



**PROJECT DUURZAME ENERGIE:
CONCEPTSTUDIE
KOELING VAN NIEUWBOUWWONINGEN**

Matthias Van Gestel - Stanny Jordens
Wannes Blockx - Jules Goetschalckx

Voorwoord

In het tweede semester van het derde jaar Professionele bachelor EM - Klimatisering vindt het OPO Afstudeerproject Klimatisering plaats, dat bestaat uit twee onderwijsleeractiviteiten (OLA's):

- 4sp. Project duurzame energie
- 2sp. Project energiemanagement

Dit academiejaar (2021-2022) waren er voor Project duurzame energie vier concrete opdrachten:

- Duurzame koeling in woning (casestudie)
- Conceptstudie koeling van nieuwbouwwoningen
- Conceptstudie energetische renovatie
- Energie-advies melkveebedrijf

Onze groep, bestaande uit vier studenten:

Matthias Van Gestel, Stanny Jordens, Wannes Blockx en Jules Goetschalckx, koos voor de Conceptstudie koeling van nieuwbouwwoningen.

Het uiteindelijke doel of functie van deze onderzoeken/studies is het juiste advies te kunnen geven aan vragende partijen door middel van een verslag (volledige uitwerking) van het project met informatie voor de eigenaar/projectontwikkelaar, dus in ons geval een objectieve vergelijking van de verschillende systemen op zowel economisch als technisch vlak, en een presentatie waarin de resultaten worden voorgesteld.

Inleiding

Deze opdracht kadert in Koeling2.0, een onderzoeksproject van het KCE in samenwerking met UA en WTCB waarin de mogelijkheden van comfort koeling via systemen die ook gebruikt worden voor verwarming geanalyseerd worden. (bijvoorbeeld warmtepompen in combinatie met vloerverwarming).

De opdracht/conceptstudie bestond erin te onderzoeken wat de meerwaarde is van koeling via het verwarmingssysteem tegenover een gescheiden systeem voor verwarming en koeling, met aandacht voor het comfort, maar ook rekening houdend met het energieverbruik en de kosten dat het met zich meebrengt.

Koeling via het verwarmingssysteem kan bv. met vloerverwarming en -koeling of convectoren, maar steeds in combinatie met een warmtepomp, terwijl een gescheiden systeem voor verwarming en koeling vandaag de dag neer komt op een gascondensatieketel voor verwarming en een airco-installatie voor koeling (meest courant).

Om ons ergens op te kunnen baseren, werden ons de plannen en een EPB-verslag van een referentie-nieuwbouwwoning aangereikt. Het onderzoek is dus volledig op deze nieuwbouwwoning gebaseerd, dus op de gebouwgegevens en -eigenschappen, gebruikte materialen, constructie, gemaakte keuzes met betrekking tot het interieur en de (klimaat-)technieken, oriëntatie van de woning en klimaatgegevens van de locatie,...

Dit maakt dat de vergelijking enkel op gaat voor nieuwbouwwoningen die op vlak van bovenstaande kenmerken min of meer in lijn liggen met de gegeven woning.

Het doel van de conceptstudie is om, uitgaande van een referentie(woning), een resultaat te bekomen dat te veralgemenen is naar andere maar gelijkaardige (nieuwbouw)woningen/situaties.

Om een resultaat later te kunnen veralgemenen is het belangrijk om voor de gebruikelijke en veel- of meest voorkomende methoden en technieken te kiezen.

Onze voorkeur voor koeling via het verwarmingssysteem is dan ook naar vloerverwarming en -koeling gegaan in plaats van convectoren.

De plaatsing van convectoren moet met de bouwheer afgesproken worden (interieurinrichting en 'esthetische' spelen mee), terwijl vloerverwarming sowieso geplaatst kan worden (als op het bouwplan voldoende opbouwhoogte voorzien wordt tenminste).

Met de principes van vloerverwarming en -koeling zijn we ook meer vertrouwd omdat we hierover meer kennis hebben opgedaan in onze opleiding tot nu toe dan over convectoren.

Voor het gescheiden systeem voor verwarming en koeling houden we vast aan het gascondensatietoestel met een aircosysteem.

(Vaillant, sd)

Inhoud

Voorwoord	2
Inleiding	3
Inhoud	4
1 Algemeen	5
2 Warmteverliesberekening	6
3 Koellastberekening	6
4 Gasketel in combinatie met airco	7
4.1 Gasketel	7
4.2 Airco	9
5 Zonnepanelen	11
6 Warmtepomp (selectie)	13
7 Kostenberekening	21
7.1 Cv-ketel en airco's	21
7.1.1 Aankoop en installatiekosten cv-ketel	21
7.1.2 Aankoop en installatiekosten airco's	22
7.1.3 Totaalkost aankoop en installatie airco + cv-ketel	22
7.1.4 Energiekosten	22
7.2 Lucht/water warmtepomp	22
7.2.1 Aankoop en installatiekosten	22
7.2.2 Energiekosten	23
7.3 Bodem/water warmtepomp	24
7.3.1 Aankoop en installatiekosten	24
7.3.2 Energiekosten	24
8. Prijsvergelijking	25
9. Ons advies	26
10. Bibliografie	26

1 Algemeen

In deze opdracht zal, vertrokken van plannen en een EPB-startverklaring van een nieuwbouwwoning, een vergelijking opgesteld worden tussen een aparte installatie voor koeling (split L/L) en verwarming (gas) en een gecombineerde installatie waar zowel mee gekoeld als verwarmd kan worden (warmtepomp in combinatie met (passieve) vloerkoeling).

De installaties zullen vergeleken worden qua investeringskost en energieverbruik en qua optimalisatie van het eigenverbruik (van een PV-installatie), met aandacht en inbegrip van invloed van energieprijzen en energieverbruik op de haalbaarheid van beide systemen.

Bij het systeem met de gasketel, wordt er een airco geplaatst met een binneneenheid in de woonkamer/keuken, in het bureau en 2 slaapkamers boven.

Belangrijk om weten is dat we in de hele berekening zijn uitgegaan van een kleine vereenvoudiging, namelijk door gebruik te maken van de verwarmingsgegevens van oktober tot april.

Van 1 mei tot 30 september werden dan de gegevens van de koellastberekening toegepast.

Om deze systemen te kunnen dimensioneren, zijn we vertrokken vanaf een warmteverlies- en koellastberekening met als doel om energiestromen in kaart te brengen en per uur te weten te komen welk vermogen nodig is voor verwarming en koeling om zo een jaarbelastingsduurcurve op te stellen.

2 Warmteverliesberekening

De warmteverliesberekening gebeurde aan de hand van de Excel-tool die ons ter beschikking is gesteld.

In deze Excel hebben we alle gegevens van het gebouw(schil), klimaat, rendementen,... ingegeven, zoals bijvoorbeeld de verliesoppervlakte, gemiddelde U-waarde, beschermd volume, SCOP waarde warmtepompen, buitentemperatuur per uur,...

In dit verslag wordt enkel op de belangrijkste informatie gefocust om niet te sterk in detail te gaan. Veel van deze waarden komen rechtstreeks uit het EPB-verslag.

- Het temperatuursregime voor CV is steeds hetzelfde: een toevoertemperatuur van 32°C en een retourtemperatuur van 27°C. Op pagina 13 staat het ontwerp van deze temperaturen.
- Het temperatuurregime voor sanitair warm water is verschillend aangezien een warmtepomp minder verbruikt op een lager temperatuurregime. Bij de gasketel werken we met een regime van 65°C/55°C (om hetzelfde SWW-comfort te garanderen) tegenover een regime van 50°C/45°C bij de warmtepompen.
- De prijzen van de gas en elektriciteit hebben we iets hoger geschat dan de huidige prijzen om zo een gemiddelde te kunnen nemen over de prijzen van de komende jaren. De inflatie heeft een impact op deze waarden. Elektriciteit: 0,57 €/kWh en aardgas 0,20 €/kWh.
<https://www.vreg.be/nl/energieprijns-verbruik-en-facturen>
- In het Excel document wordt ook gevraagd om de buitentemperatuur elk uur in te geven. Deze temperatuur is afkomstig van onderstaande link. Het jaartal dat we gekozen hebben is 2005, dit wordt overal opnieuw gebruikt.
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

3 Koellastberekening

De koellastberekening is ook opgebouwd door middel van een Excel tool die ons ter beschikking is gesteld. Deze Excel beschikt over talrijke invulvelden met betrekking tot informatie over het gebouw en het gebruik ervan. Enkele voorbeelden van deze invulvelden zijn: aantal bewoners, type gebouw, type ventilatie, luchtdichtheid, ventilatiedebiet, intern volume,... De meeste informatie kon uit het EPB-verslag worden gehaald of in de plannen van de woning.

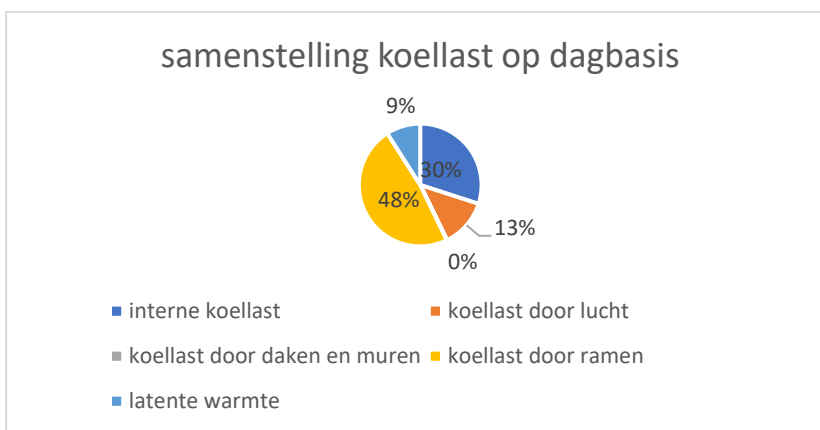
Zo is aan de hand van het plan van de woning het intern volume berekend per ruimte, welk type plafond, welk type beglazing er geplaatst wordt en in welke oriëntatie de ruimte gelegen is.

Overzicht resultaten van de koellastberekening:

resultaten			
	piek [kW]	maximaal daglast [kWh]	benodigd koelvermogen passief [kW]
totaal		2,81 kW	47 kWh
woonkamer		0,46 kW	8 kWh
slaapkamer1		0,15 kW	3 kWh
slaapkamer2		0,27 kW	4 kWh
slaapkamer3		0,27 kW	4 kWh
slaapkamer4		0,14 kW	2 kWh
keuken		0,33 kW	6 kWh
berging		0,03 kW	0 kWh
badkamer		0,04 kW	1 kWh
bureau		0,41 kW	0 kWh
eetkamer		0,85 kW	0 kWh
inkom		0,00 kW	0 kWh

Bovenstaande tabel geeft het benodigde koelvermogen per ruimte weer en het totale benodigde koelvermogen. Dit gaf bijvoorbeeld bij het dimensioneren van de airco installatie een richtwaarde voor het benodigde koelvermogen van de binnen-units.

Onderstaand diagram geeft weer hoe de dagelijkse koellast is opgebouwd.



4 Gasketel in combinatie met airco

4.1 Gasketel

Bij het selecteren van de gasketel is het nodige vermogen voor CV in rekening gebracht, namelijk een vermogen van 11349 W voor de CV-installatie.

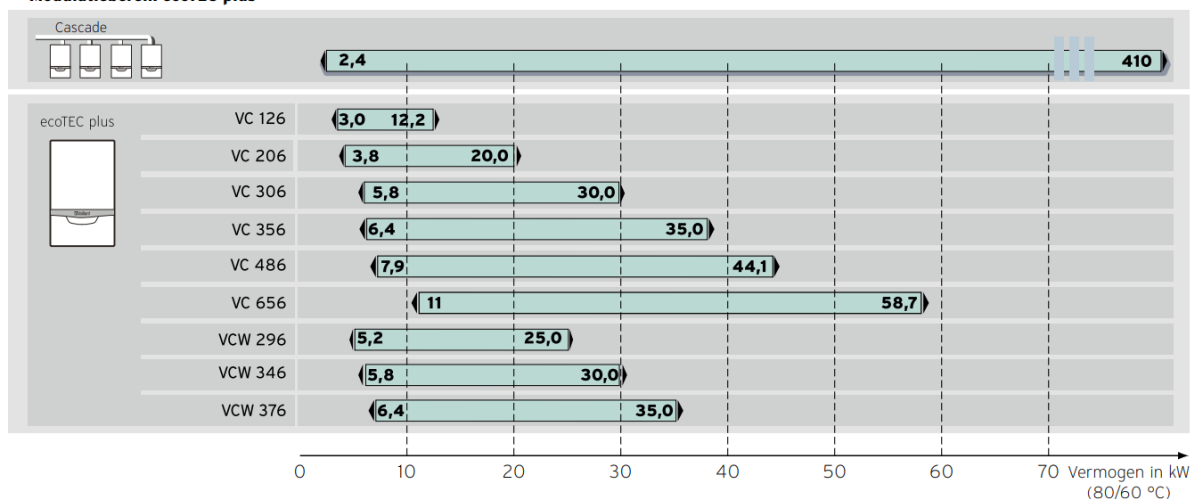
Bij het kiezen van de fabrikant is onze voorkeur gegaan naar Vaillant omdat dit een gekend en betrouwbaar merk is. Op de website van Vaillant bleek de **ECO Tec plus VC 126/5-5** de meest geschikte gasketel, in combinatie met een **uniSTOR VIH Q 75/2 B** warmwaterboiler van 75L.

Deze gasketel biedt net iets meer vermogen dan nodig is, maar beschouwen we als een kleine veiligheidsmarge.

Dit is weergegeven in onderstaande tabellen.
De gasketel heeft een vermogen tussen de 3,0 en 12,2 kW bij een regime van 80/60°C.

De reden waarom we voor een **uniSTOR VIH Q 75/2 B** warmteboiler hebben gekozen is omdat deze een zeer snelle opwarmtijd heeft dankzij zijn krachtige verwarmingsspiraal. Ook beschikt deze warmteboiler over een uitstekende isolatie waardoor men het warmteverlies tot een absoluut minimum kan herleiden. Bovendien heeft de warmwaterboiler een plaats besparend ontwerp waardoor het zelfs in de kleinste ruimtes past.

Modulatiebereik ecoTEC plus



ecoTEC plus		VCW 296	VCW 346	VCW 376	VC 126	VC 206	VC 306	VC 356	VC 486	VC 656
Type		combi			solo					
Energieklasse verwarming (A+++ tot D)		A								
Energieklasse sanitair (aftapprofiel) (A+ tot F)		A (XL)			-					
Rendement bij deellast (30 %) Hs/Hi	%	98,7/109,6	98,5/109,4	98,6/109,4	97,8/108,6	98,7/109,8	98,5/109,4	98,6/109,4	98,1/109,2	98,2/109,4
Nominaal vermogen	kW	25	30	35	12	20	30	35	44	59
Nominaal vermogen sanitair	kW	30	34	38	12,2	24	34	38	44,1	58,7
Vermogenbereik bij G 20 80/60 °C	kW	5,2/25,0	5,8/30,0	6,4/35,0	3,0/12,2	3,8/20,0	5,8/30,0	6,4/35,0	7,9/44,1	11,0/58,7
Vermogenbereik bij G 20 50/30 °C	kW	5,7/27,0	6,4/32,5	7,1/38,0	3,3/13,2	4,2/21,2	6,4/32,5	7,1/38,0	8,7/48,0	12,2/63,5
Warmwaterdebiet										
Bij Δ T = 25 °C	l/min	17,2	19,5	21,8	-	-	-	-	-	-
Bij Δ T = 45 °C	l/min	9,5	10,8	12,1	-	-	-	-	-	-
Hoogte/breedte/diepte	mm	720/440/ 338	720/440/ 372	720/440/ 406	720/440/ 338	720/440/ 338	720/440/ 372	720/440/ 406	720/440/ 405	720/440/ 473
Gewicht	kg	36,5	39,5	41	33,5	31,2	39,5	41	37,8	47,2
Aansluitingen verwarming/sanitair/gas*	mm/R"				Ø22/Ø15/R¾				G1½ /-/R1	
Aansluiting rookgasafvoersysteem	mm	60/100		80/125	60/100			80/125		

*Verplichte aansluitset

4.2 Airco

Bij het dimensioneren van het airco-systeem werd eerst de vraag gesteld in welke ruimtes er gekoeld moet worden.

Daarvoor hebben we naar de positionering van de ruimtes gekeken en de bevindingen uit de koellastberekeningen.

Hieruit volgde dat het benodigde koelvermogen van de ruimte hoger ligt in de ruimtes die zich aan de zuidkant van de woning bevinden. Ook speelt het aantal en de grootte van de ramen van deze ruimtes een grote rol omdat hierdoor veel warmte naar binnen komt (warmtewinsten).

Ook hebben we in rekening gebracht welke ruimtes het vaakst bevolkt zijn. De ruimtes die gekoeld moeten worden zijn:

- Woonkamer en keuken
- Bureau
- Slaapkamer 3
- Slaapkamer 4

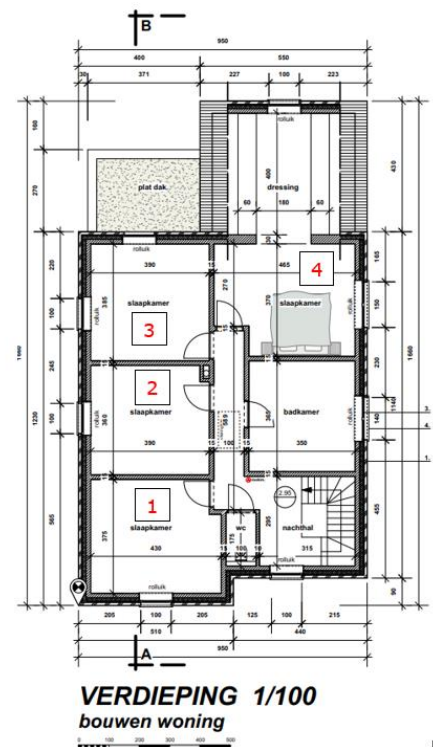
In de **woonkamer en keuken** wordt er één krachtigere binnenunit geplaatst in plaats van twee afzonderlijke binnenunits omdat dit één doorlopende ruimte is.

De binnenunit is een Daikin Perfera wandmodel van het type FTXM + RXM 25R + 25R9 en beschikt over een koelvermogen van 2,5 kW.

Reden van deze keuze is de mogelijke combinatie met een Multi-Split-buitenunit, maar ook omdat dit model gekend staat voor zijn hoge prestaties en laag energieverbruik.

In het bureau en in **slaapkamer 3** komt een Daikin Perfera wandmodel te hangen van het type FTXM + RXM 20R + 20R9, een binnenunit met koelvermogen van 2 kW.

Ook dit model is combineerbaar met de Multi-Split-buitenunit die wij gaan gebruiken in onze airco-installatie.



In **slaapkamer 4** wordt een Daikin Perfera wandmodel van het type FTXM + RXM 25R + 25R9 geplaatst. Deze unit beschikt over een koelvermogen van 2,5 kW. In deze slaapkamer kiezen we voor een krachtigere binnenunit omdat de aansluitende dressing zich vlak onder het dak bevindt.

Onderstaande tabel geeft alle specificaties weer van de door ons gekozen binnenunits.

Rendementen		FTXM + RXM	20R + 20R9	25R + 25R9	35R + 35R9	42R + 42R	50R + 50R	60R + 60R	71R + 71R
Koelcapaciteit	Min. / Nom. / Max.	kW	1,3/2,0/2,6	1,3/2,5/3,2	1,4/3,4/4,0	1,7/4,2/5,0	1,7/5,0/6,0	1,7/6,0/7,0	2,3/7,1/8,5
Verwarmingscapaciteit	Min./Nom./Max./-10°C	kW	1,3/2,5/3,5/2,2	1,3/2,8/4,7/2,3	1,4/4,0/5,2/2,5	1,7/5,4/6,0/3,7	1,7/5,8/7,7/3,9	1,7/7,0/8,0/4,0	2,3/8,2/10,2/5,2
Power input	Koelen	Nom.	0,44	0,56	0,80	0,97	1,36	1,77	2,34
	Verwarmen	Nom.	0,50	0,56	0,99	1,31	1,45	1,94	2,57
Koeling	Energieklasse		A+++			A++			
	Vermogen	Pdesign	2,00	2,50	3,40	4,20	5,00	6,00	7,00
	SEER		8,65			7,85	7,41	6,90	6,20
	Jaarlijks energieverbruik	kWu/j	81	101	137	187	236	304	401
Verwarming (gematigd klimaat)	Energieklasse		A+++			A++		A+	
	Vermogen	Pdesign	2,30	2,40	2,50	4,00	4,60	4,80	6,20
	SCOP/A		5,10			4,71		4,30	4,10
	Jaarlijks energieverbruik	kWu/j	631	659	686	1.189	1.368	1.562	2.117

Als buitenunit kozen we voor een Daikin 5 poorten MXM-A.

Deze keuze maakt het mogelijk dat er in de toekomst eventueel nog een extra binnenunit geplaatst kan worden. Moest dit nodig zijn, kan deze perfect mee aangesloten worden op de huidige Multi-Split-buitenunit die dan al aanwezig is in de installatie.

Model	Productnaam	20	25	30	35	40	42	50	52	60	68	71	80	90	4pk	5pk	6pk
Split warmtepomp	RXZ-N		•		•			•									
	RXA-A9/B	•	•		•		•	•									
	RXJ-A	•	•		•			•									
	RXM-R(9)	•	•		•		•	•		•		•					
	RXP-M	•	•		•			•		•		•					
Multisplit warmtepomp	2 poorten MXM-A					•		•			•						
	3 poorten MXM-A					•			•		•						
	4 poorten MXM-A										•		•				
	5 poorten MXM-A													•			
Multi+: NIEUW warmtepomp met sanitaire aansluiting	4 poorten MWXMS2A								•								
VRV Warmtepomp	RXYSCQ-TV1														•	•	•
	RXYSQ-T9V1														•	•	•

Datasheets/catalogus van Daikin:

<https://www.daikin.be/content/dam/DAB/document-library/catalogues/Residentiele%20Catalogus%20lucht-lucht%20warmtepompen.pdf>

5 Zonnepanelen

Bijkomend worden er zonnepanelen op het dak geplaatst.

We hebben ervoor gekozen om 4kWp aan vermogen te installeren met behulp van verschillende sites die zonnepanelen aanbieden en tabellen beschikbaar hebben om te kunnen peilen hoeveel kWp je nodig hebt voor een gezin van x aantal personen.

Een gemiddeld gezin in Vlaanderen bestaat meestal uit 4 à 5 personen. Met behulp van de tabellen zijn we dan gekomen tot 4kWp aan vermogen.

Wanneer gekozen wordt voor zonnepanelen met een Wattpiek-vermogen van 400Wp (afmetingen: 2x1m, dus 2 m² per paneel) en er is 4kWp nodig, zullen er 10 panelen nodig zijn, wat een totale oppervlakte van 20 m² oplevert.

De zonnepanelen zijn geplaatst op een hoek van 45 graden (dakhelling) en op een azimuth (windrichting) van -61°.

De azimuth of oriëntatie is de hoek van de PV-panelen ten opzichte van het zuiden: -90° is oosten, 0° is zuiden en 90° is westen. Een azimuth van -61° betekent dus in zuidoostelijke richting.

We zijn er onszelf van bewust dat deze oriëntatie van de PV-panelen niet de meest rendabele is.

Tussen 's middags en 's avonds, als de zon van hoog in het zuiden naar laag in het westen gaat en zeker wanneer ze daar ondergaat en dus laag de woning binnen schijnt of opwarmt, zal de koellast erg toenemen omdat de ruimtes (vooral die met veel of grote ramen) opwarmen.

Echter was het niet mogelijk om onze zonnepanelen in ZW-richting te leggen: de enige zijde van het dak die voldoende groot is en niet (deels) naar het noorden staat, is de zijde aan de kant van de voorgevel, die ten opzichte van het zuiden 61° naar het oosten staat.

Vandaar een azimuth van -61°.

Hierdoor wordt het piekvermogen in de zomer wel vaak al om 11 uur 's ochtends opgewekt, wat heel vroeg is omdat de koellast en dus het verbruik van opgewekt vermogen dan nog niet zo groot is.

Om de werkelijke opbrengst van onze zonnepanelen te weten te komen hebben we gebruik gemaakt van de weergegevens van het jaar 2005. Dit is een vrij gebalanceerd jaar waar geen grote hitte's of vrieskoud voorkwamen en ook het neerslagniveau op een normaal peil was.

Deze gegevens geven voor elk uur van elke dag van het jaar 2005 de instraling op de zonnepanelen in W/m², hoogte van de zon, windsnelheid en temperatuur. Op die manier kunnen we per uur berekenen hoeveel Watt de zonnepanelen opbrengen.

	time	Systeem vermogen (W)	Instraling op de zonnepanelen (W/m ²)	Hoogte zon °	Temp °C	Windsnelheid
1-1-2005	10	0.0	0.0	0.0	6.71	2.0
1-1-2005	110	0.0	0.0	0.0	6.17	2.0
1-1-2005	210	0.0	0.0	0.0	6.02	1.72
1-1-2005	310	0.0	0.0	0.0	5.41	1.72
1-1-2005	410	0.0	0.0	0.0	5.02	1.86
1-1-2005	510	0.0	0.0	0.0	4.84	2.07
1-1-2005	610	0.0	0.0	0.0	4.55	2.28
1-1-2005	710	0.0	0.0	0.0	4.76	2.76
1-1-2005	810	0.0	0.0	0.0	4.96	2.97
1-1-2005	910	250.6	86.4	8.45	5.68	3.1
1-1-2005	1010	109.2	45.87	12.96	6.49	3.59
1-1-2005	1110	75.84	35.28	15.4	7.05	3.93
1-1-2005	1210	59.88	29.99	15.55	7.43	4.14
1-1-2005	1310	367.48	125.08	13.38	7.54	4.76
1-1-2005	1410	134.56	54.39	9.11	7.55	4.28
1-1-2005	1510	8.8	10.47	3.07	7.29	4.41
1-1-2005	1610	0.0	0.0	0.0	7.0	4.97
1-1-2005	1710	0.0	0.0	0.0	7.48	5.52
1-1-2005	1810	0.0	0.0	0.0	8.14	5.66

Hierna hebben we de gegevens van onze opbrengst per uur vergeleken met ons berekend verbruik van onze warmtepomp per uur. Dit verbruik bevat zowel verbruik voor verwarming van het huis als voor sanitair water maar ook van koellast in de zomer.

In onze berekeningen hebben we ook een terugleveringstarief in rekening gebracht. Dit is het bedrag dat we krijgen per kWh elektriciteit dat we op het net zetten.

We hebben dit bedrag ingeschat als €0,05/kWh omdat dit een gemiddelde is over het hele jaar. In werkelijkheid fluctueert deze waarde in de verschillende seizoenen: in de zomer is er een grotere hoeveelheid aan opgewekte elektriciteit waardoor dit bedrag lager zal zijn dan in de winter. Ook bij de gegevens van de airco's is dit tarief in rekening gebracht.

6 Warmtepomp (selectie)

Aangezien de opdracht bestaat uit een afweging/vergelijking tussen een warmtepomp (bodem/lucht-water) voor zowel verwarmen als koelen enerzijds en een gascondensatieketel gecombineerd met airconditioning anderzijds, was een grondige studie van en vergelijking tussen de twee meest courante warmtepompen, bodem- en lucht-water, nodig.

Zowel voor de bodem-water- als voor de lucht-water-warmtepomp zijn we vertrokken vanaf de Uponor-warmteafgiftetabellen:

Uponor Tacker

Warmte-afgiftetabel volgens DIN EN 1264

Oppervlaktetemperaturen
 Verblijfszone: $\vartheta_{\text{v,max}} = 29\text{ °C}$
 Badruimtes: $\vartheta_{\text{v,max}} = 33\text{ °C}$
 Randzone: $\vartheta_{\text{v,max}} = 35\text{ °C}$

Warmtegeleidingsweerstand
 $R_{\text{g}} = 0,00\text{ (m}^2\text{ x K)/W}$
 (bijv. keramiek)



16 x 2 mm
PE-Xa

Hartafstand T [m]	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30						
Verbruik L [m/m ²]	10,00	6,67	5,00	4,00	3,33						
Gem. Water-temperatuur ϑ_{m} [°C]	Ruimte-temperatuur ϑ_{i} [°C]	1. max. warmte-afgifte q 2. gemiddelde oppervlaktetemperatuur $\vartheta_{\text{v,m}}$									
	ϑ_{i} [°C]	q [W/m ²]	$\vartheta_{\text{v,m}}$ [°C]	q [W/m ²]	$\vartheta_{\text{v,m}}$ [°C]	q [W/m ²]	$\vartheta_{\text{v,m}}$ [°C]	q [W/m ²]	$\vartheta_{\text{v,m}}$ [°C]	q [W/m ²]	$\vartheta_{\text{v,m}}$ [°C]
27,5	15	80,4	22,4	69,3	21,4	60,0	20,7	52,0	20,0	45,2	19,4
	18	61,1	23,7	52,6	23,0	45,6	22,4	39,5	21,9	34,4	21,4
	20	48,2	24,6	41,6	24,1	36,0	23,6	31,2	23,1	27,1	22,7
	22	35,4	25,5	30,5	25,1	26,4	24,7	22,9	24,4	19,9	24,1
	24	22,5	26,3	19,4	26,0	16,8	25,8	14,6	25,6	12,7	25,4
30	15	96,4	23,7	83,1	22,6	72,0	21,7	62,4	20,9	54,3	20,2
	18	77,2	25,1	66,5	24,2	57,6	23,4	49,9	22,8	43,4	22,2
	20	64,3	26,0	55,4	25,3	48,0	24,6	41,6	24,1	36,2	23,6
	22	51,4	26,9	44,3	26,3	38,4	25,8	33,3	25,3	28,9	24,9
	24	38,6	27,8	33,2	27,3	28,8	26,9	25,0	26,5	21,7	26,2
35	15	128,6	26,3	110,8	24,9	96,0	23,7	83,2	22,6	72,4	21,7
	18	109,3	27,8	94,2	26,5	81,6	25,5	70,7	24,6	61,5	23,8
	20	96,4	28,7	83,1	27,6	72,0	26,7	62,4	25,9	54,3	25,2
	22	83,6	29,6	72,0	28,7	62,4	27,9	54,1	27,1	47,0	26,5
	24	70,7	30,6	61,0	29,7	52,8	29,0	45,8	28,4	39,8	27,9
40	15	160,7	28,9	138,5	27,1	120,0	25,6	104,0	24,3	90,4	23,2
	18	141,4	30,3	121,9	28,8	105,6	27,5	91,5	26,3	79,6	25,3
	20	128,6	31,3	110,8	29,9	96,0	28,7	83,2	27,6	72,4	26,7
	22	115,7	32,3	99,7	31,0	86,4	29,9	74,9	28,9	65,1	28,1
	24	102,9	33,2	88,7	32,1	76,8	31,1	66,6	30,2	57,9	29,5
45	15	192,9	31,4	166,2	29,3	144,0	27,5	124,8	26,0	108,5	24,7
	18	173,6	32,9	149,6	31,0	129,6	29,4	112,3	28,0	97,7	26,8
	20	160,7	33,9	138,5	32,1	120,0	30,6	104,0	29,3	90,4	28,2
	22	147,9	34,8	127,5	33,2	110,4	31,8	95,7	30,6	83,2	29,6
	24	135,0	35,8	116,4	34,3	100,8	33,1	87,4	32,0	76,0	31,0

Max. oppervlaktetemperatuur verblijfszone overschreden

Max. oppervlaktetemperatuur randzone overschreden

Om zowel op een (heel) lage temperatuur te kunnen verwarmen via vloerverwarming als over voldoende (passief) koelvermogen te kunnen beschikken via vloerkoeling, was een zo klein mogelijke pasafstand aangewezen.

Uit een vereenvoudigde warmteverliesberekening per ruimte (warmteverlies van ruimte = percentage van totale warmteverlies woning en percentage = verhouding van ruimtevolumen tot totale beschermd volume) volgt logischerwijs dat het warmteverlies per m² vloeroppervlakte voor elke ruimte hetzelfde is en 59,10 W/m² bedraagt.

Bij een pas- of hartafstand T van 0,10m = 10cm en een ruimtetemperatuur van 20°C bedraagt de max. warmteafgifte 48,2 en 64,3 W/m² bij een gem. watertemperatuur van 27,5 resp. 30°C.

En 59,10 W/m² ligt tussen deze twee waarden.

Als $64,3 - 48,2 = 16,1 = 100\%$ is, dan is $59,1 - 48,2 = 10,9 = 67,7\%$.

$0,677 * 2,5 (=30 - 27,5^\circ\text{C}) = +/- 1,69$ en $27,5 + 1,69 = +/- 29,19^\circ\text{C}$ (gem. watertemp.) Dit betekent dat voor CV:

Aanvoertemperatuur = $29,19 + \frac{\Delta T}{2} = 29,19 + 2,5 = 31,69^\circ\text{C}$ (of afgerond 32°C) en aanvoertemperatuur - $\Delta T =$ retourtemperatuur = 27°C.

B/W-WP			T_aanvoer,ontw	T_retour,ontwerp	m_dot,ontw	
	Voor CV	EPB_EPW_V Eq. 333 e	32°C	27°C	0,58 kg/s	2,08 m ³ /u
	Voor SWW	EPB_EPW_V Eq. 333 e	50°C	45°C	0,54 kg/s	1,95 m ³ /u

Voor sanitair warm water (SWW) wordt een regime 50/45°C gehanteerd. Ook voor de lucht-water-warmtepomp nemen we deze regimetemperaturen voor SWW en CV.

Om het verbruik van de warmtepompen per uur te kennen, weergegeven over alle dagen van een jaar (jaarbelastingsduurcurve), moest de SCOP van de warmtepomp gekend zijn en ingegeven worden in de Excel van de warmteverliesberekening. Gebaseerd op de klimaatgegevens (vnl. temperaturen) van het jaar 2005 berekent deze Excel de verbruiksgegevens op basis van de SCOP van de gekozen warmtepomp.

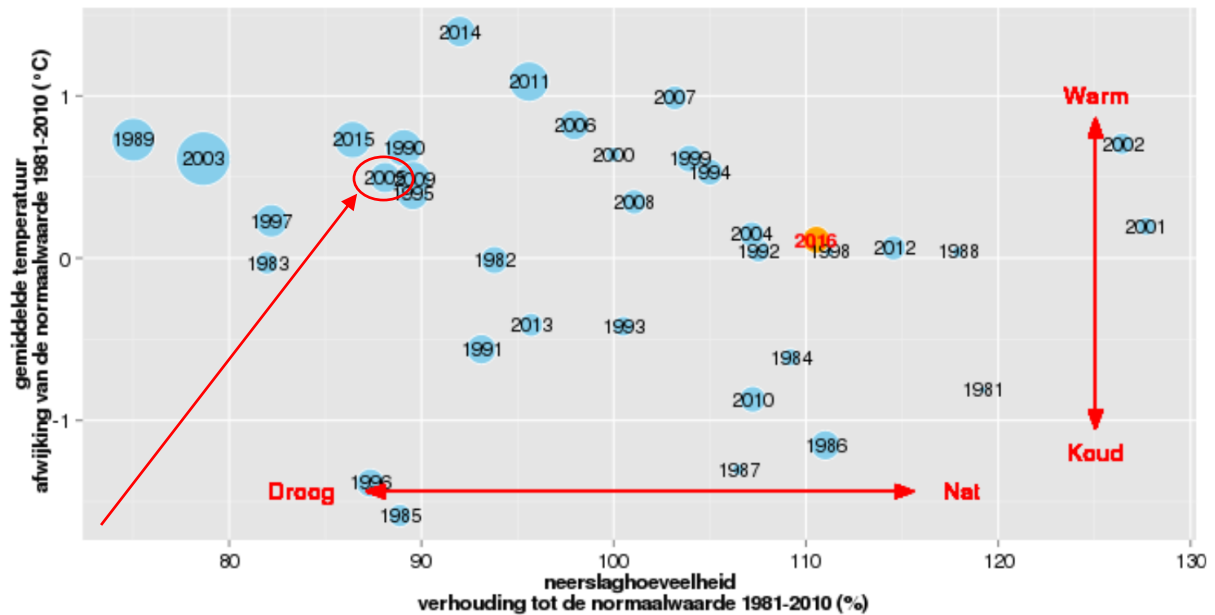
Noot:



Neerslag, temperatuur en zonneshijnduur te Ukkel, jaarlijkse waarden

gegevens van 1981 tot 2016

De grootte van de bolletjes is evenredig in verhouding tot deze van de normale zonneshijnduur 1981-2010



Zowel voor de klimaatgegevens in de warmteverlies-Excel als in de koellast-Excel kozen wij voor het jaar 2005 omdat dat jaar een normaal temperatuursverloop kent: geen abnormale of extreme temperaturen (maar gewoon normale warmere temperaturen in de zomermaanden en koudere in de wintermaanden) en redelijk constante temperaturen in de verschillende seizoenen/perioden van het jaar.

Anderzijds was 2005 een eerder warm en droog jaar en met de verandering (opwarming) van het klimaat in het achterhoofd (steeds minder neerslag in het voorjaar en de lente, droogte en lagere grondwaterstanden en hogere temperaturen in de zomer) leek dit ons een goede referentie voor de komende jaren.

Voor zowel de lucht-water- als de bodem-water-warmtepomp kozen we voor NIBE als fabrikant-leverancier:

- Bodem-water: water/water combi warmtepomp NIBE S1255
De NIBE S1255 is een intelligente modulerende (3–12 kW) water/water warmtepomp met een geïntegreerde boiler.

Specificaties NIBE S1255

NIBE S1255		S1255-6	S1255-12	S1255-16
Productlabel-klasse CV (35°C / 55°C, gemiddeld klimaat)		A+++ / A+++		
Pakketlabel-klasse CV (35°C en 55°C, gemiddeld klimaat)		A+++ / A+++		
Productlabel-klasse TW / capaciteitsprofiel warmtapwater		A / XL		
Verwarmingsvermogensrange (min / max) (bij 0/35 °C)	kW	1,5 – 6 (8 ¹⁾)	3 – 12	4 – 16
SCOP _{EN14825} gemiddeld klimaat, 35°C / 55°C		5,2 / 4,0	5,2 / 4,1	5,2 / 4,1
COP bij 0/35°C volgens EN14511 nominaal, 50 Hz		4,72	4,87	4,85
Geluidsdruk (Lpa) <small>volgens EN 11203 bij 0/35 op 1 m.</small>	dB(A)	21 – 28	21 – 32	21 – 32
Elektrische voeding	V	3 x 400V (400V 3N ~ 50 Hz)		
Hoeveelheid koudemiddel in CO ₂ -equivalent	ton	2,06	3,55	3,90
Hoogte / breedte / diepte	mm	1.800 / 600 / 620		
Inhoud geïntegreerde boiler	l	180		
Gewicht (leeg)	kg	183	213	220

1) Bij dit type warmtepomp staat het vermogen standaard ingesteld op 6kW, maar dit kan verhoogd worden naar 8kW.

- Lucht-water: monoblock lucht/water warmtepomp NIBE F2040

Specificaties NIBE F2040

NIBE F2040		F2040-6	F2040-8	F2040-12	F2040-16
Verwarming					
Afgegeven verwarmingsvermogen bij 7/35°C (min./max.)	kW	2,1- 6,8	2,5- 7,8	3- 11,6	4- 16
Indicatie max. vermogen bij -7/35°C	kW	4,5	6,8	9,4	13,1
COP bij 2/35°C *		4,2	3,8	3,9	3,8
COP bij 7/35°C *		5,3	4,6	4,7	4,7
Productlabel-klasse CV 35/55°C		A+++ / A++	A++ / A++		A+++ / A++
Pakketlabel CV 35/55°C		A++ / A++			
Koeling					
EER bij 27/18°C		4,5	3,5		3,9
SCOP _{design} gemiddeld klimaat, 35°C (EN14825)	kW	3,7 / 4,8	4,4 / 8,2	4,4 / 11,5	4,5 / 14,5
Elektrische voeding	V	230V, 50Hz			
Maximale aanvoertemperatuur	°C	58			
Waterzijdige aansluiting op toestel Ø	inch	G 1			
Afmetingen en gewicht					
Gewicht	kg	66	90	105	135
Hoogte (denk aan benodigde ruimte onder het toestel)	mm	786	900	1000	1455
Breedte	mm	993	1035	1145	
Diepte	mm	364	422	452	
ISDE-subsidie bedrag d.d. 1.1.2020 (onder voorbehoud)	€	1.800,00	2.000,00	2.300,00	2.600,00

* Volgens EN14511 bij nominaal vermogen.

Van Uponor bestaan er ook koelvermogenstabellen:

Uponor Tacker

Koelvermogenstabel volgens DIN EN 1264.

Oppervlaktetemperaturen
Verbijfzone en randzone:
 $\vartheta_{l, \text{min}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Warmtegeleidingsweerstand
 $R_{\lambda} = 0,00 \text{ (m}^2 \times \text{K)/W}$
(bijv. keramiek)



16 x 2 mm
PE-Xa

Hartafstand T [m]	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30						
Verbruik L [m/m ²]	10,00	6,67	5,00	4,00	3,33						
Gem. Water-temperatuur ϑ_w [°C]	Ruimte-temperatuur ϑ_r [°C]	q_k : max. koelvermogen $\vartheta_{l, \text{gem}}$: gemiddelde oppervlaktetemperatuur									
ϑ_w	ϑ_r	q_k [W/m ²]	$\vartheta_{l, \text{gem}}$ [°C]	q_k [W/m ²]	$\vartheta_{l, \text{gem}}$ [°C]	q_k [W/m ²]	$\vartheta_{l, \text{gem}}$ [°C]	q_k [W/m ²]	$\vartheta_{l, \text{gem}}$ [°C]	q_k [W/m ²]	$\vartheta_{l, \text{gem}}$ [°C]
18	22	17,9	19,3	15,9	19,5	14,2	19,8	12,7	20,0	11,4	20,2
	23	22,3	19,6	19,9	19,9	17,8	20,3	15,9	20,6	14,2	20,8
	24	26,8	19,9	23,9	20,3	21,4	20,7	19,1	21,1	17,1	21,4
	25	31,3	20,2	27,9	20,7	24,9	21,2	22,3	21,6	19,9	21,9
	26	35,7	20,5	31,9	21,1	28,5	21,6	25,4	22,1	22,8	22,5
	22	13,4	19,9	12,0	20,2	10,7	20,4	9,5	20,5	8,5	20,7
19	23	17,9	20,3	15,9	20,5	14,2	20,8	12,7	21,0	11,4	21,2
	24	22,3	20,6	19,9	20,9	17,8	21,3	15,9	21,6	14,2	21,8
	25	26,8	20,9	23,9	21,3	21,4	21,7	19,1	22,1	17,1	22,4
	26	31,3	21,2	27,9	21,7	24,9	22,2	22,3	22,6	19,9	22,9
	22	8,9	20,6	8,0	20,8	7,1	20,9	6,4	21,0	5,7	21,1
20	23	13,4	20,9	12,0	21,2	10,7	21,4	9,5	21,5	8,5	21,7
	24	17,9	21,3	15,9	21,5	14,2	21,8	12,7	22,0	11,4	22,2
	25	22,3	21,6	19,9	21,9	17,8	22,3	15,9	22,6	14,2	22,8
	26	26,8	21,9	23,9	22,3	21,4	22,7	19,1	23,1	17,1	23,4

Onverschijding van de minimale oppervlaktetemperatuur

Als gemiddelde watertemperatuur is 19°C de meest gunstige temperatuur daar bij 18°C watertemperatuur de kans bestaat op condensatieproblemen op de collector en om de minimale oppervlaktetemperatuur te onderschrijven, bij 20°C ligt het max. koelvermogen dan weer snel lager.

Een realistische ruimtetemperatuur om naartoe te streven tijdens passief koelen is 24°C: bij een hogere binnentemperatuur zullen bewoners het effect van de koeling niet meer ervaren en het binnen 'te warm' vinden, terwijl een lagere binnentemperatuur dan 24°C op een warme zomerdag redelijk koud is en minder gezond voor het lichaam (grote temperatuurverschillen tussen binnen en buiten) en tevens ook minder haalbaar met passieve koeling.

Een gemiddelde watertemperatuur van 19°C en ruimtetemperatuur van 24°C bij een pas- of hartafstand T van 0,10m (=10cm) geeft een maximum koelvermogen van 22,3W/m². Vermenigvuldigd met de totale vloer(verwarmings)oppervlakte van de woning geeft:

$$213,065\text{m}^2 * 22,3\text{W/m}^2 = 4751,35 \text{ W aan koelvermogen via vloerkoeling.}$$

Zowel tijdens actief (lucht-water) als tijdens passief koelen (bodem-water) verbruikt de warmtepomp energie (elektriciteit), tijdens actief koelen weliswaar meer dan tijdens passief.

Bij het berekenen van het verbruik bij actief koelen wordt de Energy efficiency rate of EER voor koeling in rekening gebracht:

Koeling					
EER bij 27/18°C		4,5	3,5		3,9
SCOP P _{design} gemiddeld klimaat, 35°C (EN14825)	kW	3,7 / 4,8	4,4 / 8,2	4,4 / 11,5	4,5 / 14,5
Elektrische voeding	V	230V, 50Hz			
Maximale aanvoertemperatuur	°C	58			
Waterzijdige aansluiting op toestel Ø	inch	G 1			

Bij het berekenen van het elektrisch verbruik bij passief koelen wordt enkel het vermogen van de bronpomp (+/- 60W) in rekening gebracht en vervolgens de draaitijd berekend (aantal draaiuren) die nodig is om een bepaald vermogen (passief) weg te koelen.

Er wordt in beide gevallen overigens gerekend aan een elektriciteitsprijs van 0,57€/kWh, gezien de stijgende energieprijzen van de laatste jaren/maanden en in de verwachting dat deze stijging nog niet voor het eerst een kantelpunt bereikt.

Noot:

Bovenstaande rekenmethoden zijn geldig om te berekenen wat de verbruikskost op zich is voor actief en passief koelen (dus indien de elektriciteit van het net zou worden gehaald).

Wij beschikken in dit geval natuurlijk over een PV-installatie, wat maakt dat ook dit elektriciteitsverbruik door koelen onderhevig is aan de PV-installatie en dus vanzelfsprekend hiermee in rekening gebracht werd.

Voor de (geothermische) bodem-water-warmtepomp is een dimensionering van de bron (boringen) noodzakelijk (via Smart Geotherm):



Geothermische sheet

Algemene Informatie

Coördinaten (Lambert 72) : x 172189, y 210775
 Coördinaten (Lambert 2008) : x 672184, y 710778
 Nabij gelegen adres : Blauwhoef, Pulderbos
 Beschermingszone : Niet van toepassing

Gesloten verticale systemen

Behoeftescreening: Ruimteverwarming

Gebouw

Gebouvvolume	668.64275 m ³
Locatie	2240, Zandhoven
Buitentemp.	-9 °C
Binnentemp.	20 °C
Verliesoppervlakte (At) uit EPB	723.64 m ²
U-waarde	0.34 W/m ² K

Infiltratie en ventilatie

Luchtdichtheid	3 / u
Ventilatiesysteem	type C
Bepaling ventilatie-debiet	ontwerpdebieten ingeven
Ontwerp toevoer-debiet	387 m ³ /h
Ontwerp afvoer-debiet	250 m ³ /h

Scheidingsconstructies

Geen scheidingsconstructies opgegeven.

Resultaten

Warmteverlies door transmissie	7135 W
Warmteverlies door infiltratie en ventilatie	3928 W
Totaal bruto verwarmingsvermogen	12170 W
Totale energiebehoefte ruimteverwarming	22006 kWh/jaar

Behoeftescreening: Sanitair Warm Water

Berekeningswijze

Aantal slaapkamers : 4

Behoefte

Verbruik per dag	112.2 l/dag
Vermogen	340 W
Bruto energiebehoefte	2977 kWh/jaar

Screening boorveld

Gebouw

Gebouw woning

Thermische behoefte

Warmtevraag ruimte	22006 kWh/jaar
Warmtevraag sanitair warm water	2977 kWh/jaar
Warmtevraag totaal	24983 kWh/jaar
Afgiftetemperatuur	32°C
Koeling	Passief
Koude behoefte	3124 kWh/jaar
Beta-factor	0.96

Maximum grootte boorveld

Lengte	12 m
Breedte	3 m
Diepte	100 m
Thermische geleidbaarheid	1.86 W/mK

Warmtewisselaars

Warmtepomp

COP Warmtelevering test	4.9
COP Warmtelevering ontwerp	4.9
Vermogen condenseerzijde	12.0 kW
Vollasturen	2070 u

Type	Enkel U (geboord)
Vulmateriaal	Eigen λ : 1.4 W/mK
Mediumtemperatuur	0°C
Opstellingsvorm	1x5
Aantal wisselaars	5
Onderlinge afstand	3 m

Resultaat

Totale lengte	467.94 m
Besluit	Het boorveld wordt enkel gedimensioneerd op de warmtebehoefte. De behoefte aan koude is hier relatief groot, dit kan aanleiding geven tot een groter boorveld.

Uit de het resultatenoverzicht van Smart Geotherm volgt dat de boringslussen een totale lengte van 467,94m zullen moeten hebben: 5 wisselaars, enkel U (geboord) in een 1x5 opstellingsvorm.

Vijf boringen voor een gezinswoning is veel, maar we gaan ervan uit dat de gegevens ingevuld in Smart Geotherm en de hulptools juist en logisch zijn.

Om een kostenberekening van de geothermische boring te maken, is een kostprijs van €35 per meter gangbaar:

$$467,94\text{m (totale lengte)} * €35/\text{m} = €16377,9$$

Hieruit blijkt (nogmaals) dat een geothermische (grond)boring een grote kost is en blijft. Dit maakt dat een bodem-water warmtepomp niet alleen duur is in aankoop, maar ook naar installatiekosten toe een heel grote kost is, waarbij de kostprijs van de boring het grootste aandeel in de installatiekost van dergelijke warmtepomp heeft.

Dit geeft bovendien ook vaak (ook in ons geval) de doorslag voor het type warmtepomp dat men prefereert (in de eerste plaats rekening houdend met het kostenplaatje) en waarvoor men uiteindelijk zal kiezen.

7 Kostenberekening

Voor het berekenen van de prijs gaan we naar de aankoopprijs kijken van de verschillende opties, de installatiekosten en de jaarlijkse energiekosten. Het verschil dat de jaarlijkse energiekosten over een tijdspanne van ongeveer 15 jaar opbrengen zullen ook bekeken worden om zo tot een conclusie te kunnen komen over wat de beste investering is naar de toekomst toe.

7.1 Cv-ketel en airco's

7.1.1 Aankoop en installatiekosten cv-ketel

Voor de gasketel hebben we gekozen voor een cv-ketel van Vaillant. Met name de ecoTEC plus VC 126. Deze heeft een aankoopprijs van €1250. Dit in combinatie met een uniSTOR VIH Q 75/2 B wand hangende warmwaterboiler van 75 liter met een aankoopprijs van 660 euro.



Vaillant ecoTEC plus VC 126 - Vaillant gasketel enkel cv

Met de Vaillant ecoTEC plus VC 126 kies je voor een cv-ketel die kwaliteit, comfort en zuinigheid combineert. De Vaillant ecoTEC plus VC 126 is een uiterst zuinige ketel voor de verwarming in je woning. Dankzij de hoge energie-efficiëntie van de Vaillant ecoTEC plus bespaar je niet alleen op je energiefactuur maar draag je ook je steentje bij aan het milieu.

€ 1.250,00 [Excl. BTW: € 1.033,06]

1

In Winkelwagen

⚠ Dit product kan niet verzonden worden naar: Nederland, Frankrijk



Figuur 1 uniSTOR warmteboiler

De meeste installateurs zullen voor het installeren van een gasketel rond 850 euro vragen.

7.1.2 Aankoop en installatiekosten airco's

Voor de airco's is de prijsberekening als volgt:

Kostprijsberekening:

2 keer binnenunit type: FTXM + RXM 25R + 25R9 = 523*2= **1046 euro**

2 keer binnenunit type: FTXM + RXM 20R + 20R9 =477*2= **954 euro**

1 keer buiten-unit: 5MXM90A = **3897 euro**

Koelleidingen: +- 750 euro/binnenunit → €750x4= **3000 euro**

Deze prijzen zijn exclusief BTW

De kostprijs voor heel deze installatie is **8.897 euro** inclusief BTW. Hier kunnen ook nog installatiekosten bijkomen +-**600 euro**.

De prijzen van de toestellen zijn we bekomen door een prijzenlijst aan te vragen Bij Daikin.

7.1.3 Totaalkost aankoop en installatie airco + cv-ketel

Totaalkost van aankoop en installatie zal dus rond de €**11.407** bedragen.

7.1.4 Energiekosten

		Verbruik (kWh)	kost (€)
Gas	Ketel	22850,05674	€ 4.570,01
Elektrisch	Airco	844,2367838	€ 481,21
	extern elektisch verbr	4129,536567	€ 2.353,84
	Opbrengst zonnepanelen	3409,82616	
	Totaal	1563,94719	€ 1.888,63
Totaal			€ 6.458,64

In bovenstaande tabel is een overzicht te zien van het verbruik van de airco en ketel op jaarbasis. Hierbij wordt ook nog het extern gebruik van elektriciteit afgetrokken (koken, verlichten, etc.,). Vervolgens wordt de opbrengst van de zonnepanelen hier nog afgetrokken wat een verbruik van €6.458,64 per jaar op.

7.2 Lucht/water warmtepomp

7.2.1 Aankoop en installatiekosten

Voor de lucht/water warmtepomp hebben we gekozen voor een warmtepomp van NIBE namelijk de F2040-12. Deze is geschikt voor zowel verwarming als koeling en voldoet aan het vermogen dat het huis vereist. De warmtepomp kost in aankoop €6.752.50, maar voor de installatie van deze warmtepomp vragen de meeste installateurs rond de €8.500.



(064092) Lucht/water warmtepomp NIBE F2040-12

€ 6.752,50 **GRATIS** verzending

Aantal

In winkelwagen



Hierbij hoort ook nog een binnenunit van NIBE namelijk de VVM 310. Deze kost €5.452,84.



(069430) Binnenunit lucht/water warmtepomp NIBE VVM 310

€ 5.452,84 **GRATIS** verzending

Aantal

In winkelwagen



In totaal zouden de installatiekosten en aankoopkosten voor de lucht/water warmtepomp samen rond de €20.705,34 kosten.

7.2.2 Energiekosten

De jaarlijkse energiekosten van deze warmtepomp komen neer op 4645,36 euro. Dit is de kost van het verbruik van de warmtepomp gerekend aan een tarief van 0,57 euro per kWh.

7.3 Bodem/water warmtepomp

7.3.1 Aankoop en installatiekosten

Voor de bodem/water warmtepomp hebben we gekozen voor een warmtepomp van NIBE namelijk de S1255-12. Deze kan zowel onze verwarming van het huis en het sanitair warm water voorzien en de passieve koeling in de zomer. De aankoopprijs voor deze warmtepomp is € 11.540,20.



(065455) Water/water warmtepomp NIBE S1255-12

€ 11.540,20 GRATIS verzending

Aantal

In winkelwagen



Voor de boringen en installatie van de warmtepomp tellen de meeste bedrijven ongeveer 35 euro per meter boring dat moet uitgevoerd worden, hier zitten dus ook kosten bij voor de darmen hierdoor te trekken en te brengen naar de warmtepomp.

Door een online rekentool te gebruiken kwamen we uit dat we een boring van 476,94 meter nodig hebben. Als we dit vermenigvuldigen met de 35 euro per meter komen we een installatiekost van €16.692,9.

Dit brengt de totaal kost voor aankoop en installatie naar €28.233,1.

7.3.2 Energiekosten

De jaarlijkse energiekosten van deze warmtepomp komen neer op 4147,00 euro. Dit is de kost van het verbruik van de warmtepomp gerekend aan een tarief van 0,57 euro per kWh. In de zomer is de kost van de passieve koeling (kost circulatiepomp) mee in dit bedrag verrekend.

8. Prijsvergelijking

In aankoop is de combinatie van een gasketel en een airco-installatie het goedkoopst. De aankoop- en installatiekosten komen op ongeveer 12900 euro. Daarnaast is er de lucht/water-warmtepomp met een aankoop- en installatieprijs van 20700 euro. De duurste opstelling in aankoop en installatie is de bodem/water-warmtepomp. Deze kost in aankoop +/- 31000 euro.

Overzicht kosten				
	Gasketel	Airco	Lucht/water warmtepomp	Bodem/water warmtepomp
Aankoopkost	€ 1.917,00	€ 10.135,37	€ 12.205,34	€ 14.314,20
Installatiekost	€ 850,00	€ 600,00	€ 8.500,00	€ 16.692,90
Totaal aankoop & installatie	€ 2.767,00	€ 10.735,37	€ 20.705,34	€ 31.007,10
Jaarlijkse energiekosten	€	6.458,64	€ 4.645,36	€ 4.147,00
Afschrijving over 20 jaar	€ -138,35	€ -536,77	€ -1.035,27	€ -1.550,36
Totaalkost jaar 1	€	19.961,01	€ 25.350,70	€ 35.154,10
Totaalkost jaar 5	€	45.795,57	€ 43.932,14	€ 51.742,09
Totaalkost jaar 10	€	78.088,77	€ 67.158,95	€ 72.477,09
Totaalkost jaar 15	€	110.381,98	€ 90.385,75	€ 93.212,08
Totaalkost jaar 20	€	142.675,18	€ 113.612,55	€ 113.947,08

Als we kijken naar de jaarlijkse energiekosten is de gasketel met airco veruit het duurst, dit komt neer op een jaarlijkse kost van 6500 euro. Bij de lucht-water warmtepomp is dit ongeveer 2000 euro goedkoper met een jaarlijkse kost van 4650 euro. De bodem/water-warmtepomp is zelfs nog ongeveer 500 euro goedkoper met een kost van 4150 euro per jaar. Het feit dat de bodem-water-warmtepomp uiteindelijk toch het goedkoopst uitkomt in verbruik is te wijten aan de mogelijkheid tot passief koelen. Echter is het kleine verschil tussen de jaarlijkse energiekost van een bodem/water warmtepomp en een lucht/water warmtepomp wel eerder een verrassend resultaat.

Het komt erop neer dat de combinatie gasketel-airco op lange termijn de duurste optie is omdat de jaarlijkse kosten veruit duurder zijn dan de warmtepompen. Een lucht/water warmtepomp heeft zijn investering terugverdiend na ongeveer 5 jaar, vergeleken met de ketel. Een bodem/water warmtepomp doet er iets langer over, ongeveer 9 jaar. De bodem/water warmtepomp is na 15 jaar nog steeds 3000 euro duurder in de totale kost dan een lucht/water warmtepomp. Na 20 jaar hebben de 2 soorten warmtepompen ongeveer evenveel gekost.

9. Ons advies

Aangezien een ketel of warmtepomp allebei ongeveer 15 jaar meegaan, lijkt ons de **Lucht/water warmtepomp** de beste investering. Deze is in aankoopprijs niet de goedkoopste, maar ook niet de duurste. Door voor deze warmtepomp te kiezen, wordt er jaarlijks 2000 euro bespaard ten opzichte van een gasketel. Hierdoor is de hogere aankoopprijs wel de moeite waard.

Waarom geen bodem/water-warmtepomp?

Momenteel zijn de boringen voor en installatiekosten van een bodem/water warmtepomp extreem hoog. Hierdoor kost een bodem/water warmtepomp in aankoop wel 10000 euro meer dan een lucht/water warmtepomp. Het verschil in jaarlijkse kosten is ook maar 500 euro tussen de twee warmtepompen waardoor de terugverdientijd van deze investering al snel 20 jaar bedraagt.

10. Bibliografie

(sd). Opgehaald van Vaillant:

https://www.vaillant.be/consumenten/?gclid=Cj0KCQjwyMiTBhDKARIsAAJ-9VuIBwrHMuG6nxJmAahs91xFtk1g0vsuTyVrLc8d_i-2vCiqLXIiuEwaAqj-EALw_wcB

(sd). Opgehaald van NIBE: <https://www.nibe.eu/nl-nl>

JRC. (2019, 10 15). *PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM*.
Opgehaald van https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html