the restoration of a monumental villa with a specific focus on a concept of energy-zero (zero on the meter). Our main question is: ‘How to restore the monument Huize Parklust by implying the concept of Trias Energetica, while preserving the monumental values of the object?’.

The aim of the research is preserve the monumental values of the Huize Parklust in Apeldoorn by means of implementing a new way of dealing with energy, which results in a energy-neutral building.

The research is compiled out of several parts, which support the main goal of the research. From an architectural perspective the monumental values of Huize Parklust are analyzed accordingly which is developed into a design brief. To provide for the best way of restoration, research and elaboration on the building techniques are a crucial part of the research scope, which in turn provides the necessary technical information on the building physics. After eliminating the crucial data, the application of a moisture-open isolation is determined to prevent any damage on the monument. Three installation concepts are elaborated on and the need of energy is calculated by application of the Bouwconnect software. Concerning the energy use, the application of the ‘pelletkachel’ in combination with D-ventilation proves to be the best solution of Huize Parklust. To bring the energy consumption of the monument to zero, in accordance with the main goal, the ‘Nieuwe Stappenstrategie +’ is developed. By means of this new strategy the demand for energy is decreased in multiple ways and the waste streams are utilized. By means of interviews with the owners of Huize Parklust, the user specific energy consumption is determined. Energy is generated on site by use of solar power without damaging the monumental value of the monument.

Eventually an EPC-value of -0,07 is achieved. The total energy consumption of the building and the users is 12404 kWh, whilst a value of 13284 kWh is generated.

The financial aspect of the restoration project is not considered within the frame of investigation. Elaboration on this aspect of the challenge could be a part of further research on the energy neutral development of Huize Parklust.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
1.1	Opbouw onderzoek.....	5
1.2	Opbouw scriptie.....	5
1.3	Aanleiding.....	5
2	Afstudeeropdracht.....	6
2.1	Centrale onderzoeksvraag.....	6
2.2	Deelvragen.....	6
2.3	Doelstelling.....	6
2.4	Projectgrenzen.....	6
3	Huize Parklust.....	7
3.1	Huize Parklust van 1897 tot nu.....	7
3.2	Veranderingen Huize Parklust.....	8
3.3	Monumentale waarden van Huize Parklust.....	9
4	Programma van Eisen	11
5	Vooronderzoek	13
5.1	Monumenten.....	13
5.1.1	Wat is een monument?.....	13
5.1.2	Waarom een leegstaand monumentaal gebouw?.....	13
5.2	Energie-nul concept	13
5.2.1	Definitie van Energie-nul.....	13
5.2.2	Waarom Energie-nul?.....	13
5.3	Restauratie concepten	14
5.3.1	Passief bouwen.....	14
5.3.2	WarmBouwen.....	14
5.3.3	Urgenda.....	14
5.3.4	Comfort+ (doos-in-doos).....	14
5.3.5	Concept Huize Parklust.....	14
5.4	Trias Energetica.....	15
5.4.1	Definitie van Trias Energetica.....	15

5.4.2	Trias Energetica en Energie-nul.....	15
5.4.3	De Nieuwe Stappenstrategie +.....	15
5.5	Duurzaamheid	15
5.5.1	NIBE.....	15
5.5.2	Milieuklasse.....	16
6	Ontwerpfase	17
6.1	Restauratie	17
6.1.1	Damp-dicht of damp-open bouwen	17
6.1.2	Materiaalstudie	19
6.1.3	Dakopbouw	21
6.1.4	Buitenwanden	23
6.1.5	Binnenwanden.....	24
6.1.6	Ramen.....	25
6.2	Installatieconcepten	26
6.2.1	Installatieconcept 1 – Hybride warmtepomp.....	27
6.2.2	Installatieconcept 2 – Combi warmtepomp	27
6.2.3	Installatieconcept 3 – Pelletkachel	27
6.2.4	Installatiekeuze.....	27
6.2.5	De Nieuwe Stappenstrategie +.....	28
6.2.6	Definitieve installatie.....	30
6.3	Energie-nul	32
6.3.1	Gebouwgebonden energieverbruik.....	32
6.3.2	Gebruikersgebonden Huize Parklust	32
6.3.3	Energieopwekking voor huize Parklust.....	32
7	Energie-nul monument Huize Parklust	35
	Conclusie.....	36
	Aanbevelingen	37
	Bijlagen	38
	Bronvermelding	39

1 Inleiding

In dit rapport is het resultaat van ons afstudeeronderzoek beschreven, betreffende het energie-nul restaureren van het gemeentelijk monument Huize Parklust.

1.1 Opbouw onderzoek

We zijn ons onderzoek gestart met het bezichtigen en onderzoeken van Huize Parklust. Allereerst zijn de monumentale waarden en karakteristieke eigenschappen vastgesteld. Deze zijn van groot belang bij het restaureren van Huize Parklust. De monumentale waarden, het bouwbesluit en onze eigen uitgangspunten, gericht op een energie-nul monument, hebben ons Programma van Eisen gevormd.

We hebben bouwtechnische keuzes gemaakt. De belangrijkste eis die we daarbij hebben gesteld is dat de monumentale waarden behouden dienen te blijven. Daarbij hebben we gekeken naar de materiaalkeuzes, de wijze van isoleren en detaillering. Daarna hebben we bouwfysische berekeningen uitgevoerd.

Vervolgens hebben we Huize Parklust installatietechnisch aangepakt. We hebben onderzocht welke installatie het meest geschikt is. Dit hebben we gedaan aan de hand van EPG berekeningen. De gekozen installatie is vervolgens uitgewerkt volgens de Nieuwe Stappenstrategie +¹.

Als laatste stap, om Huize Parklust werkelijk energie-nul te realiseren, hebben we gekeken naar de mogelijkheden om duurzame energie op te wekken.

1.2 Opbouw scriptie

In het rapport wordt allereerst een korte toelichting gegeven op de aanleiding van dit onderzoek, wat leidt tot het definitieve afstudeeronderzoek en de bijbehorende deelvragen, gevolgd door onze doelstellingen en projectgrenzen. Vervolgens zult u kennismaken met het bijzondere monument van de architect Cornelis Marinus Gardenier, Huize Parklust.

Op basis van de monumentale waarden van Huize Parklust worden de eisen van het project beschreven.

Vervolgens zullen we in het vooronderzoek de belangrijkste onderwerpen, zoals monumenten, restauratiemethoden, het energie-nul concept, trias-energetica en duurzaamheid onderzoeken.

Het vooronderzoek wordt gevolgd door de ontwerpfase waarin alternatieven en variantenstudies tegen elkaar worden afgezet en bouwtechnische keuzes worden gemaakt. De bouwtechnische keuzes worden vervolgd door de installatietechnische keuzes.

1.3 Aanleiding

Monumenten zijn van algemeen belang vanwege de cultuurhistorische waarden voor Nederland. Maar liefst 1,5% van alle gebouwen in Nederland hebben de monumenten status. Er heerst echter een grote leegstand en er staat 2.000.000 m² aan monumentale ruimte leeg². Op dit moment zijn de gebouwen in de EU goed voor 40%³ van het totale energieverbruik. Er komen grote hoeveelheden CO₂ vrij in de atmosfeer die tot klimaatveranderingen leiden.

Gebouwen uit de 19^e eeuw zijn niet geïsoleerd. Het warmteverlies is enorm en er is veel energie nodig om die gebouwen warm te houden. Dit zorgt voor hoge verwarmingskosten en veel CO₂- uitstoot met leegstand als gevolg. Als een monument zijn functie verliest en leeg komt te staan zijn er vanwege de hoge kosten die gepaard gaan met het gebruik ervan minder makkelijk nieuwe gebruikers te vinden. Daardoor staan er relatief veel monumenten leeg.

Het dilemma tussen het cultuurhistorische belang van monumenten en de leegstand heeft geleid tot dit onderzoek.

¹ De Nieuwe Stappenstrategie wordt nader toegelicht in Hoofdstuk 5.4.

² Verslag van het Nationaal Programma Herbestemming, voorjaar 2012.

³ Infoblad Energieneutraal bouwen: Definitie & Ambitie, Agentschap NL.

2 Afstudeeropdracht

2.1 Centrale onderzoeksvraag

Naar aanleiding van ons vooronderzoek naar leegstaande monumenten en de CO₂-uitstoot, is de volgende onderzoeksvraag ontstaan: “Hoe kan het monument Huize Parklust, tot een energie-nul villa worden gerestaureerd met behulp van Trias Energetica, waarbij de monumentale waarden worden behouden?”

2.2 Deelvragen

Deelvraag 1: “Waarom is Huize Parklust een monument en wat zijn de monumentale waarden van Huize Parklust?”

Deelvraag 2: “Hoe kan het gemeentelijk monument Huize Parklust gerestaureerd worden tot de oorspronkelijke staat, waarbij het voldoet aan de nieuwe bouwkundige- en gebruikerseisen en de monumentale waarden behouden blijven?”

Deelvraag 3: “Hoe kan Huize Parklust duurzaam gerestaureerd worden met de ontwerpmethode Trias Energetica?”

Deelvraag 4: “Hoe kan Huize Parklust gerealiseerd worden als een energie-nul (nul op de meter) villa?”

2.3 Doelstelling

De doelstelling van dit project is het leegstaande monumentale gebouw een nieuw leven te geven en het waarborgen van de historische waarden, aangevuld met duurzame aspecten waarbij het energie-nul concept wordt toegepast. Daarnaast willen we een bijdrage leveren aan het comfort, leef- en woonkwaliteit. Met energie-nul doelen wij op nul op de meter. Hiervoor dient zowel het gebruikersgebonden als het gebouwgebonden energieverbruik duurzaam te worden opgewekt.

Met ons onderzoek willen we aantonen dat monumenten, die gezien worden als ‘lastige’ gebouwen, ook duurzaam gemaakt kunnen worden en dat hun reeds lange levensduur nog verder verlengd kan worden.

2.4 Projectgrenzen

Twintig weken is een korte tijd om een volledig project van zo een grote omvang te kunnen uitwerken. Daarom hebben we ervoor gekozen om enkele onderdelen uit te sluiten of slechts globaal te benaderen.

Architectonische aspecten: Beiden hebben we de afstudeerrichting Bouwtechniek. Daarom kiezen we ervoor om geen nieuw ontwerp te maken en het bestaande ontwerp van Harmonische Architectuur te gebruiken. We maken geen architectonisch terreinontwerp. Uiteraard schenken we wel aandacht aan de monumentale waarden van het gebouw. De omgevingswaarden laten we buiten beschouwing.

Organisatorische aspecten: Er worden geen financiële afwegingen gemaakt. Eveneens wordt er geen begroting gemaakt. Uitvoeringstechnische onderdelen zoals een bouwplanning laten we buiten beschouwing. Wel gaan we in op de uitvoerbaarheid van de details.

Bouwtechnische aspecten: We maken uitsluitend details van de kritieke punten. Daglicht- en geluidberekeningen laten we achterwege. Evenmin maken we uitgebreide installatietekeningen. Wel houden we rekening met de uitvoerbaarheid en regelgeving.

Constructieve aspecten: We maken geen constructieve berekeningen en afwegingen.



Figuur 1. Harmonische Architectuur

3 Huize Parklust

Huize Parklust, gelegen aan het Wilhelminapark 7 in Apeldoorn, is ontworpen door architect Cornelis Marinus Gardenier, en gebouwd in 1897. Huize Parklust is een gemeentelijk monument⁴ dat zich bevindt in de Parkenbuurt. De Parkenbuurt is sinds 2005 een beschermd stadsgezicht. Gardenier heeft Huize Parklust ontworpen als woonhuis voor de burgemeester van Apeldoorn, Tutein Nolthenius. Huize Parklust is een belangrijk monument in Apeldoorn. Het is een beeldbepalend bouwwerk in

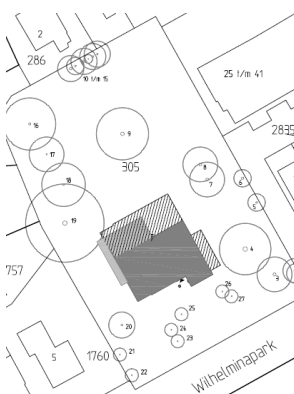
de Parkenbuurt. Redenen hiervoor zijn de grote cultuurhistorische waarde van het park, maar ook de architectonische kwaliteiten van de gebouwen. Huize Parklust is hier ook een onderdeel van. Andere belangrijke aspecten zijn dat Huize Parklust de woning is geweest van burgemeester Tutein Nolthenius en omdat het een werk is van de architect Gardenier. De Parkenbuurt bevat meerdere werken van C.M. Gardenier. Alleen al aan het Wilhelminapark zijn er drie bouwwerken van Gardenier te vinden.



Figuur 2. C.M. Gardenier



Figuur 6. Ligging Huize Parklust



Figuur 4. Situatietekening

⁴ In hoofdstuk 4.1 worden monumenten nader toegelicht.

3.1 Huize Parklust van 1897 tot nu



Figuur 5. Huize Parklust 1946

Huize Parklust dat gebouwd is voor de burgemeester Tutein Nolthenius doet in de begin jaren dienst als woonhuis. De tijden veranderen echter. Een grote villa als Huize Parklust is financieel niet meer te bekostigen als woonhuis en krijgt de functie van meisjesinternaat. Huize Parklust was tot de jaren '80 van de vorige eeuw een thuis voor tientallen meisjes. Vervolgens werd het COA (Centraal Orgaan opvang Asielzoekers) de nieuwe eigenaar van Huize Parklust. Huize Parklust werd nu een thuis voor asielzoekers. Tot 2013 behield Huize Parklust deze functie en kwam vervolgens leeg te staan.



Figuur 3. Huize Parklust 1946

In 2014 trekt Huize Parklust de aandacht van een gezin uit Apeldoorn. Het gezin van vijf is op zoek naar een ruime, bijzondere woning in de buurt van hun toenmalige woonlocatie, de Parkenbuurt. Ruim is Huize Parklust absoluut. Inclusief alle aanbouwen die in de loop der jaren zijn toegevoegd heeft Huize Parklust een bruto vloeroppervlakte van 897 m². Tot de conclusie dat Huize Parklust een bijzonder gebouw is, komt het gezin na het zien van de historische foto's (figuur 5 en 6). Door de jaren heen is er echter veel veranderd aan Huize Parklust. Het Apeldoornse gezin besluit om het gemeentelijke monument te restaureren en de verloren monumentale waarden terug te winnen.



Figuur 7. Huize Parklust 2014

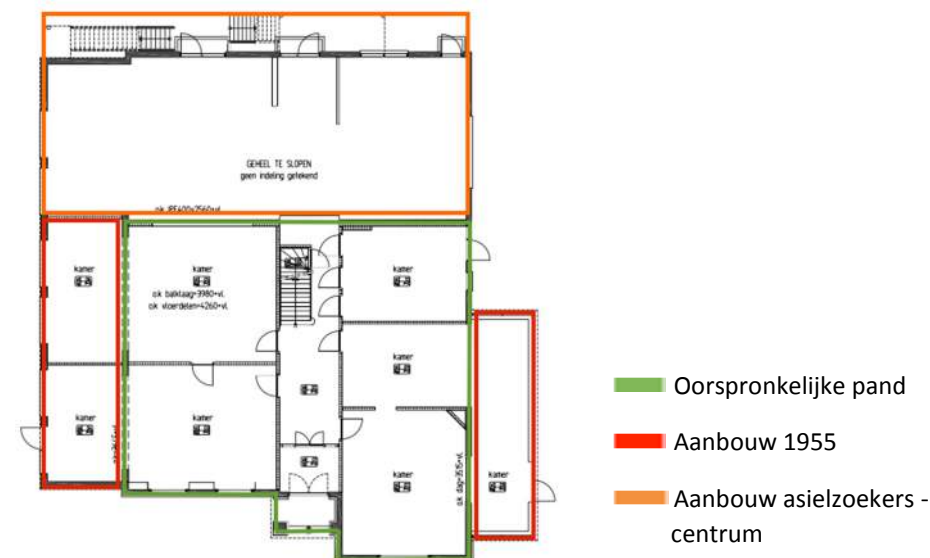
3.2 Veranderingen Huize Parklust

Huize Parklust heeft door de jaren heen veel verschillende bewoners gehad en veranderingen doorgemaakt. Er zijn geen tekeningen en foto's beschikbaar van de oorspronkelijke aanleg uit 1897. Er zijn wel tekeningen en foto's uit 1955, maar toen was er al veel aan het gebouw veranderd.

Uit de tekeningen uit 1955 kan opgemaakt worden dat er een aanbouw is gebouwd aan de linkerzijgevel en een serre aan de rechterzijgevel. Ook zijn er voorzieningen zoals brandtrappen toegevoegd. Er is niet alleen aangebouwd, ook zijn er veel waardevolle aspecten gesloopt, zoals de beeldbepalende dakkapellen aan de voorgevel, het tuitstuk met pinakel die de voorgevel bekroonden en de vele persiënnes.

Het metselwerk is door de jaren heen meerdere malen overgesausd waardoor veel karakteristieke eigenschappen, zoals de mozaïektegels in de boogvelden boven de vensters van de villa, verloren zijn gegaan. Het glas is op veel plekken dicht geschilderd ten behoeve van een verlaagd plafond.

Het dak is aan de achterzijde ongeveer acht meter verlengd na alle verbouwingen. De originele kap bestaat uit Penrhyn leien uit Wales en is gedekt in Maasdekking. Bij het aanbouwen van het verlengde deel van de kap is gebruikgemaakt van een andere kleur leien die bovendien in contrasterende Rijndekking zijn aangebracht.



Figuur 8. Plattegrond 1e verdieping

3.3 Monumentale waarden van Huize Parklust

Een woonhuis voor een burgemeester mocht in de jaren '90 van de negentiende eeuw iets uitbundiger zijn dan een normale villa. Gardenier heeft dit ook gedaan bij Huize Parklust. Huize Parklust is voorzien van een betonnen vloerafsluiting. Dit werd destijds slechts toegepast bij bijzondere gebouwen die wat meer mochten kosten dan normaal.

Gardenier heeft kenmerkende eigenschappen van de neorenaissance toegepast in zijn ontwerp. Voorbeelden hiervan zijn de tuitgevel met een tuitstuk, speklagen en waterlijsten, natuurstenen gevelstenen, pilasters en bogen boven vensters.

Huize Parklust bevatte diverse monumentale waarden die verloren zijn gegaan en gerestaureerd moeten worden naar de oorspronkelijke staat.

Er mogen geen ingrepen gedaan worden die negatief beeldbepalende gevolgen hebben voor de gevels. Van de bestaande achtergevel zijn geen gegevens beschikbaar. Daarom gelden er geen eisen voor de achtergevel. Wel dient deze uitgevoerd te worden in harmonie met de rest van de villa.



Figuur 12. Monumentale raam voorgevel

Huize Parklust bevat indrukwekkende grote ramen op de begane grond. Op de eerste verdieping zijn er kleinere glasoppervlakten en zijn er verticale roeden toegepast. De kozijnen van de contragewicht schuiframen in de voorgevel moeten worden behouden. De kozijnen die vervangen worden vanwege de bouwkundige staat, dienen uitgevoerd te worden in dezelfde detaillering en materialisering. De kozijnen in de voorgevel zijn voorzien van enkelbladig getrokken glas. Deze zijn van monumentaal belang.

Dit geldt ook voor de dakleien. Het dak is gedekt met grijs-paarse Penrhyn leien uit Wales. Deze zijn van monumentaal belang en moeten worden behouden.

Huize Parklust bevat terugliggend tegelmozaïek onder de segmentbogen boven de ramen. Deze moeten hersteld worden. De beschadigde tegels moeten vervangen worden in dezelfde detaillering, materialisering en kleur.

Het metselwerk moet gerepareerd worden in dezelfde kleur en materialisatie. Er is sprake van een snijvoeg. Ook is de kleur van de voegen van belang. Ter plaatse van de segmentbogen, onder de waterlijsten en gootsteen hebben de voegen een rode kleur. Het overige voegwerk is grijs. De aanzet- en sluitstenen, waterlijsten, lateien en frieslijsten zijn van wit gepleisterd.



Figuur 9. Penrhyn leien

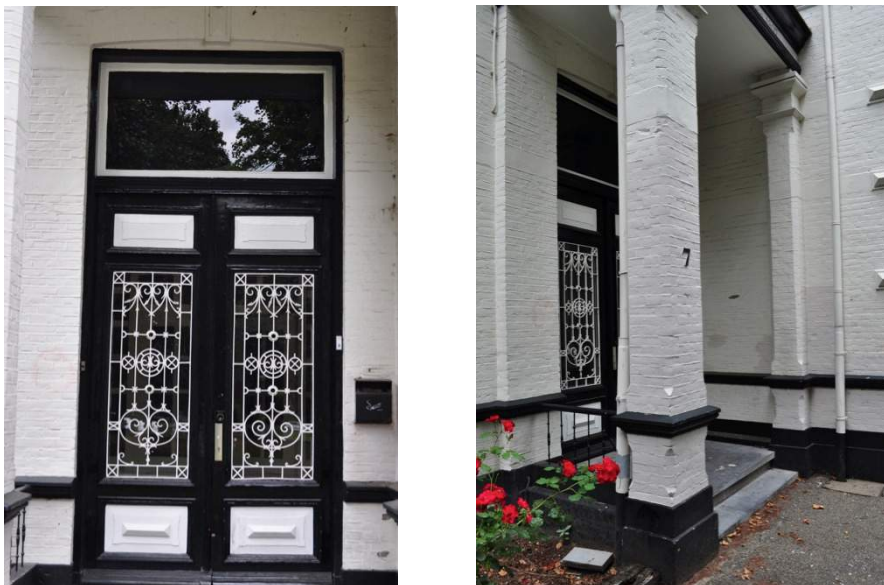


Figuur 10. Mozaïektegels onder segmentboog



Figuur 11. Snijvoeg

Het tuitstuk met pinakel dient hersteld te worden in de oorspronkelijke vormgeving. De persiënnes op de begane grond en op de verdieping dienen hersteld te worden in de oorspronkelijke kleur en vormgeving. De bijzondere dakkapellen aan de voorzijde van het dak dienen teruggeplaatst te worden in het oorspronkelijke uiterlijk. Deze kenmerken zijn te zien op de historische foto's (figuur 5 en 6).



Figuur 13. Voordeur met pilaster

De indrukwekkende grote voordeur en de vestibule van Huize Parklust dienen behouden te worden. Behalve de vestibule in de entree en het trappenhuis is er binnen het gebouw bijna niets meer terug te vinden van de oorspronkelijk indeling van de villa. Hierdoor kunnen er geen eisen worden gesteld aan de indeling. De kern van het gebouw, de entree en trap moeten intact blijven. In de voorkamer zijn er resten van een kooflijst gevonden. Deze dient gerestaureerd te worden.

De beschadigde spanten op zolder dienen hersteld te worden met hetzelfde uiterlijk en materiaal.



Figuur 14. Ramen Huize Parklust



Figuur 15. Spanten

4 Programma van Eisen

Voor Huize Parklust worden er uitgangspunten en eisen opgesteld die onderverdeeld zijn in drie categorieën:

- Project-eisen en uitgangspunten
- Het Bouwbesluit
- Gebruikerseisen

Project-eisen en uitgangspunten

Om een duurzame en energie-nul toekomst te realiseren voor het monument Huize Parklust stellen we project-eisen en uitgangspunten op.

Monumentale waarde	
<i>Constructie</i>	De structuur en constructiewijze dient te worden behouden. De constructie onderdelen mogen slechts worden vervangen als deze aangetast zijn en hierdoor hun functie dreigen te verliezen. Er mag geen staalconstructie worden toegepast.
<i>Gevels</i>	Er worden uitsluitend reversibele voorzieningen aangebracht. De gevels mogen niet worden gehydrofobeerd. Het metselwerk dient gerepareerd te worden in dezelfde materialisatie en kleur. Dit geldt ook voor het voegwerk. De frieslijsten en waterlijsten dienen gerepareerd te worden met wit pleisterwerk.
<i>Kozijnen</i>	De bestaande houten vensters en houten deurpartijen in de voorgevel dienen behouden te worden. Alle overige vensters dienen in dezelfde detaillering te worden uitgevoerd. Het is niet toegestaan om aluminium of kunststof kozijnen toe te passen. De voordeur dient behouden te blijven.
<i>Zonwering</i>	De voorgevel wordt voorzien van de persiënnes naar het oorspronkelijke ontwerp.
<i>Beglazing</i>	Het uiterlijk van de historische beglazing (getrokken glas) in de voorgevel dient te worden behouden, de overige

	beglazing hebben geen monumentale waarde.
<i>Dak</i>	Het dak dient gedekt te worden met paars-grijze Penrhyn leien in Maasdekking. Er worden geen beeldbepalende voorzieningen op het hellende deel van het dak aangebracht. Het tuitstuk met pinakel dient uitgevoerd te worden in dezelfde vormgeving en materialisering. De dakkapellen dienen uitgevoerd te worden in dezelfde vormgeving en materialisering.
<i>Schoorsteen</i>	De bestaande schoorstenen dienen behouden te blijven.
<i>Interieur</i>	De vestibule ter plaatse van de entree dient behouden te blijven. Er mogen geen wijzigingen aangebracht worden aan de kern van het gebouw. Deze dient intact te blijven. De kooflijsten dienen gerestaureerd worden naar het oorspronkelijke uiterlijk.

Energie-nul concept

<i>Nul-op-de-meter</i>	De door het gebouw op te wekken energieopwekking is gelijk aan het verbruik (periode 1 jaar) .
------------------------	--

Bouwtechnische aspecten

<i>RC- waarde</i>	Dak	Minimaal 6,0 m ² K/W
	Buitenwanden	Minimaal 4,5 m ² K/W
	Vloer	Minimaal 3,5 m ² K/W
<i>U- waarde</i>	Gemiddelde U-waarde van 1,65 W/m ² K.	
<i>Materialen</i>	Worden vergeleken aan de hand van classificering NIBE.	
<i>Milieuklasse</i>	De toegepaste materialen hebben de milieuklasse 1. Indien daarvan wordt afgeweken, dient de keuze te worden onderbouwd.	

Installatietechniek

<i>Fossiele brandstoffen</i>	Er wordt geen gebruik gemaakt van fossiele brandstoffen voor de verwarming, koeling, warmtapwater en ventilatie.
<i>EPC-waarde</i>	EPC ≤ 0,0 voor de gebouw- en gebruikersgebonden energie.

<i>Seizoens-gevoeligheid</i>	Er dienen maatregelen te worden getroffen om rendementsverliezen te beperken.
------------------------------	---

Het Bouwbesluit

Monumenten hebben uitsluitend met de veiligheidseisen van het Bouwbesluit te maken. Deze eisen zijn in dit Programma van Eisen opgenomen. Daarnaast worden er aanvullende eisen gesteld aan de thermische schil van Huize Parklust, met de intentie om het energieverbruik te beperken en om het comfort en de leef- en woonkwaliteit te verhogen.

	Eisen
<i>Sterkte bouwconstructie</i>	Conform constructeur (volgens NEN 8700).
<i>Daglicht</i>	Conform architect (NEN 2057).
<i>Brandwerendheid</i>	De bestaande constructie bezwijkt niet binnen 30 minuten.
<i>Vloerafscheiding</i>	Indien het hoogteverschil met een aansluitende vloer of terrein meer dan 1500 mm bedraagt, dan dient er een randafscheiding te worden toegepast ten behoeve van valbeveiliging. De hoogte van de randafscheiding bij een raam dient minimaal 600 mm te zijn, gemeten vanaf de vloer.
<i>Trappen en hellingbanen</i>	Conform architect.
<i>Inbraakwerendheid</i>	Er dient inbraakwerendheidsklasse 2 conform NEN 5087 en 5096 voor de kozijnen, deuren en ramen te worden gehanteerd.
<i>Luchtverversing</i>	De minimale luchtverversing van verblijfsruimten is 0,7 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte met een minimum van 7 dm ³ , conform NEN 8087. Er wordt een minimale luchtverversing voor de volgende ruimten gesteld: ▪ Keuken: 21 dm³/s ▪ Toilet: 7 dm³/s ▪ Badruimte: 14 dm³/s

<i>Afvoeren van lucht</i>	De lucht uit een toilet- of badruimte dient rechtstreeks naar buiten te worden afgevoerd. Een rookgas of ventilatieafvoer dient minimaal 300 mm boven het dak uit te steken.
<i>Plaats van opening</i>	De minimale afstand tussen een toevoer en afvoer voorziening voor ventilatie is 9000 mm.
<i>Spuiventilatie</i>	Er zijn voorzieningen getroffen met betrekking tot spuiventilatie met een minimale capaciteit van 3 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte van een ruimte.

Gebruikerseisen

In overleg met de opdrachtgever zijn er eisen opgesteld. Deze eisen zijn gericht op gebruik en wensen.

	Eisen
<i>Gevels</i>	De gevels moeten gerestaureerd worden naar het oorspronkelijke uiterlijk.
<i>Woonkamer</i>	Er dient een hout-gestookte openhaard (sfeerhaard) in de zitkamer te worden aangebracht. Het plafond dient glad gestukt te worden en kooflijsten dienen te worden aangebracht.
<i>Slaapkamer</i>	Het plafond dient glad gestukt te worden en kooflijsten dienen te worden aangebracht.
<i>Verwarming</i>	De temperatuur van de volgende ruimten dienen individueel regelbaar te zijn: ▪ Woonkamer ▪ Kinderkamer/ studeerkamer ▪ Slaapkamers
<i>Verlichting</i>	Er wordt uitsluitend LED-verlichting toegepast.

5 Vooronderzoek

5.1 Monumenten

5.1.1 Wat is een monument?

De monumentenwet beschrijft monumenten als volgt: “monumenten zijn vervaardigde zaken welke van algemeen belang zijn wegens hun schoonheid, hun betekenis voor de wetenschap of hun cultuurhistorische waarde.” (Monumentenzorg Fryslan, 2014)

Er zijn drie soorten monumenten in Nederland, namelijk rijks-, provinciale en gemeentelijke monumenten.

- Rijksmonument: wordt aangewezen door de rijksoverheid. Het monument heeft nationale betekenis.
- Provinciaal monument: enkele provincies kennen ook provinciale monumenten. Dit zijn monumenten die provinciaal bekend en waardevol zijn.
- Gemeentelijk monument: het monument is aangewezen door de gemeente en heeft een plaatselijke of regionale waarde en geen nationale betekenis.

5.1.2 Waarom een leegstaand monumentaal gebouw?

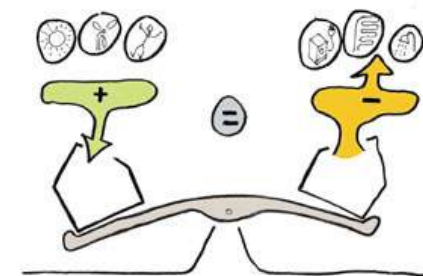
Met het oog op duurzaamheid vinden wij dat het van belang is dat elke leegstaande ruimte benut wordt, in plaats van het bouwen van nieuwe gebouwen. De leegstand van monumenten is groot. Er zijn diverse redenen waarom monumentale gebouwen leeg komen te staan. Belangrijke oorzaken hiervan zijn de economische crisis, ontkerkelijking, krimp en de komst van internetwinkels. De leegstand van monumenten leidt tot verwaarlozing, verval en vandalisme. Monumenten die van algemeen belang zijn voor Nederland met hun cultuurhistorische waarden verdienen het om een nieuwe leven te krijgen.

5.2 Energie-nul concept

5.2.1 Definitie van Energie-nul

Zoals het Agentschap NL het beschrijft, is een gebouw energie-nul wanneer het evenveel energie *opwekt*, als dat het gebouw *verbruikt*.

In de definitie van het Agentschap NL voor energie-nul gebouwen, wordt enkel het gebouwgebonden energieverbruik in de EPC⁵ (energieprestatiecoëfficiënt) meegenomen. Wij gaan een stap verder, namelijk **nul-op-de-meter**. Bij nul-op-de-meter maakt ook het energieverbruik van de gebruikers deel uit van de



Figuur 16. Energie-nul concept

energieprestatie.

5.2.2 Waarom Energie-nul?

Energie-nul bouwen richt zich op de toekomst en kent veel voordelen.

- Er zijn minder klachten en gezondheidsproblemen door een kwalitatief beter binnenklimaat.
- Er is een vermindering van de energiebehoefte en CO₂-uitstoot.
- Een lage energierekening verdient de extra investeringen op de langere termijn terug.
- Energiekosten zijn constant en externe invloeden, zoals stijgende energieprijzen, zijn er nauwelijks.

Zoals we al eerder hebben aangekaart is CO₂-uitstoot een belangrijk probleem in Nederland. Volgens de Europese wetgeving moet alle nieuwbouw in 2020 energieneutraal gebouwd worden (EPC=0).⁶ Met oog op duurzaamheid, de vele

⁵ De energieprestatiecoëfficiënt geeft aan wat de energetische prestatie is van een woning.

⁶ Op weg naar minimum energiewoningen met EPC ≤ 0, ir. F.W. den Dulk, 2012, p. 7.

voordelen en de EPC-eis in 2020 hebben we ervoor gekozen om een monument energie neutraal te restaureren.

5.3 Restauratie concepten

Er zijn diverse concepten om een gebouw te kunnen restaureren. Om Huize Parklust op de juiste manier te kunnen restaureren tot een energie-nul villa hebben we een aantal concepten onder de loep genomen. De vergelijking en uitgebreide toelichting hiervan is te vinden in Bijlage 2 – Vooronderzoek.

5.3.1 Passief bouwen

Bij passief bouwen draait het om het beperken van het energieverbruik door goed te isoleren en het vasthouden van de warmte, zodat een behaaglijk binnenklimaat gehandhaafd blijft. De buitenschil wordt goed geïsoleerd en kierdicht uitgevoerd. Hierdoor blijft de warmte binnen en hoeft er nauwelijks te worden verwarmd. Daarnaast speelt oriëntatie een grote rol. Ramen dienen zoveel mogelijk op het zuiden te worden georiënteerd om het zonlicht te kunnen benutten. De noordgevel bevat nauwelijks gevelopeningen. Er wordt gebalanceerde ventilatie toegepast met een warmteterugwinningssysteem.

5.3.2 WarmBouwen

WarmBouwen is een nieuw principe waarbij gebouwen zonder gebruik te maken van fossiele brandstoffen verwarmd en gekoeld kunnen worden. Dit wordt voornamelijk in monumentale gebouwen toegepast waarbij de monumentale waarden aan de binnenkant voor een groot deel en de buitenkant behouden dienen te blijven. Er wordt gebruik gemaakt van een aquifer⁷ in diepe bodem. Het water wordt met een constante temperatuur van 12 graden in de winter en zomer naar boven gepompt. Aan de binnenkant van de buitenwanden, daken en vloeren worden kunststof buizen aangelegd waar het water van ongeveer 12 graden doorheen stroomt. Hierdoor zal de buitenconstructie altijd een constante temperatuur hebben. Om te voorkomen dat de warmte ontsnapt, wordt aan de binnenkant een laag isolatie aangebracht van enkele centimeters.

⁷ Watervoerende bodemlaag van zand of poreus gesteente die als bron of opslagplaats van warme of koude kan dienen.

5.3.3 Urgenda

Het doel is om duurzame energie op te wekken, zodat de CO₂- uitstoot verminderd wordt. Bij Urgenda maken gebouwen geen gebruik van fossiele brandstoffen en wekken voldoende energie om zichzelf te voorzien van warmte in de winter en koeling in de zomer.

5.3.4 Comfort+ (doos-in-doos)

Dit bouwconcept wordt vaak toegepast bij monumentale gebouwen waarbij de buitenschil intact dient te blijven. Het monument wordt vanuit de binnenkant geïsoleerd. Dit concept heeft als uitgangspunt het energieverbruik te verlagen en het comfort voor de gebruikers te verhogen. Het bestaande gebouw wordt tot het casco gestript en aan de binnenkant als een geïsoleerde doos uitgevoerd. Voor de bestaande gevel worden voorzetwanden geplaatst. Comfort+ bestaat uit een doos-in-doos constructie die tegenwoordig op het CARE- principe is gebaseerd. Het CARE- principe bestaat uit:

- Comfort: door duurzame verwarmings- en koelingsinstallatie;
- Akoestiek: betere geluidsisolatie tussen binnen- en buitenruimten;
- Reductie afval: er wordt minder gesloopt;
- Energiebesparing

5.3.5 Concept Huize Parklust

Nadat we de voordelen en nadelen van de vier concepten tegenover elkaar hebben gezet (Bijlagen 2 – Vooronderzoek) hebben we een keuze kunnen maken.

WarmBouwen is zeer geschikt voor monumenten die een beschermde buiten- en binnenkant hebben. Huize Parklust heeft enkel een beschermde buitengevel. Gezien de omvang en onderhoud is WarmBouwen niet het meest geschikte concept voor Huize Parklust.

Om Huize Parklust energieneutraal te maken zullen we een aantal concepten combineren. Het isoleren gaat op basis van een doos-in-doos constructie. Hierbij is het belangrijk om de energieverliezen te beperken door goed te isoleren en kierdicht te bouwen. We refereren hierbij aan het passief bouwen concept. Daarnaast speelt ventilatie van de buitenwanden en houten vloeren een grote rol bij monumenten.

We gebruiken Trias Energetica als basis voor ons project en breiden deze uit naar onze eigen strategie.

5.4 Trias Energetica

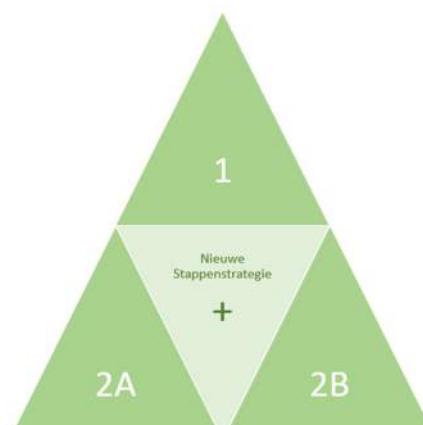
5.4.1 Definitie van Trias Energetica

Trias Energetica is een model voor energiezuinig bouwen, dat uit drie richtlijnen bestaat. De stappen die bij Trias Energetica gemaakt worden, moet leiden tot energiezuinige gebouwen. Allereerst zal de energievraag tot het minimum worden beperkt (stap 1), waarna men overgaat naar duurzame energie (stap 2). Uiteindelijk zullen de eerste twee stappen ertoe leiden dat de inbreng van fossiele brandstoffen worden beperkt (stap 3).

5.4.2 Trias Energetica en Energie-nul

Om de stap te maken naar energie neutrale gebouwen is het Trias Energetica model verder uitgewerkt. De Nieuwe Stappenstrategie is ontwikkeld door prof. dr. Van den Dobbelsteen⁸ en bestaat uit de volgende richtlijnen:

- Stap 1: Beperk de energievraag
- Stap 2a: Gebruik energie uit reststromen
- Stap 2b: Gebruik duurzame energiebronnen
- Stap 3: Indien nodig, gebruik fossiele brandstoffen zo efficiënt en schoon mogelijk en compenseer het op jaarbasis met 100% duurzame energie



Figuur 17. De Nieuwe Stappenstrategie +

5.4.3 De Nieuwe Stappenstrategie +
De 'Nieuwe stappenstrategie' heeft als doel minder gebruik te maken van fossiele brandstoffen. In ons onderzoek gaan wij een stap verder. Wij sluiten stap 3 van de Nieuwe Stappenstrategie uit en maken geen gebruik van fossiele brandstoffen. Dit noemen wij de Nieuwe Stappenstrategie +.

ven, Agentschap NL, 2013.

5.5 Duurzaamheid

Voor ons draait duurzaamheid om het milieu en de gezondheid van gebruikers. Uit een onderzoek blijkt dat het opknappen van bestaande gebouwen duurzamer is dan nieuw bouwen⁹. Door monumenten een nieuw duurzaam leven te geven, willen we ervoor zorgen dat ze ook in de toekomst behouden blijven. De onbenutte ruimte wordt weer in gebruik genomen, waardoor nieuwbouw minder nodig is. Dit leidt tot een sterke vermindering van het energieverbruik en CO₂-uitstoot.

Een belangrijk uitgangspunt is voor ons dat het verduurzamen van monumenten niet ten koste mag gaan van de monumentale waarden!

De gezondheid van mensen in gebouwen valt voor ons binnen het kader van duurzaamheid. Wij vinden het belangrijk dat mensen goed kunnen verblijven en functioneren in gebouwen. Maar hoe bereiken we dit in monumenten? Ten eerste dient de thermische schil goed te worden aangepakt. Deze heeft een grote invloed op de behaaglijkheid¹⁰. Daarnaast leidt een goede thermische schil tot een vermindering van het energieverbruik.

Bij duurzaamheid hoort ook het materiaalgebruik. *Hoewel de kosten vaak bepalend zijn, vinden wij dat deze niet van doorslaggevend belang zijn. De milieu niet hieronder hoeft te leiden.* Kosten spelen bij ons geen rol bij het maken van keuzes. Om een goede keuze te maken gebruiken we het NIBE's Basiswerk Milieuclassificaties bouwproducten.

5.5.1 NIBE

Het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE) maakt sinds 1992 milieuclassificaties. Het NIBE doet onderzoek in drie verschillende gebieden: milieu, gezondheid en bouwen/beheren. Aan de hand van een wetenschappelijk

⁹ Onderzoek Agentschap: Duurzaam bouwen door renovatie.

¹⁰ Lenteakkoord: Bouwen aan een goede schil.

onderbouwde methode, de LCA-methode¹¹, hebben we onderzoek verricht, waarbij we producten hebben beoordeeld op achttien milieueffecten.

Bij de achttien criteria op basis waarvan het NIBE producten beoordeelt, spelen financiële afwegingen in terug. Het NIBE classificeert enkel op milieuaspecten.

De eisen die het NIBE stelt aan materialen komen overeen met onze duurzaamheidsvisie. Ook is het belangrijk dat kosten geen invloed hebben op de ranglijst van NIBE.

5.5.2 Milieuklasse

In tabel 1 hebben we de rang bepaald op basis van de milieuklasse van het NIBE. Deze zullen in de vergelijking van de materialen terugkomen. Zoals we hebben aangegeven in het Programma van Eisen stellen we als uitgangspunt het toepassen van materialen met een milieuklasse van 1. Indien dit niet mogelijk is, zullen we onze keuze onderbouwen. We zullen ook materialen uit andere milieuklassen in onze vergelijking opnemen om een bredere blik te hebben op het onderdeel.

Tabel 1. Milieuklasse en ranglijst van materialen

Klasse	Subklasse	Rang	Omschrijving
1	a	1	Beste keuze
	b	2	
	c	3	
2	a	4	Goede keuze
	b	5	
	c	6	
3	a	7	Aanvaardbare keuze
	b	8	
	c	9	
4	a	10	Minder goede keuze
	b	11	
	c	12	
5	a	13	Af te raden keuze
	b	14	
	c	15	
6	a	16	Slechte keuze
	b	17	
	c	18	
7	a	19	Onaanvaardbare keuze
	b	20	
	c	21	
> 7c		22	Onaanvaardbare keuze

¹¹Levenscyclusanalyse wordt ook wel 'wieg tot graf analyse' genoemd. In deze analyse wordt de totale milieubelasting van een product bepaald gedurende de hele levenscyclus gedurende de productie-, constructie-, gebruiks- en onderhouds- en einde levensduurfase.

6 Ontwerpfase

6.1 Restauratie

De meeste monumenten uit de negentiende eeuw hebben een massieve buitengevel van metselwerk of natuursteen. Deze zijn aan de binnenkant voorzien van een relatief damp-open materiaal in de vorm van kalk- of leemstucwerk. Het vocht van binnen kan zich door de constructie naar buiten verplaatsen en andersom. Dit is een eigenschap die bij het aanbrengen van damp-dichte materialen in gevaar komt. De droging van de constructie naar binnen wordt belemmerd waardoor deze langer vochtig blijft, zoals beschreven in Bijlage 4 – Bouwtechniek. Houten elementen die vaak in aanraking komen met vocht zullen worden aangetast. In de praktijk zien we vaak dat de dampremmende folie wordt doorbroken bij het aanbrengen van installaties. Het vocht dringt door de dampremmende folie. Om het monument te beschermen dient deze damp-open te blijven. Aangezien niet alle isolatiematerialen het vochttransport door de constructie bevorderen, is dit een punt van aandacht.

Huize Parklust heeft twee verschillende typen buitenwanden. Het grootste deel van de buitengevel is uitgevoerd als steensmuur met een dikte van 210 mm. De linkergevel op de begane grond is uitgevoerd als spouwmuur. De spouw van 40 mm is zwak geventileerd en voorzien van open stootvoegen. De verdiepingsvloeren bestaan uit houten balken die door het metselwerk worden gedragen.

6.1.1 Damp-dicht of damp-open bouwen

Het isoleren van monumenten moet niet ten koste gaan van de monumentale waarden. Er moet rekening gehouden worden met de bouwfysische gevolgen die isoleren met zich meebrengt.

Damp-dicht bouwen: Bij damp-dicht bouwen wordt voorkomen dat waterdamp in de constructie kan dringen. Hierdoor is de kans op condensatie in de constructie beperkt.

Damp-open bouwen: Het doel van damp-open bouwen is het reguleren van de luchtvochtigheid binnen gebouwen. Het vocht kan zich door de constructie verplaatsen.



Figuur 18. Damp-dicht en Damp-open

Tabel 2. Vergelijking Damp-dicht en damp-open bouwen

	Damp-dicht	Damp-open
Ventilatie spouw	Zwak geventileerd	Meer dan damp-dicht
Vocht van buiten	Geen	Vochtregulering
Vocht van binnen	Geen / minimaal	Vochtregulering
Condensatie	Geen, dampremmende folie	Grote kans op condensatie
Metselwerk	Droging naar buiten	Droging naar buiten en binnen
Houten vloeren	Geen vocht, kans op verstikking	Geen/ beperkt vocht naar balken
Luchtvochtigheid	Kans op vochtophoping	Bij hoge luchtvochtigheid wordt het vocht tijdelijk opgenomen
Ventilatie	Veel lucht afvoeren bij hoge luchtvochtigheid	Regulatie luchtvochtigheid, minder lucht afvoeren
Verwarmen	Vochtige lucht verwarmen kost meer energie	Regulatie van vochtigheid, minder energie nodig

De buitenwanden van Huize Parklust zullen damp-open worden na-geïsoleerd. Door damp-open te bouwen blijven de bouwfysische eigenschappen van de buitengevel behouden. De vochtige metselwerk buitenwanden kunnen hun vocht naar binnen afstaan waardoor er een snellere drogingsproces optreedt. Hierdoor is in de winter de kans op schade aan het metselwerk kleiner en wordt het monument niet aangetast. Wel dienen er voorzieningen te worden getroffen ten behoeve van de ventilatie, zodat het vocht uit de constructie kan treden. De constructie moet in staat zijn om het vocht te kunnen reguleren. Bakstenen zijn poreus en nemen vocht op. Door het toepassen van een folie aan de buitenzijde wordt de droging van het metselwerk naar binnen belemmerd. Het metselwerk blijft langer vochtig en in sommige gevallen vochtiger dan in het verleden. Vocht in metselwerk zet uit wanneer het bevriest. In de winter kan dit tot vorstschade leiden en aantasting van de monumentale waarden. De folie aan de binnenkant



Figuur 19. Huize Parklust

van de constructie kan leiden tot verstikking van de constructie. De houten verdiepingsvloeren rusten op het metselwerk. Wanneer het metselwerk lang nat blijft, kunnen de balkknopen gaan rotten en wordt de constructie aangetast. Om deze redenen is damp-open isoleren van Huize Parklust een betere keuze dan damp-dicht. De bouwfysische eigenschappen en monumentale waarden van Huize Parklust gaan samen met damp-open bouwen. De vergelijking tussen dampdicht en damp-open is in tabel 1 benoemd.

Het dak wordt damp-dicht uitgevoerd. Door de houten dakconstructie is het dak van Huize Parklust kwetsbaar voor condensatie. Het hout kan beschadigd worden als gevolg van houtrot, met alle gevolgen van dien. Door damp-dicht te bouwen voorkomen we schade en aantasting aan het monument. Om een damp-dichte dakconstructie te kunnen uitvoeren zal er goed geventileerd moeten worden. Meer over de ventilatie van Huize Parklust is te vinden in Bijlage 5 – Installatietechniek.



Figuur 20. Metselwerk Huize Parklust

De bestaande houten vloeren zijn beschadigd door houtrot. Om dit in de toekomst te voorkomen zal de vloer damp-dicht worden uitgevoerd. Dit kan bereikt worden door damp-dichte of een dampremmende folie toe te passen. Omdat Huize Parklust een zeer lage kruipruimte heeft, is de ventilatie erg beperkt. Bij het ontstaan van condensatie zal de vloer vochtig blijven.

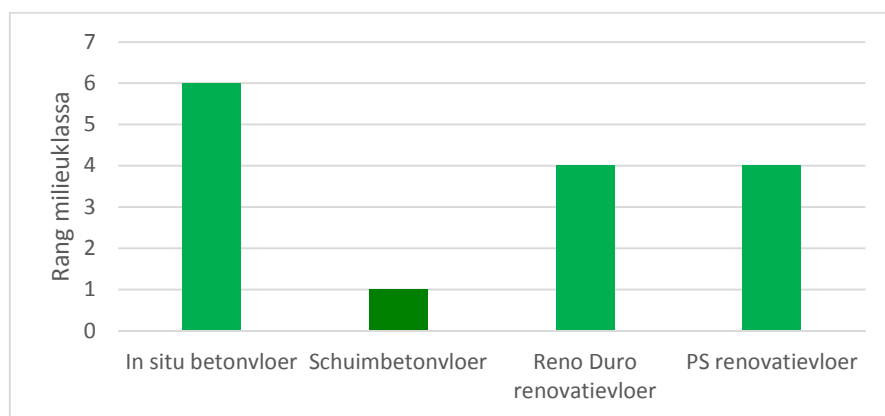
6.1.2 Materiaalstudie

6.1.2.1 Begane grondvloer

Type vloeren

De kruipruimte van Huize Parklust is afgesloten met een betonlaag van 50 mm. Hierover is een laag zand van 50 mm aangebracht. Wegens aantasting zal de bestaande houten vloer worden vervangen door een nieuwe vloer. Om de juiste keuze te kunnen maken hebben we een aantal typen vloeren vergeleken.

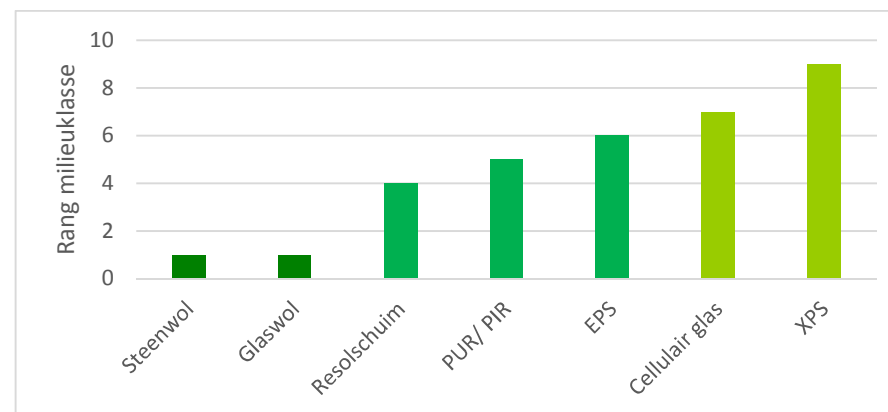
Uit de tabel blijkt dat schuimbeton het duurzaamste vloertype is. Bovendien is schuimbeton vochtbestendig en houdt het vocht tegen uit de bodem, waardoor optrekkend vocht wordt voorkomen. Verder heeft het een lange levensduur.



Figuur 21. Milieuklasse begane grondvloeren

Vloerisolatie

Om koudebruggen te voorkomen dient de vloer geïsoleerd te worden. Dit kan aan de boven- of onderkant. Om het warmteverlies naar de bodem te beperken, zal er tussen de vloer en dekvloer worden geïsoleerd. Als isolatie kiezen we voor drukvaste steenwol. Steenwol is de duurzaamste keuze met milieuklasse 1.



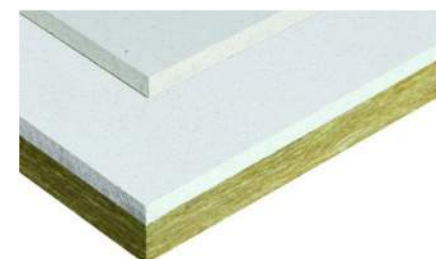
Figuur 22. Milieuklasse vloerisolatie

Vloerverwarming; droog of nat

De vloerverwarming kan zowel droog als nat uitgevoerd worden. De opwarmtijd van een droog systeem is bijna twee keer zo snel als bij een nat systeem. Dit zorgt ervoor dat de beïnvloedbaarheid van de gebruiker positief wordt beïnvloed wat het comfort vergroot. Dit voordeel is bepalend geweest bij de keuze voor een droog vloerverwarmingssysteem.

Dekvloer

Bij de vergelijking hebben we een Fermacell vloerelement met een Qualitherm EPS element vergeleken. De Fermacell vloerelementen hebben een brandwerendheid van 60 minuten en dragen bij aan de geluidsdemping met 52 dB. Om deze redenen is de dekvloerkeuze gevallen op Fermacell.



Figuur 23. Fermacell vloerelement

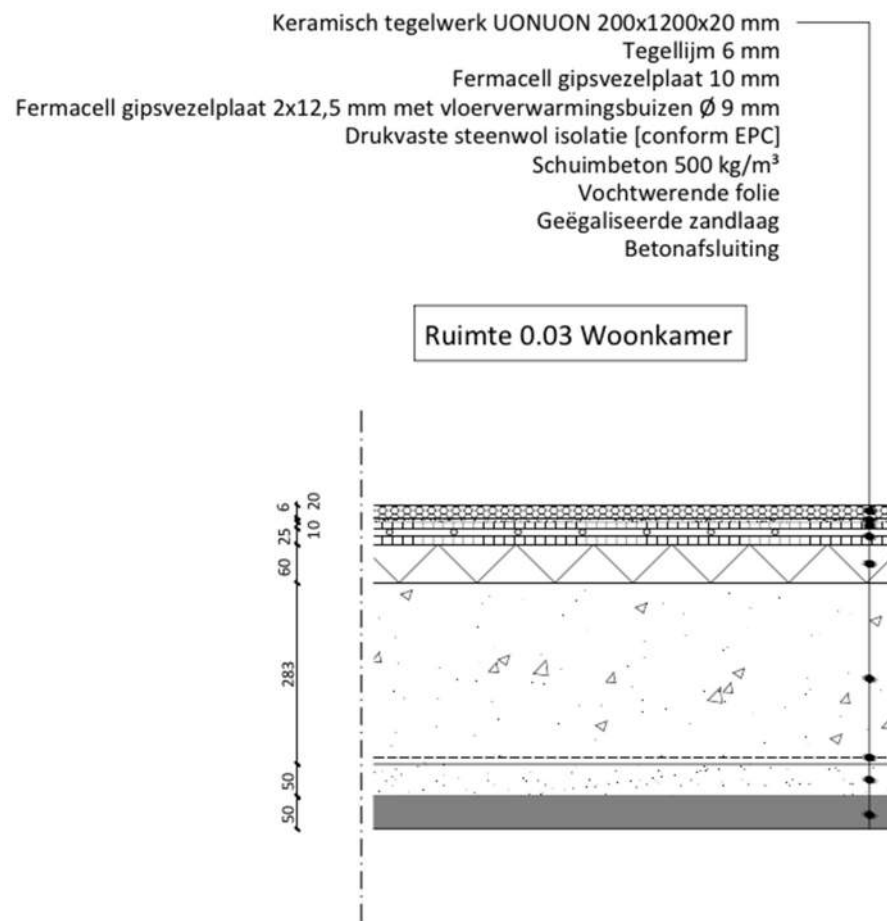
Definitieve vloeropbouw

De nieuwe vloeropbouw bij Huize Parklust bestaat uit een schuimbetonvloer van circa 280 mm waarop 60 mm steenwol isolatie wordt aangebracht. Om te voorkomen dat er vocht in de isolatie kan treden wordt er aan de bovenkant een dampremmende folie toegepast. Op de isolatie wordt een droog Fermacell vloerverwarmingssysteem gelegd. Deze bestaat uit drie lagen gipsvezelplaten die voor een goede warmteleiding zorgen. De vloerafwerking die is gekozen door de gebruiker bestaat uit keramische tegels van 20 mm dikte met een lijmlaag van 6 mm. Het toepassen van keramische tegels zorgt voor een optimale warmteoverdracht.

Het bestaande betonnen kelderdek krijgt dezelfde opbouw als de nieuwe vloer. De isolatie op het kelderdek is niet voldoende om aan de warmteweerstand van $3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ te voldoen. Hierdoor wordt het plafond van de kelderdek voorzien van Multipor isolatieplaten van 50 mm. Dit is een minerale isolatieplaat die ongevoelig is voor vocht. Met een dikte van 50 mm wordt een minimale brandwerendheid van 60 min behaald.

De totale warmteweerstand van de nieuwe vloer is $4,77 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Voor het kelderdek is dit $3,66 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Hiermee wordt aan de minimale eis $3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ voldaan, zoals in het Programma van Eisen is opgenomen.

De uitgebreide berekening van de warmteweerstand van de begane grondvloer is te vinden in Bijlage 4A – Warmteweerstand.

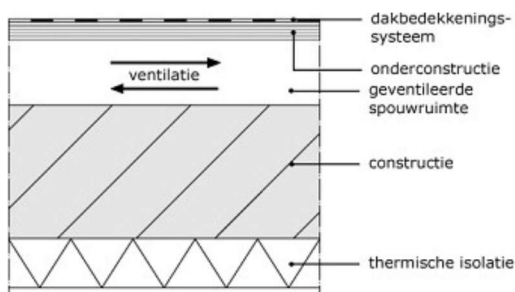


Figuur 24. Fragment DT-03

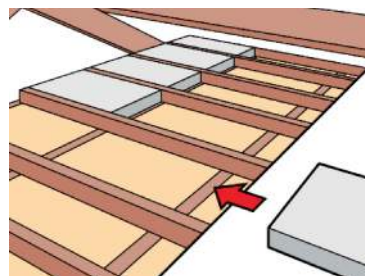
6.1.3 Dakopbouw

Isolatiemethode

Ongeveer 30%¹² van de totale warmte ontsnapt via het dak naar buiten. Door het dak goed te isoleren kan er veel energie worden bespaard en een beter binnenklimaat worden gerealiseerd. Huize Parklust heeft een schilddak met een plat deel. Er zijn verschillende manieren om het dak van Huize Parklust te isoleren. De mogelijkheden die interessant zijn voor Huize Parklust zijn het toepassen van een kouddak constructie of een vliering.



Figuur 25. Kouddak constructie



Figuur 26

Het isoleren van de dakvoet brengt het risico met zich mee, dat de constructie kan worden aangetast door onderbrekingen van de isolatie. De kans op luchtlekken is erg groot. De kans op inwendige condensatie is bij een vliering kleiner, waardoor aantasting van de houten constructie uitgesloten wordt. We kiezen voor het toepassen van een vliering. Deze wordt damp-dicht gebouwd.

Isolatie dak

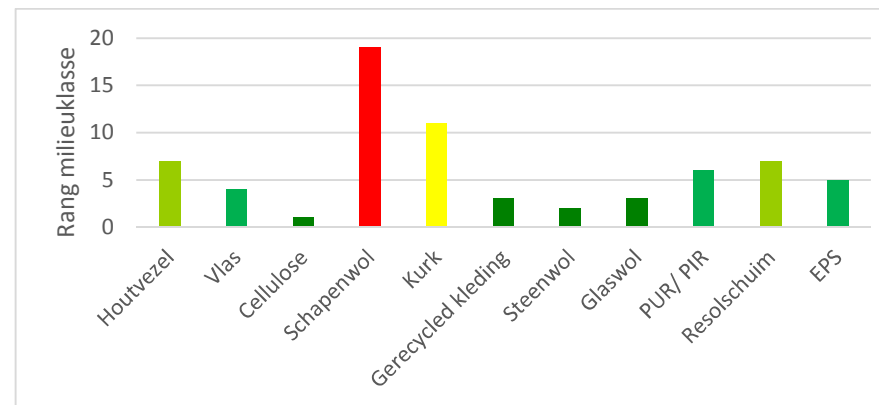
In figuur 27 worden er isolatiematerialen vergeleken voor het isoleren van de vliering. Op duurzaamheid scoren cellulose en steenwol isolatie het beste. Voor het isoleren van het dak is er gekozen voor cellulose en steenwol. De vliering zal samengesteld worden uit HSB-elementen met houten I-liggers. Deze HSB-elementen zullen gevuld worden met



Figuur 27. Houten I-ligger

¹² Bron: Stappers, Mark (2011) na-isoleren van monumenten. *Duurzaam erfgoed*.

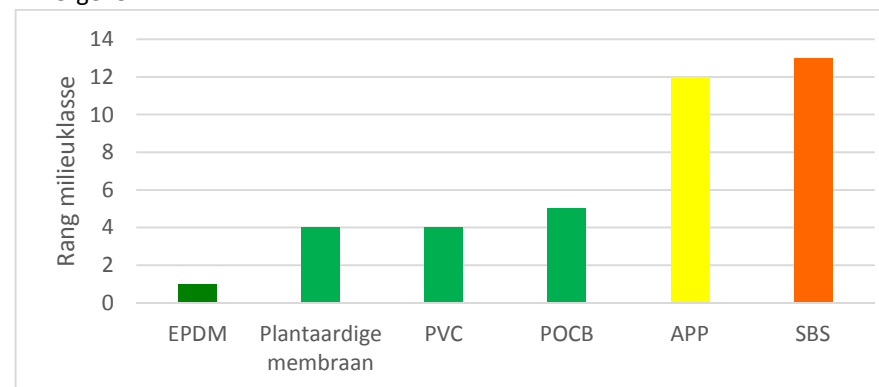
cellulosevlokken. Ook worden deze elementen gebruikt om het schuine dakdeel te isoleren. Tussen de balken van de vliering wordt steenwol toegepast om de warmteweerstand te verhogen en te voldoen aan de warmteweerstand van 6,0 m²·K/W. De holle ruimtes bij de spanten zullen worden opgevuld met steenwol.



Figuur 28. Milieuklasse dakisolatie

Dakbedekking

Het dak van Huize Parklust is voor een deel plat. Ook is er een balkon aan de linkergevel.



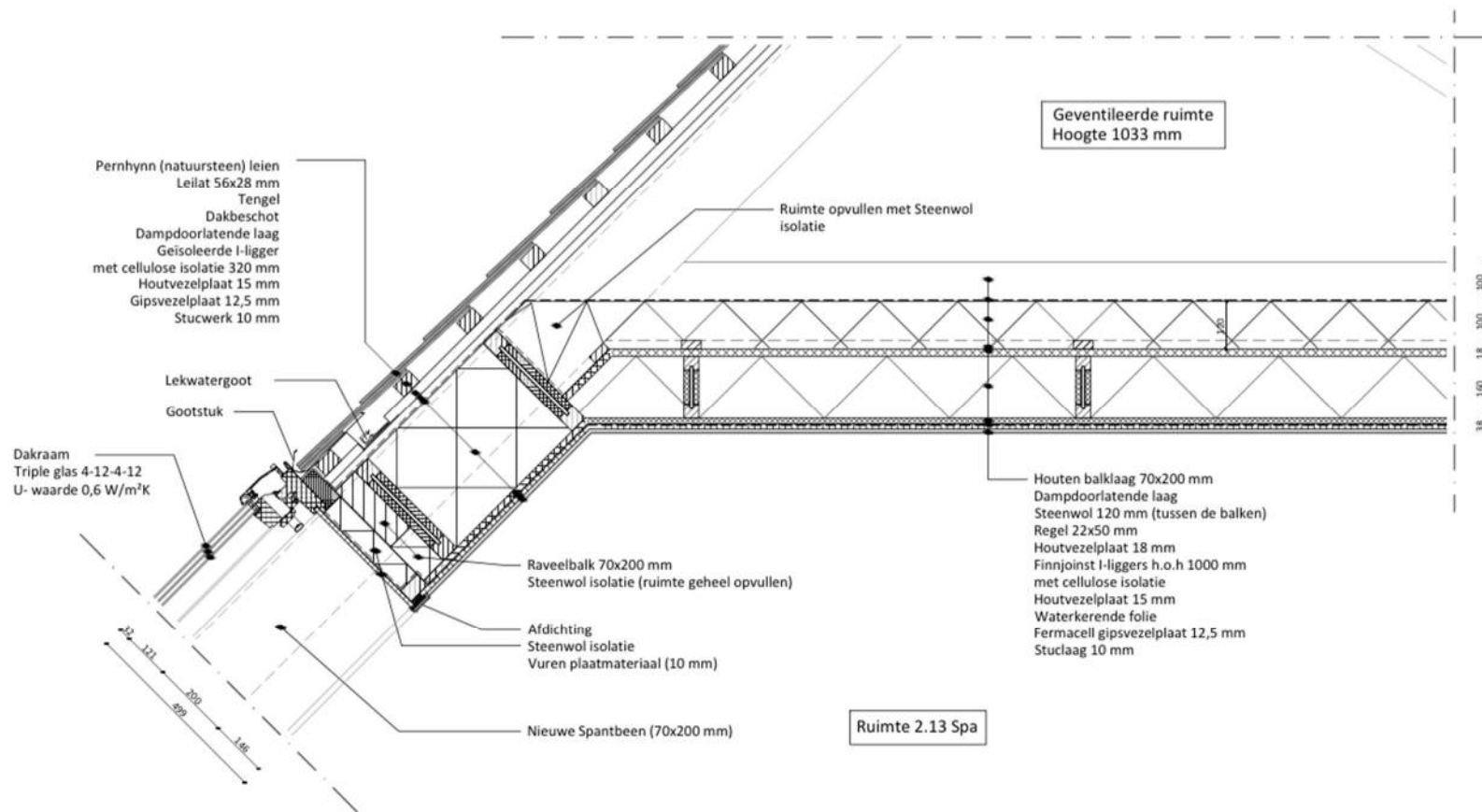
Figuur 29. Milieuklasse dakbedekking

De dakbedekking van de platte delen zullen we uitvoeren in EPDM (koud verlijmd). Uit onze afwegingen komt naar voren dat EPDM de beste keuze is volgens het NIBE. Bovendien heeft EPDM de langste levensduur, namelijk 50 jaar. Dit is een groot verschil vergeleken met de overige dakbedekkingen.

Definitieve dakopbouw

Bij Huize Parklust zal vliering isolatie worden toegepast. Er is gekozen om de HSB-elementen met I-liggers uit te voeren, omdat er op gewicht en materiaal wordt bespaard. De HSB elementen met een dikte van 160 mm worden gevuld met cellulose. Omdat de cellulose goed en verdicht kan worden aangebracht, zullen luchtlekken hiermee voorkomen worden en bovendien is dit milieutechnisch de beste keuze. Tussen de balken van de vliering wordt 120 mm steenwol isolatie toegepast om de warmteweerstand te verhogen. De R_v -waarde die hiermee wordt bereikt bedraagt $2,08 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Voor de HSB elementen met cellulose is dit $4,26 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. In totaal is de warmteweerstand van het dak $6,33 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Hiermee wordt er aan de eis van $6,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ voldaan.

De uitgebreide berekening van de warmteweerstand van het dak is te vinden in Bijlage 4A – Warmteweerstand.

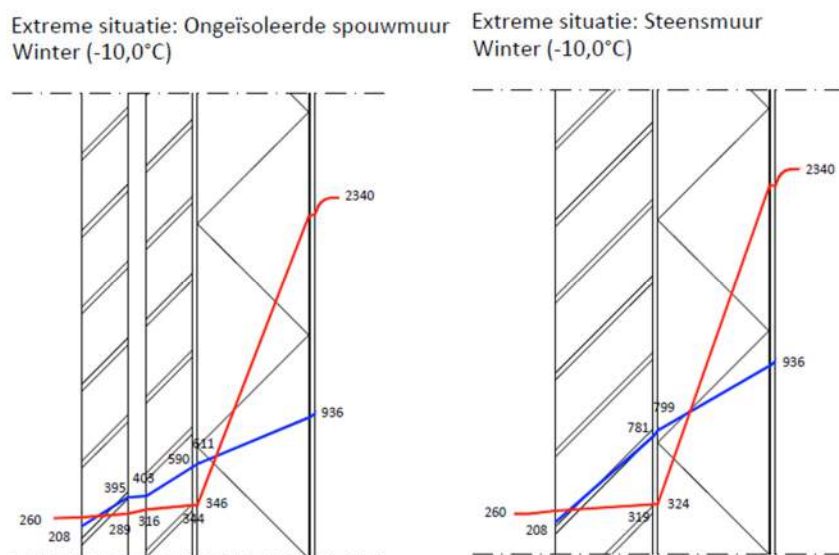


Figuur 30. DT-09

6.1.4 Buitenwanden

We hebben vier verschillende alternatieven opgezet voor de buitenwanden. Eerder in deze scriptie (§ 6.1.3) hebben we bepaald dat cellulose het duurzaamste isolatiemateriaal is. Daarom gebruiken we cellulose in onze alternatieven. Een ander isolatiemateriaal dat we als alternatief meenemen is Calsitherm. Dit is een na-isolatiemateriaal dat voornamelijk bij historische gebouwen in Duitsland en het Verenigde Koninkrijk bij steenachtige buitenwanden wordt toegepast. Calciumsilicaat heeft een pH-waarde van >10 . Hierdoor is de kans op schimmelvorming bij dit materiaal minimaal. Met Calsitherm is het mogelijk om damp-open te bouwen. Dit draagt bij aan de droging van de buitenschil.

1. Kalkpleister en Calsitherm
2. Cellulose en houtvezelement
3. Leemlaag en cellulose houtskeletbouw element
4. Cellulose houtskeletbouw element met tussen spouw



Figuur 31. Dampdiffusie Calsitherm

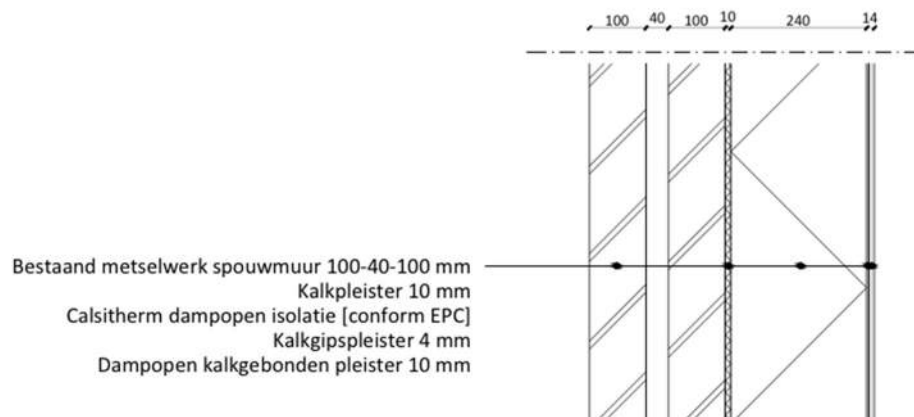
Definitieve wandopbouw

Calsitherm is een zeer geschikt isolatiemateriaal om monumenten te isoleren. Calsitherm is in staat om vocht te reguleren van de buitenschil en het binnenklimaat. Op momenten waar binnen een hoge relatieve luchtigheid heerst, zal het isolatiemateriaal vocht opnemen, bufferen en afstaan wanneer de luchtvochtigheid in de ruimte(n) is verlaagd. Hiermee wordt de kans op onder andere schimmelvorming beperkt. In de winter zal condensatie optreden door de hoge warmteweerstand, maar deze hoeveelheid valt binnen de toelaatbare hoeveelheid. De berekeningen zijn te vinden in: Bijlage 4C – Toelaatbaar vocht. Het metselwerk zal zijn vocht naar binnen kunnen afstaan dat door Calsitherm kan worden opgenomen. Hierdoor kan het metselwerk sneller drogen, waardoor schade bij zeer lage temperaturen wordt voorkomen. Met Calsitherm blijven de bouwysische eigenschappen behouden: een damp-open buitenschil.

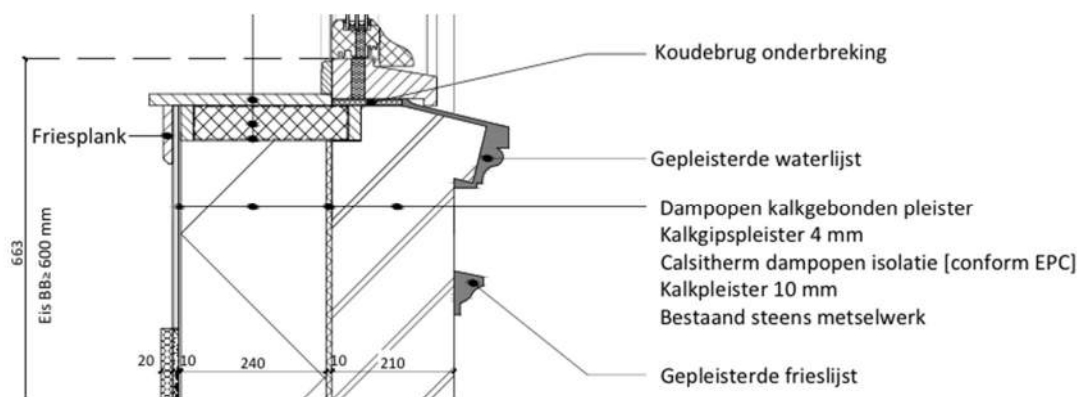
De meest gangbare druksterkte voor Calsitherm is 1 N/mm^2 . Dit is voldoende om horizontale drukkrachten als gevolg van gebruik op te kunnen nemen. Bovendien kan de kalkpleister direct op het isolatiemateriaal worden aangebracht. Waar nodig zullen de Calsitherm isolatieplaten worden versterkt om ook verticale krachten te kunnen opnemen, te denken valt hierbij aan vensterbanken. Huize Parklust heeft brede en diepe vensterbanken, waardoor deze draagkrachtig dienen te zijn. Om veiligheidsredenen worden de vensterbanken voorzien van een roestvrij stalen hulpconstructie.

Om aan de minimale warmteweerstand van $4,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ te voldoen wordt bij Huize Parklust een isolatiedikte van 240 mm Calsitherm toegepast. Bij de spouwmuur wordt een warmteweerstand van $4,74 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ behaald. Bij de steensmuur is dit $4,59 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Hiermee wordt er aan de eis voldaan.

De uitgebreide berekening van de warmteweerstand van de buitenwanden is te vinden in Bijlage 4A – Warmteweerstand



Figuur 32. Fragment DT-01



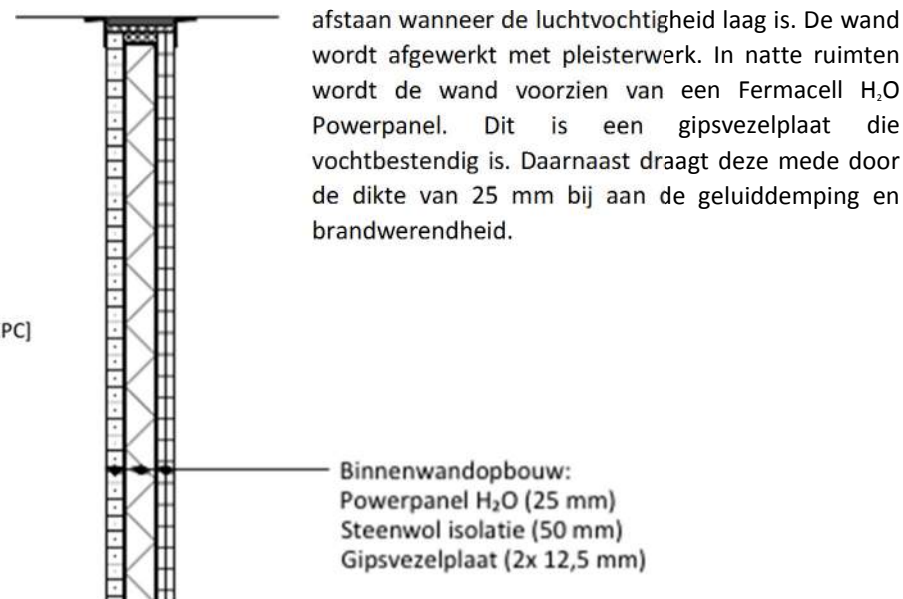
Figuur 33. Fragment DT-06

6.1.5 Binnenwanden

Huize Parklust bevat dragende binnenwanden. Deze bestaan uit metselwerk en lopen door van de fundering tot de dakconstructie. Voor de niet-dragende scheidingswanden hebben we gekeken naar de volgende zes mogelijkheden:

- Gipsblokken
- Kalkzandsteen lijmblokken
- Cellenbeton
- FAAY binnenklimaatwand
- BIA systeemwand
- Metal stud wand

Voor de binnenwanden kiezen we voor FAAY binnenklimaatwanden. Weliswaar heet het NIBE geen gegevens over dit product gepubliceerd, maar houtvezel en vlas staan bekend als duurzame materialen. Deze materialen zijn in staat om vocht op te nemen. Hiermee wordt een behaaglijker binnenklimaat gecreëerd. Bij een hoge vochtigheid in de ruimte, zal de wand een deel opnemen en weer



Figuur 34. FAAY binnenklimaatwand (links; natte cel)

6.1.6 Ramen

Bestaande schuiframen

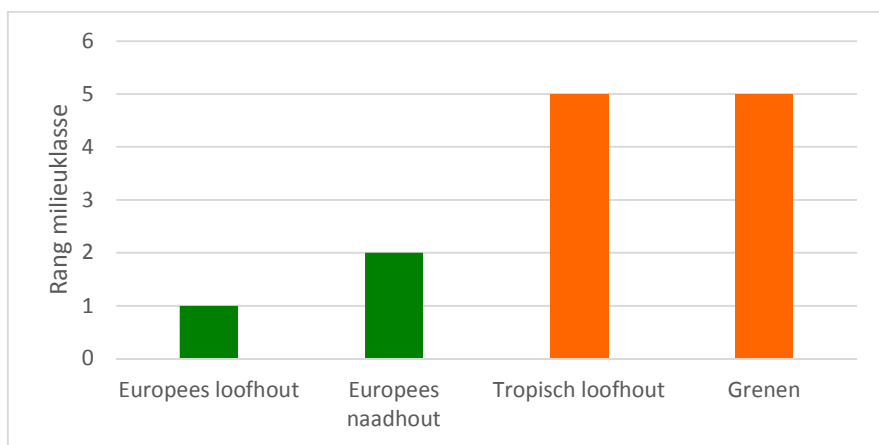
Huize Parklust bevat houten contragewicht schuiframen met enkel getrokken glas. De kozijnen hebben een sponning van 9 mm.

De bestaande kozijnen in de voorgevel zijn in goede staat en mogen niet vervangen worden vanwege hun monumentale waarde. Deze ramen hebben een hoge U-waarde met energieverlies als gevolg. Dit kan op twee manieren worden verbeterd, namelijk door het toepassen van monumentglas of een achterzetraam.

Met monumentglas en een achterzetraam is een U-waarde van minimaal 0,5 W/m²K te behalen. Dit is afhankelijk van de breedte van de sponning. In beide gevallen worden de monumentale waarden aan de buitenzijde niet aangetast. Een achterzetraam zal echter het beeld van binnen veel doen veranderen. Om deze reden kiezen we voor het toepassen van monumentglas.

Nieuwe schuiframen

De kozijnen aan de twee zijgevels en achtergevel die verloren zijn gegaan zullen vervangen worden door kozijnen die overeenkomen met het oorspronkelijke uiterlijk. Deze kozijnen dienen uitgevoerd te worden in hout.



Figuur 35. Milieuklasse kozijnhout

Uit de vergelijking valt op te maken dat het belangrijkste verschil tussen de vier houtsoorten de levensduur en milieuklasse is. We kiezen voor Europees loofhout voor de nieuwe kozijnen. Dit is de duurzaamste keuze.

Nieuwe glas in nieuwe kozijn

Er worden geen monumentale eisen gesteld aan het glas van de nieuwe kozijnen. De gemiddelde U-waarde van het glas dient 1,65 W/m²K te zijn volgens het Bouwbesluit 2012.

Tabel 3. Energieverlies/winst van verschillende typen glazen

	HR+ glas	HR++ glas	Triple glas (HR+++)
U-waarde (W/m ² K)	1,2	1,1	0,5
Gewicht (kg/m ²)	20	20	30
Netto energiewinst per m ² (in kWh/jaar) ¹³			
Noord	-33	-26	15
Noordoost	-27	-20	21
Oost	-5	2	41
Zuidoost	25	33	69
Zuid	40	48	83
Zuidwest	26	34	70
West	-4	4	43
Noordwest	-26	-18	22

Om een energiewinst te behalen op de linkergevel (noordoost) en achtergevel (noordwest) dient er triple glas te worden toegepast. We hebben onderzocht wat de invloed is van triple en HR++ glas is bij Huize Parklust. Uit de resultaten blijkt dat er 4% meer energie kan worden bespaard met triple glas ten opzichte van HR++ glas. Meer informatie over dit resultaat is te vinden in Bijlage 5 – Installatietechniek, 5.1.9. Ondanks dat triple glas 50% zwaarder is dan HR++, levert dit geen problemen op. De gemetselde buitenwanden hebben een dragende functie. Om de bovenstaande redenen zullen de nieuwe kozijnen van

¹³ Bron: Lente-Akkoord, Factsheet drieboudig glas, november 2014

triple glas worden voorzien. Op deze manier zal het energieverlies van Huize Parklust worden beperkt.

6.2 Installatieconcepten

Op weg naar energie-nul spelen de installaties een grote rol. We hebben drie installatieconcepten opgezet waarbij geen gebruik gemaakt wordt van fossiele brandstoffen. De bouwkundige maatregelen dienen in samenhang te zijn met de installaties. Om een goede installatiekeuze te maken, zullen we voor elk installatieconcept de energiebehoefte berekenen. Het streven is naar een zo laag mogelijk energiebehoefte voor Huize Parklust. Om het installatieconcept nader uit te werken, maken we gebruik van de Nieuwe Stappenstrategie +. De installatieconcepten zijn als volgt:

- Installatieconcept 1: Hybride warmtepomp
- Installatieconcept 2: Combiwarmtepomp (bodem/water en grondwater/water)
- Installatieconcept 3: Pelletkachel

Ieder installatieconcept wordt berekend met de mogelijke verschillende ventilatiesystemen. Op deze manier kan de beste en voordeligste keuze gemaakt worden voor ventilatie. De ventilatiesystemen worden afgekort als:

Systeem A: Natuurlijk toevoer / natuurlijk afvoer

Systeem B: Mechanisch toevoer / natuurlijk afvoer

Systeem C: Natuurlijk toevoer / mechanisch afvoer

Systeem D: Mechanisch toevoer / mechanisch afvoer (balansventilatie)

Om het energieverbruik te beperken en het comfort van de bewoners te verhogen worden uitsluitend ventilatiesysteem C en D berekend met de verschillende installatieconcepten.

Tabel 4. Installatieconcepten

Concept	Verwarming	Tapwater	Ventilatie systeem	Koeling
1.	Hybride WP	Hybride WP	C	
2.1	Combi WP (bodem/ water)	Combi WP (bodem/ water)	C	-
2.2	Combi WP (bodem/ water)	Combi WP (bodem/ water))	C	-
2.3	Combi WP (bodem/ water)	Combi WP (bodem/ water)	C	Combi WP (grondwater/ water)
2.4	Combi WP (bodem/ water)	Combi WP (bodem/ water)	D	Combi WP (grondwater/ water)
2.5	Combi WP (grondwater/ water)	Combi WP (grondwater/ water)	D	-
2.6	Combi WP (grondwater/ water)	Combi WP (grondwater/ water)	D	-
2.7	Combi WP (grondwater/ water)	Combi WP (grondwater/ water)	C	Combi WP (grondwater/ water)
2.8	Combi WP (grondwater/ water)	Combi WP (grondwater/ water)	C	Combi WP (grondwater/ water)
3.1	Pelletkachel	Pelletkachel	C	-
3.2	Pelletkachel	Pelletkachel	D	-

6.2.1 Installatieconcept 1 – Hybride warmtepomp

Installatieconcept 1, de hybride warmtepomp, valt in de berekening al snel af. De hybride warmtepomp kan niet voldoende warmte uit de buitenlucht onttrekken om aan de verwarmings- en warm tapwater behoefte van Huize Parklust te voldoen. De reden hiervoor is de gebruiksoppervlakte. Een hybride warmtepomp is geschikt voor woningen tot een maximale gebruiksoppervlakte van 300 m². De gebruiksoppervlakte van Huize Parklust bedraagt 502 m².

6.2.2 Installatieconcept 2 – Combi warmtepomp

De combiwarmtepomp kan wel aan de verwarmings- en warm tapwater behoefte van Huize Parklust voldoen. Tijdens de berekeningen hebben we zowel gekeken naar een combiwarmtepomp met bodembron als grondwaterbron voor de ventilatiesystemen C en D. Op basis van de resultaten die te vinden zijn in Bijlagen 5 - Installatietechniek, hoofdstuk 5.4 kunnen we de volgende conclusies trekken:

- Een combiwarmtepomp met een grondwaterbron levert een hoger rendement op dan een combiwarmtepomp die de warmte uit de bodem onttrekt. Door grondwater als warmtebron toe te passen kan er een EPC- verlaging van 0,04 tot 0,05 worden behaald ten opzichte van een bodembron.
- Een combiwarmtepomp die zowel voor verwarming als koeling dient, zorgt voor een verlaging van het totale energieverbruik. Er kan een EPC- verlaging van 0,03 tot 0,04 worden behaald.
- Een combiwarmtepomp met ventilatiesysteem C verbruikt minder energie dan systeem D. Ondanks dat D de verwarmingsbehoefte met 17% en het zomercomfort met 13% verminderd, verbruiken de ventilator(en) 150% meer energie dan bij systeem C. Er kan een EPC verlaging van 0,02 tot 0,03 worden behaald.

6.2.3 Installatieconcept 3 – Pelletkachel

Om aan de energiebehoefte van Huize Parklust te voldoen heeft een pelletkachel ongeveer 23 tot 29% meer energie nodig ten opzichte van een combiwarmtepomp. In tegendeel tot de combiwarmtepomp kan een pelletkachel worden beschouwd als een CO₂-neutraal installatiesysteem. Bij de

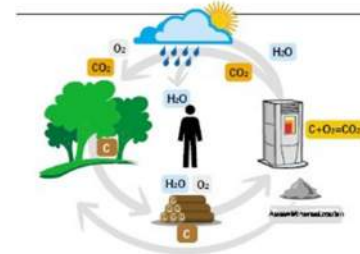
warmteproductie voor verwarming en warm tapwater wordt biomassa (in de meeste gevallen hout in de vorm van pellets, snoeihout, blokhout of zaagsel) gebruikt als brandstof, die de volledige warmtebehoefte levert. Hierdoor bedraagt het primair energieverbruik voor verwarming en warm tapwater 0 MJ. De hulpenergie dient echter wel te worden meegenomen.

Aangezien voor het primair energieverbruik van verwarming en warm tapwater in de EPG- berekening de waarde 0 aangehouden kan worden, heeft dit een groot invloed op de EPC-waarde. In eerste instantie bedroeg het totale energieverbruik 159177 MJ voor ventilatiesysteem C en 159023 MJ voor ventilatiesysteem D. Na het toepassen van de waardering is het totale energieverbruik slechts 46551 MJ bij ventilatiesysteem C en 62040 MJ bij ventilatiesysteem D.

De exacte energiebehoefte per onderdeel voor de installatieconcepten zijn te vinden in Bijlage 5 – Installatietechniek, 5.2.

6.2.4 Installatiekeuze

Bij Huize Parklust is het toepassen van een hybride warmtepomp niet mogelijk door de te grote gebruiksoppervlakte van de villa. Een combiwarmtepomp met grondwater als warmtebron met ventilatiesysteem C vormt in eerste instantie het zuinigste systeem, kenmerkend door het lage energieverbruik voor verwarming. In NEN¹⁴ 7120 is opgenomen dat de energie, die door biomassa wordt opgewekt, niet tot het primair energieverbruik behoort. Hierdoor dient uitsluitend de hulpenergie aan het primair energieverbruik te worden toegekend. Bij Huize Parklust geeft dit een EPC- verlaging van 0,34 tot 0,39. Om deze redenen is er voor een pelletkachel gekozen die Huize Parklust van verwarming en warm tapwater moet voorzien. Verder is een pelletkachel een CO₂- neutrale installatiesysteem, met uitzondering van transport en onderhoud. Op basis van comfort



Figuur 36. Hout stoken is energie-neutraal

¹⁴ NEN: Nederlandse Norm. NEN begeleidt en stimuleert de ontwikkeling van normen.

en energieverbruik krijgt ventilatiesysteem D de voorkeur bij Huize Parklust. Daarnaast is dit ventilatiesysteem zeer goed te combineren met vloerverwarming die voorkomt uit de gebruikerseisen.

6.2.5 De Nieuwe Stappenstrategie +

Nu we de installatie hebben gekozen gaan we in op stap 1 en 2 van de Nieuwe Stappenstrategie +. Hierbij zal de invloed op de EPC van Huize Parklust worden bepaald.

- Stap 1. Invloed van stedenbouwkundige aspecten
- Stap 2a. Gebruik energie uit reststromen
- Stap 2b. Gebruik duurzame energiebronnen

6.2.5.1 Stap 1. Invloed van (steden) bouwkundige aspecten

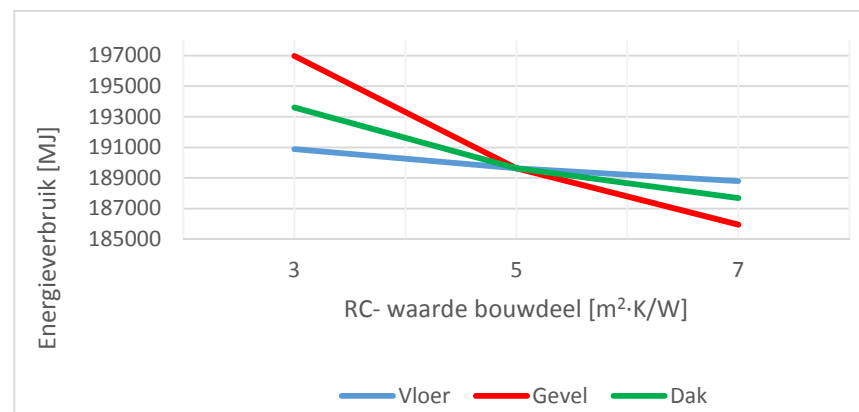
Thermische schil

In stap 1 van de Nieuwe Stappenstrategie + dient de energievraag van Huize Parklust te worden beperkt. Omdat we te maken hebben met een bestaande monumentale villa, zijn er veel beperkingen voor onder andere de oriëntatie, het daglicht, de gebouwmassa en de vorm. Hierdoor kan alleen de invloed van de thermische schil en de zonwering op de EPC worden bepaald.

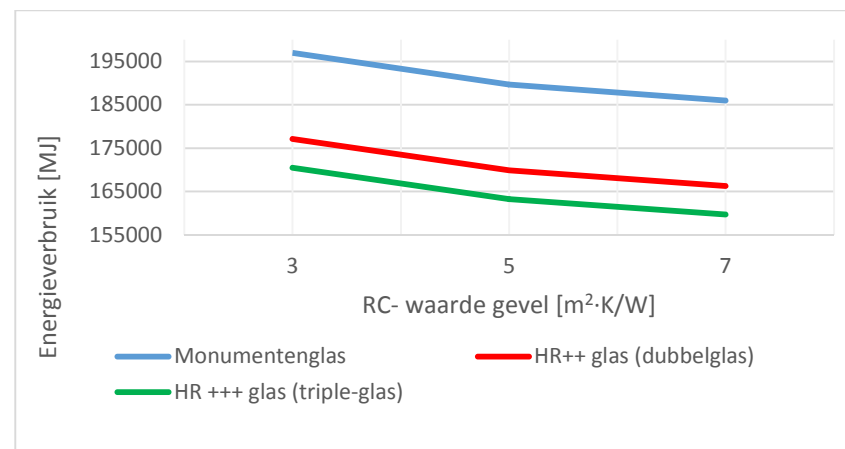
Uit de berekeningen die te vinden zijn in Bijlage 5 – Installatietechniek, 5.1 kunnen we de conclusie trekken dat de warmteweerstand van de gevels en U-waarde van de ramen een grotere invloed hebben op het totale energieverbruik ten opzichte van het dak of de vloer. De resultaten zijn weergegeven in figuur 33.

Hoewel de RC-waarde een grote rol heeft in het energieverbruik van Huize Parklust, speelt de kwaliteit van de gevelopeningen ook een grote rol. In figuur 34. is weergegeven wat de invloed is van de verschillende soorten glas. Bij deze berekening is uitgegaan van een RC-waarde van 5,0 voor het dak en vloer.

Uit figuur 34 kunnen we opmaken dat HR++ glas (U- waarde 1,2) ten opzichte van monumentenglas (U- waarde 0,6) zorgt voor een verlaging van 10% van het totale energieverbruik. De beste resultaten worden bereikt met HR+++ glas. Dit levert een besparing op van 4% van het totale energieverbruik ten opzichte van HR++ glas.



Figuur 37. Invloed van bouwdelen op het totale energieverbruik



Figuur 38. Invloed van gevelopeningen op het totale energieverbruik

De bestaande (monumentale) kozijnen van Huize Parklust krijgen monumentaal glas met een U-waarde van 1,9. Alle overige nieuwe ramen krijgen triple glas (HR+++ glas). Op deze manier wordt het energieverbruik verminderd. Bij de vergelijking van installatieconcept 3.1 en 3.2 komen we nog tot een andere bevinding. Naarmate de gevel een hogere warmteweerstand heeft in combinatie

met betere isolerende beglazing, neemt het verschil in energieverbruik tussen ventilatiesysteem C en D af. Bij een lage isolatiewaarde voor de gevel en beglazing heeft ventilatiesysteem D een lager energieverbruik dan C.

Zonwering

Bij de oorspronkelijke aanleg had Huize Parklust uitsluitend zonwering aan de voorgevel in de vorm van persiennes (Louvre luiken). Dit uiterlijk is beschermd, wat ten goede komt aan het monument. Door het handhaven van het oorspronkelijke uiterlijk (persiennes aan de voorgevel) wordt het energieverbruik voor koeling met 28% verminderd (56 – Installatietechniek, tabel 31).

Vervolgens hebben we gekeken wat de invloed is van zonwering op de overige gevels van Huize Parklust. We komen tot de conclusie dat het toepassen van zonwering op de rechter- en achtergevel weinig invloed heeft op het zomercomfort. Wel is de linkergevel interessant. Door het toepassen van zonwering kan er 25% aan energie worden bespaard.

Er is gekozen om zowel bij de voor- als linkergevel automatische zonwering toe te passen. Hierdoor zal het gebruik en comfort voor de gebruikers worden verbeterd. De kans op oververhitting in de zomer is hierdoor kleiner, alhoewel dit niet in de EPC terug af te leiden is.



Figuur 39. Huize Parklust 1946, voorgevel met persiennes

6.2.5.2 Stap 2a. Gebruik energie uit reststromen

Hier gaan we na wat de invloed is van verschillende warmteterugwinnings-systemen. De volgende vormen van reststromen zijn mogelijk bij Huize Parklust:

- Warmteterugwinning van afvoerlucht ☐
- Douchewater WTW ☐
- Pelletkachel ☐

Warmteterugwinning uit afvoerlucht

Het terugwinnen van warmte uit afvoerventilatielucht is enkel van toepassing bij ventilatiesysteem D. Bij ventilatiesysteem C wordt de ventilatielucht onverwarmd de ruimte toegevoerd. Uit de berekeningen (Bijlage 5 – Installatietechniek, tabel 33) kunnen we concluderen dat ventilatiesysteem D die door CO₂ sensoren wordt aangestuurd vanuit verschillende vertrekken, het beste energetische resultaat oplevert. Door het terugwinnen van warmte uit afvoerlucht kan er 34% van de energie worden bespaard. Met CO₂ sturing in meerdere vertrekken wordt nog extra bespaard op verwarming en energieverbruik van de ventilatoren. Dit komt omdat de ventilatoren uitsluitend werken wanneer er behoefte is aan luchtverversing.

Douchewater WTW

Het terugwinnen van warmte uit afvoerwater kan op drie manieren namelijk: door middel van een douchebak, douchegoot en douchepijp. Een douchebak zorgt voor de grootste energiebesparing bij Huize Parklust (Bijlage 5 – Installatietechniek, tabel 34). Door het terugwinnen van warmte uit afvoerwater kan er 29% van het totale energieverbruik worden bespaard van warm tapwater.

Pelletkachel

‘Waste equals food’ (William McDonough en Michael Braungart, 2012) ‘Afval is voedsel’. Het toepassen van een pelletkachel behoort volgens onze strategie ook tot stap 2a van de Nieuwe Stappenstrategie +. Een pelletkachel gebruikt restafval als brandstof.

6.2.5.3 Stap 2b. Gebruik duurzame energiebronnen

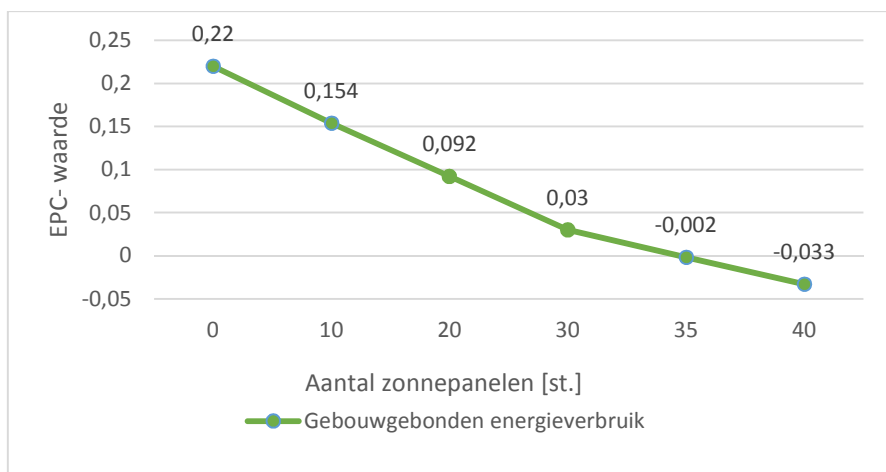
Bij Huize Parklust kunnen de volgende duurzame energiebronnen worden toegepast:

- Zonnepanelen
- Zonneboiler

Het toepassen van zonnepanelen of zonneboiler is mogelijk daar waar de monumentale waarden niet worden aangetast.

Zonnepanelen

Zonnepanelen hebben een grote rol in de EPC-waarde van Huize Parklust. (Bijlage 6 - Literatuuronderzoek, 2.4.2) uit figuur 35 is de het effect van de zonnepanelen af te lezen.



Figuur 40. Invloed van zonnepanelen op de EPC waarde van Huize Parklust

Zonneboiler

Het toepassen van een zonneboiler bij Huize Parklust conform de gegevens uit Bijlage 5 – Installatietechniek, tabel 35, geeft een verlaging van het energieverbruik met 59%. Hierdoor is het toepassen van een zonneboiler een zeer goede overweging om het energieverbruik van Huize Parklust te verlagen. De vraag die we nu kunnen stellen is: wat is de invloed op het energieverbruik wanneer zowel een douche WTW als een zonneboiler worden toegepast?

Op basis van deze gegevens uit Bijlage 5 – Installatietechniek, tabel 37, kunnen we concluderen dat het treffen van beide maatregelen ten kostte gaat van het totale rendement. Een zonneboiler in combinatie met een douche WTW zorgt voor een extra energieverlaging van 5263 MJ ten opzichte van enkel een zonneboiler. Dit is 37% minder dan wanneer enkel de douche WTW wordt toegepast. Hierdoor zal bij Huize Parklust geen douche WTW worden toegepast, maar enkel een zonneboiler.

6.2.6 Definitieve installatie

Een pelletkachel voorziet Huize Parklust van verwarming en warm tapwater. De pelletkachel zal geplaatst worden in de bestaande kelder van Huize Parklust (figuur 37).

Op de begane grond en verdieping wordt vloerverwarming toegepast. De zolder wordt voorzien van radiatoren. Vloerverwarming (LTV) heeft de beste temperatuurgradiënt uit onze vergelijking en zorgt tevens voor een gelijkmatige temperatuurspreiding.

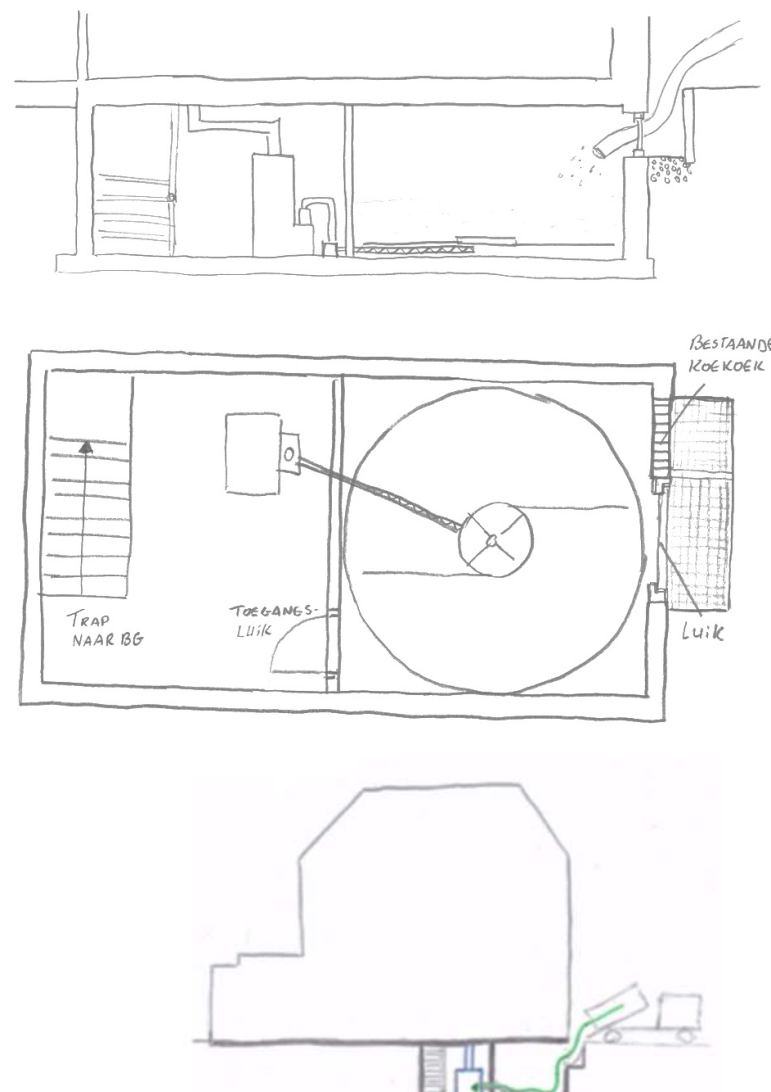
Om de energievraag van de pelletkachel te verminderen voor warm tapwater wordt een zonneboiler toegepast. De zonnecollectoren worden op het dak gemonteerd onder een ideale hoek van 45° naar het zuidoosten gericht. De zonneboiler is voorzien van een opslagvat van 300 liter, die nodig is voor Huize Parklust vanwege haar omvang.

Om comfort in de wintermaanden te garanderen is er voor het ventilatiesysteem D gekozen. Warme afvoerlucht wordt gebruikt om (koude) toevoerlucht voor te verwarmen. Hiermee wordt koudeval in de ruimten voorkomen. Het ventilatiesysteem wordt voorzien van een bypass, met een bijdrage van 100%. Hierdoor wordt ook het comfort in de zomer verbeterd. In de verblijfsruimten worden er CO₂ sensoren geïnstalleerd, waardoor er vraag gestuurd wordt geventileerd. Op deze manier wordt het energieverbruik van de ventilatoren maximaal beperkt, terwijl het comfort in de ruimten gewaarborgd blijft. Om het comfort te verhogen zal er meer worden geventileerd in de verblijfsruimten van Huize Parklust dan de norm voorschrijft. In het Bouwbesluit is opgenomen dat de minimale luchtverversing minimaal 0,7 dm³/s per m² vloeroppervlakte dient te zijn, met een minimum van 7 dm³/s. Wij hanteren echter een luchtverversing van

1,0 dm³/s per m² vloeroppervlakte, waardoor er ruimschoots aan deze voorwaarde wordt voldaan.

De voor- en linkergevel worden voorzien van persiennes (Louvre luiken). Op deze manier wordt het zomercomfort verbeterd en worden de monumentale waarden van de gevels niet aangetast. De persiennes worden automatisch (met behulp van sensoren) gestuurd. Handmatige bediening is van binnenuit mogelijk om de beïnvloedbaarheid van de bewoners niet in de weg te staan.

Om het energieverbruik van Huize Parklust te compenseren zullen er zonnepanelen toegepast worden voor het opwekken van duurzaam energie.



Figuur 41. Pelletkachel

6.3 Energie-nul

6.3.1 Gebouwsgebonden energieverbruik

Aan de hand van de EPG berekeningen van het installatieconcept hebben we het gebouwsgebonden energieverbruik vastgesteld. Het energieverbruik hebben we proberen te verminderen door middel van de Nieuwe Stappenstrategie +. Uiteindelijk hebben we het definitieve, gebouwsgebonden energieverbruik van Huize Parklust bepaald.

Het gebouwsgebonden energieverbruik van Huize Parklust bedraagt: 6377 kWh

6.3.2 Gebruikersgebonden Huize Parklust

Huize Parklust zal bewoond worden door een gezin van 5 personen. Het gezin bestaat uit 2 ouders en 3 schoolgaande kinderen.

Meneer werkt vijf dagen van de week buitenshuis. Mevrouw werkt drie dagen per week buitenshuis. De drie kinderen gaan allemaal vijf dagen in de week naar school. De oudste zit op de middelbare school, de jongste twee gaan naar de basisschool. De hele week is er iemand gedurende een dagdeel aanwezig om het huishouden te verzorgen.

Om het gebruikersgebonden energieverbruik zo goed mogelijk te kunnen bepalen hebben we een interview gehad met de toekomstige bewoners van Huize Parklust. Aan de hand van onze lijst met huishoudelijke apparaten hebben we vastgesteld hoe vaak iedere apparaat wordt gebruikt. De bewoners van Huize Parklust hebben aangegeven hoe vaak ze gemiddeld gebruik maken, of gebruik denken te maken van apparaten.

Een huishouden van 5 personen heeft een energieverbruik van ongeveer 5.292 kWh¹⁵. Aan de hand van het interview zijn we op een gebruikersgebonden energieverbruik van in totaal 5.415 kWh per jaar gekomen voor Huize Parklust. Dit is exclusief de overige kleine apparatuur.

¹⁵ Bron: <http://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/snel-besparen/grip-op-ie-energierekening/gemiddeld-energieverbruik/>

Het energieverbruik van de overige apparatuur bedraagt ongeveer 11,3%¹⁶ van het totale energieverbruik.

Het totale gebruikersgebonden energieverbruik bedraagt 6.027 kWh per jaar. Dit is 13% hoger dan een gemiddeld gezin van vijf personen in Nederland. In Bijlage 5 – Installatietechniek is de exacte berekening van het gebruikersgebonden energieverbruik te vinden.

6.3.3 Energieopwekking voor huize Parklust

Na onderzoek te hebben gedaan (Bijlage 5 – Installatietechniek) naar de mogelijkheden voor energieopwekking, hebben we gekozen voor verschillende zeven manieren:

- Zonneboiler (warm tapwater)
- Zonnepanelen op het dak
- Persiënnes voorzien van zonnecellen
- Zonnepanelenschutting
- Zonnepanelen carport
- Tuinverlichting
- Tuindecoratie

Zonneboiler

Zoals we in 3.3.2.2. hebben toegelicht zullen we gebruik maken van een zonneboiler ten behoeve van warm tapwater.

Zonnepanelen op het dak

Het platte deel van het dak van Huize Parklust zullen we voorzien van zonnepanelen. Het dak heeft een oppervlakte van 46,8 m². Op het dak komen naast zonnepanelen ook zonnecollectoren. Daarnaast is er loopruimte aangehouden voor onderhoud. Verder is er rekening gehouden met mogelijke



Figuur 42. Zonneboiler

¹⁶ Bron: <http://www.solarwebsite.nl/2013/01/analyse-energieverbruik-2012/>

beschaduwning van dakdoorvoeren en tuitstuk met pinakel. Uiteindelijk blijft er een dakoppervlakte van 24,38 m² over die benut kan worden voor zonnepanelen. Hierbij maken we een onderscheid tussen zonnepanelen onder een hellingshoek van 36° en 0°.

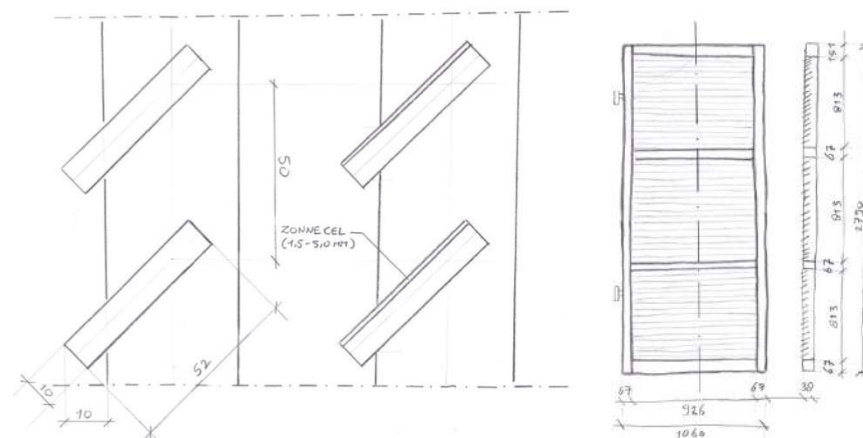
Het grootste deel van de zonnepanelen wordt onder een hellingshoek van 0° geplaatst. Om te voorkomen dat het rendement van de zonnepanelen afneemt, zullen de zonnepanelen niet direct tegen het dak worden gemonteerd. Er wordt een luchtspouw gecreëerd tussen het zonnepaneel en het dak door middel van een hulpconstructie van staal. Hierdoor kunnen de zonnepanelen goed ventileren. De zonnepanelen onder een hoek van 0° wekken 3163,16 kWh op. De zonnepanelen onder een hoek van 36° wekken slechts 368,16 kWh op.



Figuur 43. PT-DAK Overzicht zonnepanelen en collectoren

Persiennes met zonnecellen

Huize Parklust heeft persiennes als zonwering. Door het integreren van zonnecellen in de lamellen kan er energie worden opgewekt. Huize Parklust heeft 12 persiennes op de voorgevel. Ieder persienne heeft 48 lamellen (figuur 5). Totaal hebben we een oppervlakte van 20,56 m² aan persiennes voor zonnepanelen. De persiennes hebben een belangrijk aandeel in zowel zomercomfort als energieopwekking. De zonnecellen op de luiken wekken in totaal 3124,75 kWh aan energie op.



Figuur 44. Persiennes met zonnecellen

Zonnepanelenschutting

Aan de linkergevel van Huize Parklust komt een schutting. Deze schutting wordt van zonnepanelen voorzien onder een hellingshoek van 36°. Tussen de zonnepanelen wordt een ruimte aangehouden om beschaduwning te voorkomen en ventilatie toe te staan. De schutting met de afmetingen van 10,0 bij 2,5 meter is goed voor 23,03 m² aan zonnecellen. Met de zonnepanelenschutting wekken we 3498,66 kWh op.



Figuur 45. Zonnepanelenschutting

Zonnepanelen carport

In de voortuin zal er een carport komen voor één auto. Het dak van de carport zal uit zonnepanelen bestaan die onder een hoek van 36° worden geplaatst. Met de zonnepanelen carport kunnen we 3129,31 kWh opwekken.



Figuur 46. Carport met zonnepanelen

Tuinverlichting

In de tuin is altijd verlichting nodig. Er zal gebruik gemaakt worden van tuinverlichting met zonnepanelen. De benodigde energie voor de tuinverlichting wordt gewonnen door de zonnecellen op de verlichting zelf. Gedurende de dag zullen de zonnecellen zonne-energie omzetten in elektriciteit. Deze wordt 's avonds gebruikt voor de buitenverlichting.



Figuur 47. Tuinverlichting met zonnecellen

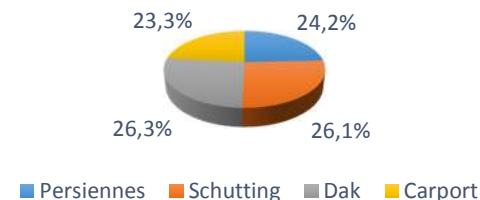
Totale energieopwekking

Met deze verschillende manieren van energieopwekkingen kunnen we voldoende energie opwekken bij Huize Parklust.

De totale energiebehoefte (gebouwgebonden + gebruikersgebonden) bedraagt: 12404 kWh

De totale energieopwekking van Huize Parklust bedraagt door de eerder genoemde maatregelen 13.284 kWh. In Figuur 47 is de verdeling van de energieopwekking weergegeven. Een uitgebreide uitwerking van deze gegevens is te vinden in Bijlage 5E – EPG berekening.

Aandeel in energieopwekking



Figuur 48. Energieopwekking

7 Energie-nul monument Huize Parklust

Huize Parklust heeft een lange weg moeten afleggen om energieneutraal te worden. De Nieuwe Stappenstrategie is hierbij leidend geweest. Allereerst was het uitgangspunt om de energievraag tot het minimum te beperken. Dit hebben we gedaan door goed te isoleren volgens de Bouwbesluiten voor nieuwbouw. Daarnaast is er hoogwaardige beglazing toegepast in de nieuwe kozijnen. De monumentale voorgevel, waar de bestaande kozijnen behouden zijn gebleven, is voorzien van monumentenglas van goede isolerende eigenschappen.

Vervolgens is er begonnen met het ontwerpen van het installatieconcept. Na een vergelijking tussen verschillende concepten hebben we gekozen voor een pelletkachel met ventilatiesysteem D. Een pelletkachel heeft ervoor gezorgd dat er minder elektriciteit opgewekt hoeft te worden, omdat hout een duurzaam en hernieuwbaar materiaal is. Bovendien worden pellets gemaakt van afvalhout, waardoor we op deze manier optimaal gebruik maken van reststromen. Er is een installatieruimte van voldoende omvang gecreëerd in de kelder. Hierdoor hoeven er maar twee keer per jaar pellets te worden getransporteerd om Huize Parklust van zijn energiebehoefte te voorzien.

Om het energieverbruik nog verder te verlagen is er gekozen voor ventilatiesysteem D. De combinatie van goed isoleren en ventilatiesysteem D gaat goed samen. Dit komt omdat koude buitenlucht niet direct in contact komt met warme binnenlucht. De koude buitenlucht wordt door middel van een warmteterugwinningssysteem voorverwarmd. Samen met de pelletkachel maken we optimaal gebruik van de reststromen die er bij Huize Parklust zijn.

De laatste stap bestond uit het opwekken van de duurzame energie om de gebruikers- en gebouwgebonden energieverbruik te compenseren. We hebben een zonneboiler toegepast die verantwoordelijk is voor een groot deel van de productie van warm tapwater. Daarnaast kunnen we op verschillende creatieve manieren energie opwekken met behulp van zonnepanelen. Het totale

gebruikers- en gebouwgebonden energieverbruik wordt op deze manier gecompenseerd.

Conclusie

Huize Parklust heeft een lange weg moeten afleggen om energieneutraal te worden. Deze bijzondere villa dankt zijn monumentale status aan het feit dat het toentertijd is ontworpen door de beroemde architect Cornelis Marinus Gardenier, in opdracht van de burgemeester van Apeldoorn, Tutein Nolthenius. Garnier heeft Huize Parklust bijzondere waarden gegeven en achtergelaten, die in de loop van de twintigste eeuw langzaam zijn afgebrokkeld. De échte monumentale waarden zijn nooit verloren gegaan. De schuiframen met glijblok op de voorgevel, Penrhyn dakleien in maasdekking, massief houten deur met vestibule en kooflijsten aan de stucplafonds zijn van grote waarde. Na drie decennia achter sauswerk te zijn verstopt komen de prachtige mozaïektegels onder de segmentbogen weer tevoorschijn. Historische foto's maken de monumentale waarden compleet. Hier zijn de grote persiennes en bijzondere dakkapellen op de voorgevel te bewonderen.

Huize Parklust is inmiddels gerestaureerd. Wanneer de eisen in samenhang met de monumentale waarden worden opgesteld kunnen de beste resultaten worden bereikt. De veiligheids- en gezondheidseisen dienen aan het Bouwbesluit te voldoen. Deze eisen hebben niet tot confrontaties geleid bij Huize Parklust. Verder stelt het Bouwbesluit geen eisen aan monumenten, waardoor het ambitieniveau naar eigen wens kan worden bepaald. Het thermisch isoleren van monumenten vergt de meeste aandacht en dient zorgvuldig te gebeuren om verlies van de monumentale waarden te voorkomen. Een goede detaillering draagt hiertoe bij. De bouwfysica heeft een grote rol hierin.

Om het energieverbruik van Huize Parklust te verlagen is de ontwerpstrategie 'Nieuwe Stappenstrategie+ (plus)' ontwikkeld. In ons onderzoek is gebleken dat dit een meerwaarde is geweest, door een structuur te hanteren en de monumentale waarden niet als een apart onderdeel te beschouwen. Het uitsluiten van fossiele brandstoffen hierin, brengt een beperking aan keuze met zich mee. Met uitzondering van warmtepompen en biomassakachels zijn er geen andere installatiesystemen die het gebruik van fossiele brandstoffen voorkomen.

In de toekomst dient de installatietechniek te worden uitgebreid. Dit is niet alleen nodig om ons ontwerpstrategie meer mogelijkheden te bieden, maar ook om de CO₂-uitstoot van gebouwen te kunnen verlagen. Door de lat hoger te leggen dan de nieuwbouweis van 2020, toont ons onderzoek aan dat een monument, zoals Huize Parklust, wel degelijk energiezuinig kan worden gemaakt, en zelfs tot een nul-op-de-meter resultaat.

Keuzes zijn niet beïnvloed door kosten, waardoor de monumentale waarden nooit uit het oog zijn verloren. Dit heeft ook zijn gevolgen gehad voor de installatietechniek die uiteindelijk het totale gebouwgebonden energieverbruik bepaalt.

Er is weinig invloed uit te oefenen op het gebruikersgebonden energieverbruik. Dit is een drempel waar men over kan struikelen bij het realiseren van nul-op-de-meter bij een monument. Door de beschermde buitengevels van Huize Parklust, is er weinig vrijheid om energie op te wekken. Creativiteit en monument-denken moeten tot oplossingen leiden. Mogelijkheden op het terrein hebben Huize Parklust uiteindelijk nul-op-de-meter gemaakt. Zonder terrein zou het ambitieniveau nooit zijn behaald.

Aanbevelingen

De onderzoeksresultaten zijn specifiek voor Huize Parklust. Hierdoor kunnen de onderzoeksresultaten niet één op één worden meegenomen in andere onderzoeken of projecten. Hieronder noemen we een aantal aandachtspunten:

Alle gegevens zijn consequent handmatig ingevoerd. De software waarmee de berekening is uitgevoerd hanteert NEN 7120. Hierdoor kan er geen invloed op het eindresultaat worden uitgeoefend.

Er is gerekend met de forfaitaire waarden voor de ventilatoren, koudebruggen en verlichting. Bij een uitvoerige berekening zouden deze waarde sterk kunnen verschillen. Het energieverlies door koudebruggen bij Huize Parklust zal naar waarschijnlijkheid groter zijn, omdat het om een bestaande constructie gaat die niet met isolatie onderbroken kunnen worden.

Een groot deel van de materialen die bij Huize Parklust worden toegepast zijn beoordeeld door het NIBE in het Handboek Bouwmaterialen. Omdat niet alle gekozen materialen zijn beoordeeld, is de duurzaamheid van deze materialen onbekend. In een vervolgonderzoek zou nagegaan kunnen of deze methode daadwerkelijk tot duurzame projecten leidt.

In ons onderzoek wordt de energie die door de pelletkachel wordt geleverd, door het verbranden van pellets, die uit afvalhout worden geproduceerd, gezien als duurzame energie. Hierdoor wordt de opgewekte energie niet tot het primair energieverbruik gerekend. Of het verbranden van pellets daadwerkelijk CO₂-neutraal is, dient verder onderzocht te worden.

Uit de EPG berekeningen van ons onderzoek komt naar voren dat het totale energieverbruik van ventilatiesysteem C op basis van CO₂-regeling in combinatie met een warmtepomp lager is dan met ventilatiesysteem D met vraaggestuurde ventilatie en warmteterugwinning. Dit komt door het zeer hoge energieverbruik van de ventilatoren. In de praktijk wordt deze conclusie vaak ontkracht.

Uit onze literatuurstudie volgt dat koper-indium/gallium-diselenide zonnepanelen, de duurzaamste zonnepaneel is. In verhouding met

monokristallijne zonnepaneel leveren deze zonnepanelen veel minder elektriciteit op, waardoor er een veel groter oppervlakte aan zonnepanelen nodig is. Hierdoor is de koper-indium/gallium-diselenide naar ons mening te weinig competitief met de monokristallijne en polykristallijne zonnepaneel.

De huidige norm (NEN7120) benoemt de invloed van zonnepanelen op daken op de energieprestatie niet. Aangezien de zonnepanelen voor beschaduwing zorgen, kan dit een koelend effect in de zomer hebben. Een onderzoek dient de invloed van zonnepanelen op daken in Nederland meer zicht te geven.

De meeste softwareprogramma's ondersteunen een pelletkachel niet. Hierdoor kan er geen exacte berekening worden gemaakt. Bij Huize Parklust is er van een externe warmtebron uitgegaan die op biomassa werkt. Dit geeft een referentiewaarde.

Bijlagen

Bijlage 1 – Programma van Eisen

Bijlage 2 – Vooronderzoek

Bijlage 3 – Monument Huize Parklust

Bijlage 4 – Bouwtechniek

- 4A – Warmteweerstanden
- 4B – Dampdiffusie
- 4C – Toelaatbare vocht
- 4D – Bouwtechnisch tekenwerk

Bijlage 5 – Installatietechniek

- 5A – Warmtelast berekening
- 5B – Luchtverversing
- 5C – Luchtsnelheid en kanalen
- 5D – Installatietekeningen
- 5E – EPC berekening

Bijlage 6 – Literatuurstudie

Bijlage 7 – Procesdocumenten

- 7A – Plan van Aanpak
 - 7A – 1 Projectplanning
 - 7A – 2 Schematisering Plan van Aanpak
 - 7A – 3 POP Kubra Peker
 - 7A – 4 POP Ermeson Malaquias
 - 7A – 5 Beoordelingsformulier
- 7B – Reflectieverslagen
- 7C – Vergaderingen
- 7D – Urenverantwoording

Bronvermelding

[1] Logo Harmonische Architectuur. (z.d.). Gedownload op 30 maart, van <http://www.harmonischearchitectuur.com>

[2] Fotoarchief Apeldoorn. (z.d.). Gedownload op 22 maart, van <http://fotoarchiefapeldoorn.nl/indische-buurt/straten-f-tm-j/gardenierslaan/index.html>

[3] Google Maps. (2015). Gedownload op 22 maart, van <https://www.google.nl/maps/search/parkenbuurt+apeldoorn/@52.2114246,5.9798043,13z/data=!3m1!4b1>

[4 t/m 15] Harmonische Architectuur. (2014). Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn. Eigen bron. Voorstonden: Harmonische Architectuur. ☐

[16] Energie-nul. (z.d.). Gedownload op 30 maart, van <http://www.dd-architect.nl>

[17] Nieuwe Stappenstrategie + K&E pr0jecten. (2015). *Eigen bron*

[18] Werkgroep VerantwoordBouwen. (z.d.). Dampdicht, open en volledig dampdoorlatend. *Werkgroep VerantwoordBouwen*. Gedownload op 30 maart, van <http://www.doscha.nl/wp-content/uploads/2015/02/Damp-dichtopendoorlatend.pdf>

[19 en 20] Harmonische Architectuur. (2014). Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn. Eigen bron. Voorstonden: Harmonische Architectuur

[21 en 22] K&E pr0jecten. (2015). *Eigen bron*

[23] bouwmarktshop.nl. (z.d.). Fermacell vloerplaat 2E32. Gedownload op 30 maart 2015, van http://www.debouwmarktshop.eu/WebRoot/StoreLNL/Shops/62433508/4B5E/C461/E487/F14B/C8FD/C0A8/2935/48BE/Fermacell_vloerplaat_2e32.jpg

[24] K&E pr0jecten. (2015). *Eigen bron*

[25] Architectectenweb. (z.d.). Koud dak - archipedia. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.architectectenweb.nl/aweb/archipedia/archipedia.asp?ID=9670>

[26] Klussenvoorbeginners. (z.d.). Zolder isoleren. Gedownload op 30 maart 2015, van http://www.klussenvoorbeginners.be/upload/Image/ZolderIsoleren_8.png

[27] Houthandel Looijmans. (z.d.). Finnjoist I- liggers. Gedownload op 30 maart 2015, van <http://www.onthoutons.nl/Hout/finnjoist-I-liggers-balklaag-houtskeletbouw>

[28 t/m 35] K&E pr0jecten. (2015). *Eigen bron*

[36] Heat en Home. (z.d.). CO2-neutraal. Gedownload op 10 april 2015, van <http://www.heatenhome.nl/co2-neutraal.html>

[37 en 38] K&E pr0jecten. (2015). *Eigen bron*

[39] Harmonische Architectuur. (2014). Restauratie Huize Parklust in Apeldoorn. Eigen bron. Voorstonden: Harmonische Architectuur

[40 en 41] K&E pr0jecten. (2015). *Eigen bron*

[42] Zonneboiler. (z.d.). Gedownload op 2 april 2015, van <https://www.consumentenbond.nl/energie/extra/wat-is-een-zonneboiler/>

[43 t/m 45] K&E pr0jecten. (2015). *Eigen bron*

[46] CO2 neutraal. (z.d.). Gedownload op 10 april 2015, van <https://www.brandsmabouwadvies.nl>

[47] Tuinieren. (z.d.). Gedownload op 10 april 2015, van <https://www.tuinierenn.nl>

[48] K&E pr0jecten. (2015). *Eigen bron*