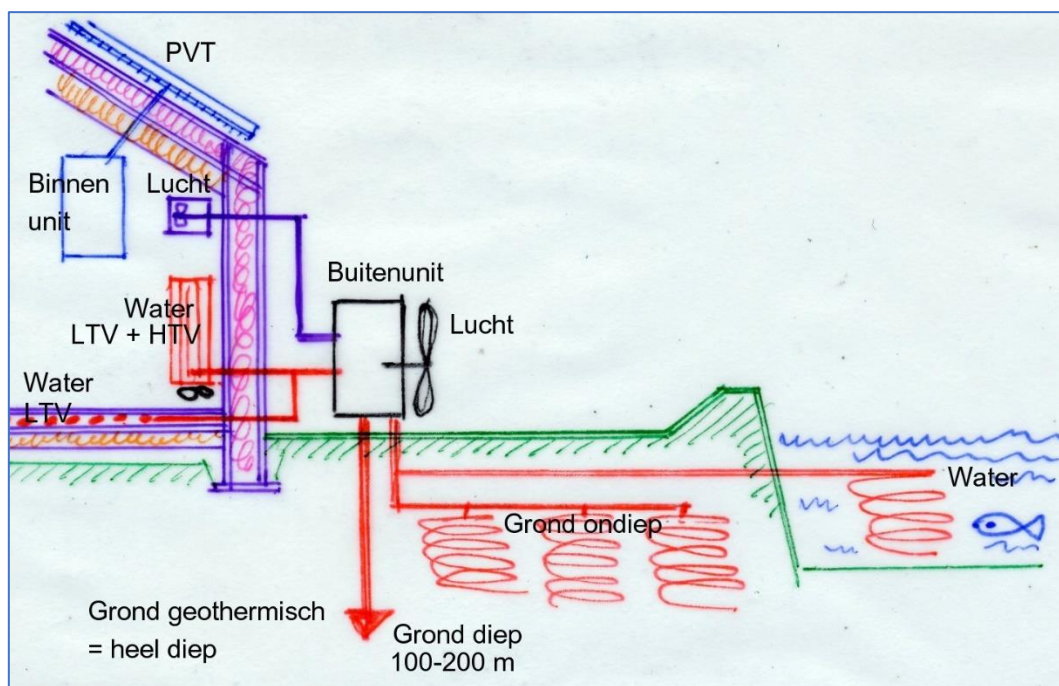


Warmtepomp voor het verwarmen van woningen

Een overzicht met voor- en nadelen



Abstract: Hoe kies je een warmtepomp? Beschrijving van warmtepompen, de modellen zoals Hybride, All electric en tussenvormen. De werking en de verschillende systemen zoals Lucht-Lucht (airco), Lucht-Water, Water-Water (kanaal, meer), Grond-Water (ondiep en diep), bodemwarmtepompen, de voordelen en nadelen en uitgebreide observaties. Betekenissen. BENG, COP, PVT, SCOP, TVT, TCO, WTW, warmtepompboiler, zonneboiler, subsidies, Laag Temperatuur Verwarming (LTV) en Hoog Temperatuur Verwarming (HTV). Koudemiddelen en hun GWP, R290, R32, geluid van buitenunits en keuze van woningaanpassing. Berekenen van het vermogen. Offertes beoordelen. Warmteopslag.

Inhoud

1.	Voorwoord.....	4
2.	Inleiding.....	6
3.	Globale berekeningen.....	7
2.1.	Gas aansluiting?	8
2.2.	Kapotte gas-Cv	8
2.3.	Oude radiatoren	8
2.4.	Radiatoren vervangen	9
2.5.	Planning	10
2.6.	Eerste berekening	10
3.	De verschillende keuzes van aanpak.	13
3.1.	De woning is meer dan 60 jaar oud en na-geïsoleerd.	13
3.2.	De gas-CV is minstens 15 jaar oud.	14
3.3.	De gas-CV is ongeveer 10 jaar oud.....	15
3.4.	Een hybride WP-systeem.	15
3.5.	Split-unit of monoblok.	15
3.6.	Laagtemperatuur (LTV)- of hoog-temperatuur (HTV) systeem	16
3.7.	Het All-electric systeem.	17
3.8.	Kleine WP met airco back-up.....	17
3.9.	PVT-systeem.....	18
3.10.	Bodem WP of open water WP.....	18
3.11.	Voor alle WP-systemen.	18
4.	Overzicht meest voorkomende warmtepompen systemen.....	19
	Subsidie warmtepompen:.....	21
	Extra informatie over COP.	22
	Extra informatie gesloten bodem WP oppervlakkig.	24
	Extra informatie Bodem-WP. Een diep en open of gesloten systeem.	25
	Extra informatie Warmtepompboiler WPB.	27
	Extra informatie airco-systeem Lucht-Lucht.....	28
	Extra informatie gemeenschappelijke WP.	29
	Extra informatie buffervat.	29
	Extra informatie doorstroomboilers.....	29
	Extra informatie over koudemiddelen.	30
5.	Het PVT-systeem.....	33
6.	Berekening vermogenscapaciteit All-electric WP	35
6.1.	Uitleg van de berekeningen	37



6.2. Berekening vermogenscapaciteit van Hybride WP	38
7. Radiatorventilator	40
Extra informatie afgiftesysteem	41
8. Warmte-afgifte radiatoren berekenen.....	42
Extra informatie watervolume.....	45
Extra informatie Cv-waterpompen.....	45
9. De Hybride warmtepomp (combinatie)	46
10. Geluid van de warmtepomp en opstelling	47
11. Subsidie op warmtepomp, warmtenet en zonneboiler.	50
12. Elektrische bijverwarming.....	50
13. Offertes van aannemers of installatiebedrijven.....	54
14. Extra kosten voor de woningeigenaar?.....	55
15. Warmteopslag en batterijopslag.....	55

Afkortingen.

BENG. Bijna Energie Neutrale Gebouwen

COP. Coëfficiënt of Performance. SCOP = Seasonal COP

GWP. Global Warming Potential

LTV. Laag Temperatuur Verwarming tot 55°C.

K. Kelvin. Een graad Kelvin is een graad temperatuur.

kWh. kiloWattuur = 1000 Watt/uur. Energie-eenheid, vermogen per tijdseenheid.

LNG. Liquid Natural Gas, getransporteerd in gekoelde vloeibare vorm.

HRF. Hoog Reflecterende Folie zoals radiatorfolie of Tonzon.

HTV. Hoog Temperatuur Verwarming 55°C tot 80°C

TCO. Total Cost of Ownership.

TVT. Terugverdientijd.

WP. Warmtepomp

WPB. WarmtePompBoiler

WTW. Warmte Terug Wining, voor douche of lucht.

ZB. Zonneboiler

ZLTV. Zeer Lage TemperatuursVerwarming is lager dan 40°C. Vloerverwarming is meestal afgesteld op 35°C, maar de Cv die het water levert is bepalend.

1. Voorwoord.

Wat zijn de opties zijn voor het aanschaffen van een warmtepomp (WP) en wat komt erbij kijken?

De volgende aspecten spelen een rol:

- De ouderdom van het huidige verwarmingssysteem. Een gas-Cv gaat wel 15 tot 20 jaar mee, maar krijgt dan meer onderhoudskosten. Wanneer de gas-Cv tegen de 15 jaar oud is wordt het tijd om te bestuderen welk nieuw verwarmingssysteem men straks wil. De staat van de woningisolatie¹ en -ventilatie² is daarbij belangrijk, en het bewonersgedrag.³
- Hoelang blijft de woningeigenaar nog in de woning wonen? Als dat nog geen 10 jaar is, zal het soms de vraag zijn of de extra investeringen wel rendabel zijn, wanneer de hogere verkoopwaarden bij nieuwe installaties of isolatie niet wordt meegerekend.⁴
- Wat is het gewenste comfort van de woning? Betere isolatie en goede ventilatie zijn allebei gekoppeld aan het comfort van de bewoner. Wanneer men overstapt op een warmtepomp en het comfort aspect speelt een rol dan moet de woning in haar geheel bekeken worden.
- Wat is het effect op het klimaat of het milieu? Bij elke methode van woningverwarming is er CO₂-uitsoot en daarmee opwarming van het klimaat. Uiteindelijk verdwijnt alle in de woning gegenereerde warmte naar buiten, maar bij goede isolatie gaat dat langzamer.
- De steeds hogere behoefte aan energie⁵ maakt dat de energieprijzen omhooggaan.⁶ Het zal dus zaak zijn om energieverbruik te verminderen door gedrag en door efficiëntere apparatuur. Een WP is voor de geproduceerde warmtehoeveelheid (joule) efficiënter dan gas.

¹ Hoe beter de woning is geïsoleerd, hoe kleiner de warmtebehoefte. Veel beter isoleren is niet altijd eenvoudig en kost organisatie en geld.

² Wanneer er een warmtewisselaar (WTW) op het ventilatiesysteem zit is er minder warmtebehoefte. Om oudere woningen aan te passen met een beter ventilatiesysteem is niet altijd eenvoudig en kost geld.

³ Wanneer de bewoners het minder warm stoken kan volstaan worden met een kleiner systeem met een kleinere capaciteit waardoor je altijd energie bezuinigt. Een volgende bewoner kan een ander bewonersgedrag hebben of meer gezinsleden, maar om een verwarmingssysteem voor de volgende woningeigenaar aan te leggen is alleen relevant wanneer je op korte termijn de woning verkoopt.

⁴ Die rentabiliteit omvat twee complementaire zaken: de terugverdientijd (TVT) op de lopende energierekening en de meerwaarde van de woning. Goede thermische isolatie wordt bij de verkoop van de woning in haar geheel terugverdiend. Ook de aanleg van een goede LTV-vloerverwarming of een balansventilatiesysteem met WTW en een douche WTW zijn een verbetering van de woningwaarde.

⁵ Dat is een aspect van de huidige consumptiemaatschappij, transport en reisgedrag. Het persoonlijk gedrag kan minder energie vragen zoals een lagere kamertemperatuur, minder (warm) douchen en installaties zoals energie genereren en opslaan wanneer de prijs laag is, maar dat is niet voor iedereen een optie.

⁶ De energieprijzen zijn onderling gekoppeld tussen energiebronnen. Het aantal joule dat gas produceert kost ongeveer evenveel als het aantal joules dat elektriciteit produceert. Een warmtepomp produceert echter voor dezelfde prijs meer joules dan gas. Het zelf produceren van energie (PV) blijft voordelig.

- Wil men straks een enkel verwarmingssysteem of verschillende warmtebronnen. Alleen elektrisch of alleen gas, of beiden, of ook nog een biomassa (hout/pellet)kachel.⁷
- Hoe snel wil je een kamer verwarmen? Dat kan sneller met convectoren en ventilatoren op het afgiftesysteem (en airco). Met LTV-vloerverwarming gaat het meestal niet zo snel.
- De ruimte in en rondom de woning. Elk systeem heeft een eigen ruimtebehoefte voor de installatie (binnen of buiten). Bij appartementen kan niet zomaar een WP op het balkon gezet worden. Bij monumenten is soms een vergunning nodig. Voor het plaatsen van een WP op het dak zijn verschillende aspecten belangrijk, zoals de sterkte van het dak of de dakkapel, mogelijk onderhoud en trillingen of geluid.
- De hoeveelheid lawaai de apparaten maken is afhankelijk van het model, het vermogen en de locatie waar de buitenunit staat. Ook de manier waarop deze aan het gebouw is verbonden kan veel uitmaken in de overdracht van trillingen en geluid.⁸

Op basis van macro-economische kosten en het milieu kan het volgende lijst worden gemaakt.

Brandstof	CO ₂ -uitstoot	Milieu	Aanbevolen
Biogas	laag	Gunstig, duurzaam	Groene energie
Aardgas	Laag	Fossiele brandstof	Groningen dicht
LNG geïmporteerd	Middel (incl. transport)	Fossiele brandstof	Nee
Steenkool	Middel tot hoog	Erg vervuilend	Uitfaseren centrales
Wind en PV	Erg laag	Weinig last	Exces naar waterstof
Biomassa	Middel tot hoog	Erg vervuilend	Nu niet duurzaam

In de huidige 2025 energiemarkt moeten LNG, olie en steenkool (energiecentrales) en biomassa in steeds grotere hoeveelheden uit het buitenland gehaald worden, evenals periodiek de elektriciteit. De afhankelijkheid van het buitenland wordt steeds duurder. Inzetten op gedecentraliseerde eigen energievoorziening zal voor de lange termijn de voorkeur hebben.

Vanwege de wisselende energietarieven door de elektriciteit-netcongestie en de noodzaak⁹ om 'van het gas af' te gaan vanwege het afsluiten van het Groningse gas, liggen de energietarieven in de toekomst niet vast. Eind 2025 lijken de elektra¹⁰ en gastarieven¹¹ na een korte tijd van verlaging alweer omhoog te gaan.

⁷ Hierbij speel ook een rol of men de gegenereerd warmte of energie korte of lange tijd kan opslaan.

⁸ Sinds 2025 worden de buitenunits van de WP steeds groter en daardoor ook steeds stiller, maar het geluid 's nachts is een belangrijke factor. Dat is ook zo naar de burens toe. Geluid reducerende maatregelen kosten geld.

⁹ Dankzij de grote Groningse gasbel werden sinds 1970 heel veel huishoudens en industrieën op het gasnet aangesloten. Met het afsluiten van het Groningse veld is er veel minder gas beschikbaar en zullen veel mensen dus moeten overschakelen op uitsluitend elektrische verwarming. De WP is dan het meest efficiënt.

¹⁰ De elektratarieven zijn niet alleen dagelijks aan grote schommelingen onderhevig, maar de verzwaring van het nationale netwerk kost vele miljarden euro's per jaar die ook ergens betaald moeten worden. Die rekening komt uiteindelijk bij de consument terecht. Elektra en gastarieven zijn enigszins gekoppeld.

¹¹ Om macro-politieke redenen wordt er in Europa minder gas uit Rusland gekocht. Er komt niet genoeg gas uit Noorwegen en ter compensatie moet extra gas uit het Midden-Oosten of de USA komen (ook in de vorm van LNG), daar wordt het niet goedkoper van en gaat de CO₂-uitstoot omhoog vanwege het transport.

2. Inleiding.

Een woningeigenaar wil graag weten wat de kosten zijn voor installatie van een Hybride of een All-elektrische WP of een bodem WP. Wat is de TerugVerdienTijd (TVT) op de energierekening in vergelijking met een ander warmtesysteem (met aardgas¹² of pelletkachels op biomassa¹³)? Wat zijn de lange termijn kosten (TCO = Total Cost of Ownership)?

In grote lijnen hebben woningen die meer dan 1000 m³ gas per jaar nodig hebben voor ruimte- en tapwaterverwarming, heeft de 6 - 9 kW WP lagere verbruikskosten dan een gas-Cv. Bij woningen die 700 m³ tot 900 m³ gas per jaar verstoken, hebben de aansluitingskosten (€ 300/jaar) meer invloed op de kostenvergelijking tussen elektra en gas. Bij woningen waar minder dan 500 m³ per jaar aan gas wordt verstoekt, kunnen de aanvullende investeringen voor een WP belemmerend zijn voor de keuze.

Omdat elektriciteit uit fossiele en duurzame bronnen wordt geproduceerd (grijs), en omdat er steeds meer duurzame elektriciteit wordt geproduceerd (wind en PV) heeft elektriciteit de voorkeur, vooral wanneer de piek net-belastingen beter gemanaged worden. Bij steeds meer wind- en PV-productie van elektriciteit zal er in de toekomst meer waterstof in het gasnet komen, maar dat waterstof zal gedurende de komende 10 jaren hoofdzakelijk naar de industrie gaan.¹⁴

Resumerend: Nu overstappen naar een (elektrische) WP of heeft de voorkeur wanneer de huidige gas-Cv het einde van haar economische levensduur bereikt. Wanneer de investeringen voor isolatie niet direct gedaan kunnen worden is een All-electric-ready WP een optie.

Een kleine gas-Cv heeft een kleine installatie en levert een erg grote warmtecapaciteit (15-25 kW) om de woning en het tapwater te verwarmen. Dus slechts voor erg kleine woningen/flats zonder buitenruimte en een lage gasconsumptie is het soms relevant om een kleine gas-Cv te hebben.

Isoleren van de woning blijft voorop staan, samen met de warmtewisselaar voor de ventilatielucht en de warmtewisselaar in de douche.¹⁵

Vóór het aanleggen van een WP zal de woningeigenaar vaak worden aanbevolen om de isolatie van de woning te verbeteren, zodat een kleiner vermogen WP kan worden aangeschaft (goedkoper), die gedurende de tijd dat deze werkt ook **minder stroom verbruikt** dan een groter vermogen WP.

¹² Het aardgas kan worden bijgemengd met waterstof dat bij overcapaciteit van wind- en zonneparken in de toekomst steeds meer geproduceerd gaat worden.

¹³ Pelletkachels op biomassa zijn wel energie-efficiënt, maar niet noodzakelijk milieuvriendelijk. De groei van nieuwe biomassa loopt ongeveer 50 tot 100 jaar achter met de uitstoot van de CO₂ door de verbranding.

¹⁴ De politiek in Nederland werkt te traag en neemt geen doortastende maatregelen. Het resultaat is dat de nodige energiematregelen langzaam op gang komen wanneer zij niet direct rendabel voor de industrie zijn.

¹⁵ Zie meerdere documenten op www.nienhuys.info. Voor deze twee opties zie het documentje *WTW-Douche* en het document *Ventileren van Oudere Woningen* op die website.

Die isolatieverbetering kan ook in fasen zoals per kamer. Ook kan het warmteafgifte systeem (radiatoren) aangepast worden, want ZLTV (tot 35°C) of LTV (minder dan 55°) is meer energie-efficiënt dan een HTV-afgiftesysteem.

Veel koudemiddelen met een GWP groter dan 150 worden per 2027 verboden voor kleine WP's tot 50 kW; dan blijven voor woningen hoofdzakelijk R290 en R454 nog over. Met een op koudemiddel R290 werkende WP kan tijdelijk ook met een hogere watertemperatuur verwarmd worden, maar dan loopt de Coëfficiënt of Performance (COP) terug. Het rendement van de WP wordt aangegeven door de COP. Dit verschilt per type WP en de stooklijn (de temperatuur van het radiatorwater). Bij lage temperaturen (-5°C of minder) wordt de COP van een Lucht-Water WP lager. Bij een bodem WP is dat niet het geval.

Een grote All-electric WP heeft lagere verbruikskosten dan een gas-Cv, dat wil zeggen zonder de afschrijving. Een (diepe) bodem WP heeft nog lagere verbruikskosten dan een gas-Cv, omdat daarvan de COP hoger is, dat wil ook zeggen zonder de afschrijving. Een bodem WP is vaak duurder dan een All-electric Lucht-Water WP en heeft beperkingen voor de aanleg.

Wanneer men een nog een vrij nieuwe gas-Cv heeft (van 5- 10 jaar), dan vraagt een Hybride WP systeem een lage initiële investering. In de loop van de tijd kan men de woning dan bij-isoleren zodat later de gasaansluiting verwijderd kan worden en de WP All-electric wordt. Bij de planning van deze zogenaamde All-electric-ready WP moet voor de berekening dan de toekomstige isolatie meegenomen worden.

Resumerend: Om alleen naar de terugverdientijd (TVT) te kijken is beperkend. De woningwaarde en het comfort bij goede isolatie en de juiste ventilatie speelt ook mee. Een bodem WP is een duurzame investering die ook met de woningwaarde meetelt. De energieprijzen veranderen en milieu-maatregelen worden steeds belangrijker. Deze laatste hebben ook invloed op de energietarieven. Isoleren is dus in alle opzichten een duurzame en blijvende maatregel.

3. Globale berekeningen.

Een matig¹⁶ geïsoleerde 140 m² hoekwoning¹⁷ met 2 personen verbruikte in 2020 gemiddeld ongeveer 1600 m³ gas/jaar of 16.000 kWh oftewel $16.000 : 140 = 114 \text{ kWh/m}^2$ jaar. Dat is ongeveer tweemaal de BENG¹⁸ norm en vereist ongeveer een 8 kW WP voor de gebouwverwarming (een

¹⁶ Matig geïsoleerd zijn alle oppervlaktes van de gebouwschil die een Rc hebben van gemiddeld 2,5 of minder. Dat zijn meestal de ruiten met maximaal $R_c = 2,0$ voor Tripleglas. Hoekwoningen met slechts spouwmuur na-isolatie ($R_c 1,7$) hebben veel warmteverlies en zijn daardoor matig geïsoleerd. De nieuwbouwnorm voor muurisolatie is $R_c 4,5$ of driemaal zo goed. Bij tussenwoningen is het aandeel muurisolatie minder, maar bij matig isolerende ruiten zoals isolatieglas van rond 1995 of HR⁺⁺ ($R_c = 0,6$) is dat gebouwgedeelte ook matig isolerend. De isolatiewaarde van het dak speelt een grote rol, want de meeste warmte vertrekt via het dak.

¹⁷ Een tussenwoning van 120 m² zou met een gasverbruik van minder dan 800 m³/jaar met een 4 kW WP kunnen volstaan, afhankelijk van de COP (minimaal 4) en de stooklijn (LTV).

¹⁸ BENG = Bijna EnergieNeutraal Gebouw sinds 2021. BENG 1 geldt voor de gebouwschil met 55 kWh/m² vloeroppervlak per jaar (A_g = gebruiksoppervlak minimaal 150 cm hoog) en is inclusief tapwaterverwarming. Een woning van 140m² zou dus omgerekend maximaal 7700 kWh aan energie mogen verbruiken. Als 1 m³ gas equivalent is aan 10 kWh dan is dat $7700 \text{ kWh} : 10 = 770 \text{ m}^3$ gas. De BENG norm houdt bij de berekening ook rekening met de compactheid van een woning. Een hoekwoning die de vorm van een kubus heeft met plat dak is compacter dan een geschakelde woning met uitbouwen en een puintdak met dakkapellen. Voor meer informatie zie: <https://warmtepomp-weetjes.nl/gerelateerd/beng-norm-per-1-juli-2020/>

eenvoudige vuistregel is $1600 \text{ m}^3 \text{ gas}/200 = 8 \text{ kWh}$).¹⁹ Daarvan kan ongeveer 20% (= 320 kWh) verbruikt zijn voor tapwaterverwarming, exclusief koken op gas. Een enkele warme douche van ongeveer 5 min. verbruikt ongeveer $0,1 \text{ m}^3 \text{ gas}$. 350 warme douches per jaar verbruiken dan $35 \text{ m}^3 \text{ gas}$ (= ongeveer 350 kWh). Om diezelfde woning met een 5 kW WP voldoende warm te krijgen bij -10 °C en een gasconsumptie van niet minder dan $800 \text{ m}^3/\text{per jaar}$, zal de woning beter geïsoleerd moeten worden.

Het WP-systeem bestaat al vele jaren; een koelkast of een airco zijn ook WP's. De WP concentreert met 1 deel elektriciteit (COP = 1) in een gesloten gaskringloop de warmte uit de lucht, bodem, kanaal of grondwater en geeft 3 tot 4 delen warmte af. Het heeft daardoor een hoger rendement (COP 3 tot 4) dan een HR107-gas-Cv ketel (COP = ongeveer 2,3) die aardgas verbrandt.

2.1. Gas aansluiting?

Voor een gasaansluiting betaalt men ongeveer € 300/jaar. Dat is dan ongeveer € 3000 in 10 jaar. Bij het overstappen naar een All-electric WP moeten die aansluitingskosten verrekend worden.²⁰ Hierdoor is op de langere termijn een All-electric WP voordeliger, vooral wanneer de gasprijs gaat stijgen, en de elektriciteit op de meest economische tijden van de dag kan worden gebruikt.²¹

2.2. Kapotte gas-Cv

Het is niet noodzakelijk om bij een kapotte gas-Cv een nieuw HTV WP-systeem of een hybride WP systeem (= elektra + gas) met een nieuwe HR-Cv aan te schaffen. Veel Cv-installatiebedrijven kunnen een tijdelijke (paar jaar) Cv aanbieden die de woningeigenaar de tijd geeft om de nodige isolatiemaatregelen te nemen totdat de woning voldoende geïsoleerd is om een kleinere LTV-WP aan te schaffen of een All-electric-ready WP zodat men nog een paar jaar de tijd heeft om te isoleren.

2.3. Oude radiatoren

Bij een verbeterde gebouwisolatie (verbeterd nadat de woning werd gebouwd zoals isolerend glas, vloer- en dakisolatie) kunnen vaak de grote oude radiatoren bij LTV blijven zitten.²² Die radiatoren kunnen ook voorzien worden van radiator-ventilatoren voor een versnelde/betere warmteafgifte. Dit kan een optie zijn bij monumenten waar de grote oude radiatoren een onderdeel zijn van het gebouwwontwerp/stijl. Een voordeel van grote radiatoren met veel water inhoud is dat er meestal geen buffervat nodig is. Een nadeel is dat het met gietijzeren Cv-leidingen niet is aanbevolen om te koelen, want dan kan er roestvorming op de buitenkant van leidingen plaatsvinden. Een beter geïsoleerde woning heeft meestal geen zomer koeling nodig.

¹⁹ Dat uitgerekende vermogen is de geschatte warmtebehoefte bij -10°C, dus niet het vermogen van de WP. Bij de specificaties van een WP staat het maximale elektriciteitsgebruik en de warmteproductie (vaak hoger).

²⁰ Voor het verwijderen van een gasmeter heeft het netwerk bedrijf een lange wachttijd. Zolang u de meter nog heeft, betaalt men dan de aansluitingskosten. Tijdig afmelden is daarom belangrijk.

²¹ Bij een goed geïsoleerde woning is het niet direct nodig dat de WP pas op het einde van de middag wordt aangezet. Vanaf de namiddag tot middernacht zijn de elektriciteitsstarieven het hoogste. Er wordt overwogen om elektrische auto's buiten die tijden op te laden. Met veel PV in een woonwijk is de ontwikkeling van buurtbatterijen voor de dagelijkse opslag en avondgebruik van elektriciteit belangrijk.

²² Die oude radiatoren zijn gedimensioneerd op basis van een slecht geïsoleerd gebouw en kunnen daarom bij een beter geïsoleerd gebouw voor voldoende warmteafgifte zorgen.

2.4. Radiatoren vervangen

Door oude radiatoren te vervangen kan de warmteafgifte per radiator sterk verhoogd worden, vooral als er op de nieuwe radiatoren ventilatoren worden toegepast. Bij ZLTV en LTV kan dit een optie zijn. Convectorbakken in de vloer werden ontworpen achter enkel glas terrasdeuren, maar met beter isolerende deuren werken ze minder goed wanneer er geen ventilatoren worden toegepast.²³



Figuren 1. Een LTV-vloerverwarming is niet altijd nodig. Wanneer u bijvoorbeeld een mooie vloer heeft, zou u die niet willen slopen om daar een LTV-vloerverwarming in/op te bouwen. Links. Oude situatie met oude radiator en een slecht werkende convectorbak.

Rechts. Toepassing van binnenzijdige muurisolatie tot een $R_c 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (bredere vensterbank) en plaatsing van een Jaga of Henrad convectorradiator met ventilator. Dit kan ook in de convectorbak maar die kan ook dicht.

Een radiatorventilator verhoogt de warmteafgifte van een Type 21 en Type 22 radiator met ongeveer 35%. Voor oudere types kolomradiatoren kan dat wat minder zijn.



Figuren 2. Het verhogen van de bestaande vloer of het aanleggen van een geheel nieuwe vloer met LTV houdt veel werk in, maar met een betere gebouwisolatie en radiatorventilatoren kan ook goed verwarmd worden.²⁴

Met het moderne propaan koudemiddel (R290) kan tijdelijk met hogere watertemperaturen verwarmd worden (HTV tot 65°C), maar dan loopt de efficiëntie van de WP wel wat terug. Bij de huidige gemiddelde winter kan dan een middelhoge radiatortemperatuur ingesteld worden (LTV van 40°C tot 50°C). Wanneer het onverhoopt -10°C wordt kan de stooklijn tijdelijk worden verhoogd naar HTV met 65°C.

²³ Voor het verbeteren van convector bakken zie document Convector bak verbeteren op www.nienhuys.info

²⁴ Zie document *Begane grondvloer isolatie* op www.nienhuys.info voor het toepassing LTV in de vloer. Het vervangen van de begane grond vloer kan nodig zijn wanneer deze van slechte kwaliteit is en de vloerafwerking toch ook vervangen gaat worden. Dat zijn wel allemaal extra kosten.

Gewoonlijk wordt de capaciteit van een LTV-WP berekend op 21°C voor de hele woning. Wanneer een klein bemeten WP niet berekend is op een gemiddelde binnentemperatuur van 21°C voor alle kamers, maar voor 19°C, dan kunnen bij een eventuele buitentemperatuur van -10°C de slaapkamers minder verwarmd worden, maar zal de woonkamer toch wel de 19°C kunnen halen. Als alternatief kan dan tijdelijke ook de stooklijn op een HTV-temperatuur gezet worden.

2.5. Planning

Bij de aankoop van een nieuwe woning of bij het plannen van een WP kan het wel een jaar in beslag nemen om een goed en duurzaam plan te maken én bedrijven te vinden die kunnen helpen met de bouwkundige maatregelen. Bij het overwegen van de energiemaatregelen moet ook goed gekeken worden naar een gezonde (energiezuinige) woningventilatie met warmteterugwinning (WTW). Bij een mechanische balansventilatie²⁵ met WTW (aanwezigheids- of CO₂ monitoring, luchtbevochtiging, zomer bypass) is kierdichting van de woning relevant; zonder mechanische ventilatie is kierdichting niet erg relevant, tenzij het erg tocht bij wind.

De meeste Lucht-Water WP's hebben een monoblok buiten die de warmte uit de lucht haalt en daarmee het radiatorwater verwarmd. Bij een spilt-systeem staat een gedeelte van de WP binnen. Omdat bij lage luchttemperaturen het systeem rijp (ijsafzetting) krijgt, moet het systeem zichzelf regelmatig ontdooien. Dit gebeurt door het warme water door de buitenunit te laten lopen. Het ijs smelt dan en het smeltwater loopt dan in de grond (of op het dak) weg. Deze cyclus vereist een buffervat als het watervolume in de radiatoren beperkt is. Door deze ontdooi-cyclus loopt de COP van het Lucht-Water monoblock snel terug bij vorst. Bij een bodem WP is de grondtemperatuur tussen de 10°C en 12°C en blijft de COP in de winter hoger dan bij de Lucht-Water WP.

2.6. Eerste berekening.

Op basis van de rekenmodellen van 'Energie Verbonden in 't Gooi' is een voorbeeld uitgerekend van een woning (met na-isolatiemaatregelen) met verbruik van 600 m³ gas/jaar. Afhankelijk van het gekozen LTV- of HTV-verwarmingssysteem is de TVT op de gasrekening aanzienlijk verschillend. Bij deze berekening heeft de woningeigenaar te maken met de afschrijving van de WP-installatie of de terugverdientijd (TVT) op hun energierekening. **De conclusie is dat er bij voorkeur gekozen moet worden voor een LTV-systeem.**

Voor het gemiddelde woonhuis (140 m²) met een gas-Cv verbruik van 1600 m³ gas kan een verbruikskosten bezuiniging verkregen worden van bijna 30% tot 40% met een LTV All-electric WP. Wanneer de woning wordt afgesloten van het gasnet (en elektrisch gaat koken) is de verdere bezuiniging het gas vastrecht en netbeheer van ≈ € 300/jaar (afhankelijk van leverancier), of € 3.000 in 10 jaar. Deze bezuiniging moet meegeteld worden in de lange-termijn begroting.²⁶

In de onderstaande eerste berekening is een WP-installatie gekozen die bruto € 12.000 kost en in de tweede berekening een die bruto € 8.000 kost. De TVT is zonder de afschrijvingskosten van de installatie. Wanneer de gasprijs omhooggaat (erg waarschijnlijk) gedurende deze 20+ jaar zal de TVT verkorten. In de berekening van de All-electric is meegenomen dat de gasaansluiting vervalt.²⁷

²⁵ Balansventilatie is een mechanische ventilatie waarbij dezelfde hoeveelheid lucht in- en uitgaat (balans). Zie ook het document 'Ventileren van oudere woningen' op www.nienhuys.info

²⁶ Sinds 2023 is het afsluiten van het gas door de energieleverancier gratis (overheidsregeling).

²⁷ De tabel is indicatief en vergelijkt de twee principes. In de praktijk kan de aanleg van WP hoger zijn wanneer er meer bijkomende kosten zijn. Ook de benodigde ruimte voor de installatie is een belangrijk punt.

Deze berekeningen zijn zonder de bijkomende kosten zoals een 3-fasen aanleg of een nieuwe stoppenkast (€ 700 - 1000). Wanneer voor het warmteafgifte systeem de radiatoren vervangen moeten worden door een LTV-vloerverwarming zijn dat extra kosten. Maar als de begane grondvloer sowieso vervangen moet worden om andere reden of vanwege stijl en comfort zijn die kosten geen onderdeel van de TVT. Hier speelt het comfort aspect ook een rol.

Om een LTV-systeem aan te leggen in een oude maar beter geïsoleerde woning zonder LTV-vloerverwarming, zouden de radiatoren aangepast moeten worden voor een grotere warmteafgifte of met (type Speedcomfort) radiatorventilatoren eronder; dit laatste zijn beperkte kosten. Echter, wanneer de woning niet beter is geïsoleerd moeten de plaatradiatoren vervangen worden door Jaga of Henrad convector radiatoren en zullen de totale kosten hoger uitvallen.

UITKOMSTEN ALL ELECTRIC WP	Grootheid	Waarde					
Aanschaf en installatie WP	Euro	12000					
ISDE subsidie WP	Euro	3600					
Eventuele overige "meevallers"	Euro	0					
Extra onderhoudskosten per jaar	Euro	0					
Vermeden vervangingskosten gasketel	Euro	1867					
Nodigde aanvoertemperatuur bij 0°C	Graden Celsius	35	40	45	50	55	60
Extra aantal kWh voor tapwater en verwarming	kWh/jaar	1447	1512	1627	1753	1869	2030
		Besparing (ex afschrijving)					
Jaarlijkse besparing met een All electric WP	Euro/jaar	697	672	627	578	532	470
Terugverdientijd WP in jaren	Aantal jaar	9	10	10	11	12	14

UITKOMSTEN ALL ELECTRIC WP	Grootheid	Waarde					
Aanschaf en installatie WP	Euro	8000					
ISDE subsidie WP	Euro	2400					
Eventuele overige "meevallers"	Euro	0					
Extra onderhoudskosten per jaar	Euro	0					
Vermeden vervangingskosten gasketel	Euro	1867					
Benodigde aanvoertemperatuur bij 0°C	Graden Celsius	35	40	45	50	55	60
Extra aantal kWh voor tapwater en verwarming	kWh/jaar	1447	1512	1627	1753	1869	2030
		Besparing (ex afschrijving)					
Jaarlijkse besparing met een All electric WP	Euro/jaar	697	672	627	578	532	470
Terugverdientijd WP in jaren	Aantal jaar	5	6	6	6	7	8

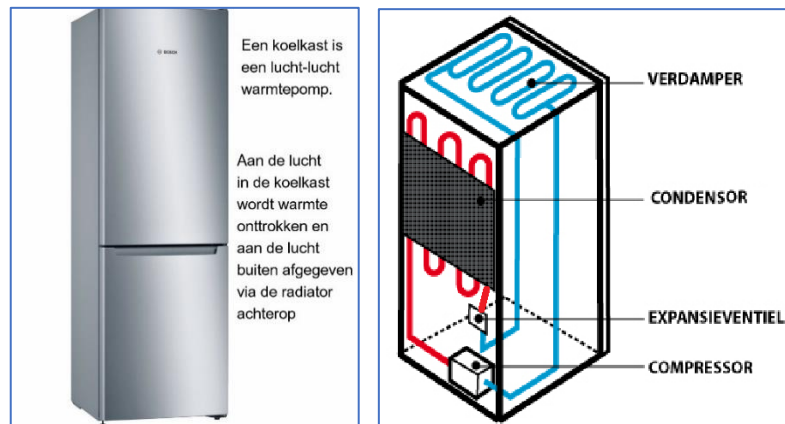
Door de woning goed te isoleren vertraag je het warmteverlies. Moderne isolatieruiten (HR⁺⁺ met Rc 0,85) hebben een warmte-reflecterende coating (Low-E coating) die een groot gedeelte van de infrarode warmtestraling tegenhoudt. De ruiten zijn over het algemeen wel de minst isolerende oppervlaktes in de buitenschil van het gebouw²⁸. Voor de te verwarmen woonkamers wordt Tripleglas aanbevolen met een Rc 1,7 tot 2,0, dus minstens tweemaal zo isolerend als HR⁺⁺ en driemaal zo isolerend als jaren 1990 oude isolatieruiten met Rc 0,6. $1/U\text{-waarde} = Rc$.

²⁸ Voor meer informatie over ruiten en glasisolatie zie document "101 Soorten Glas" op www.nienhuys.info
Door het dak gaat de meeste warmte verloren. Zie 'Dakisolatie' op www.nienhuys.info
Vloerisolatie heeft behalve isolatie ook een comfortaspect (koude voeten) zie document 'Vloerisolatie'.

2.7 Principe warmtepomp

Bijna iedereen heeft tegenwoordig wel een WP in de woning.

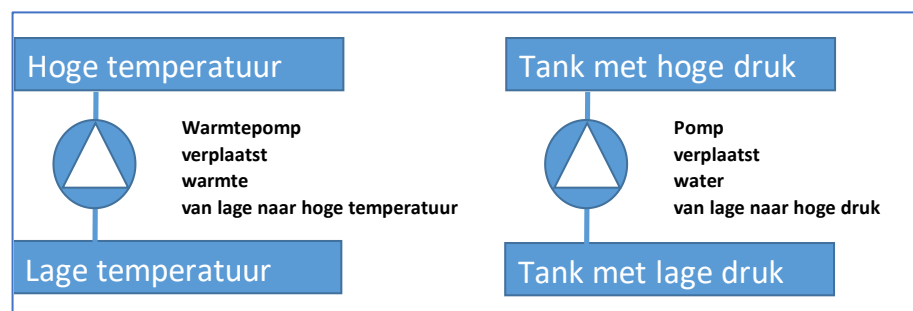
Figuur 3. Een koelkast is een WP die warmte onttrekt aan de binnenlucht en die warmte afvoert via de radiator die meestal achter op de koelkast zit. Om die warmte kwijt te raken moet de koelkast dus achterop goed geventileerd worden²⁹.



De gebruikte warmte (omgezette elektriciteit) van het WP-systeem blijft in de leidingen zitten en gaat dus niet verloren. Bijna alle WP's kunnen verwarmen én koelen. Wanneer je koelkast met de koelkastdeur open deur naar buiten zet, en de radiator aan de achterkant in de woning, dan heb je een WP die de woning verwarmt.

Figuur 4. Afbeelding van een Webinar.

Van nature stroomt een vloeistof van hoge druk naar lage druk. De warmte gaat van hoge temperatuur naar lage temperatuur. De WP keert dit proces om.



Bij een woning stroomt in de winter de warmte constant van binnen naar buiten. Warmteverlies gebeurt hoofdzakelijk door infrarode (IR) warmtestraling (meer dan 65%) en de rest door convectie, contact (muren in de grond) en (mechanische) ventilatie zonder warmteterugwinning (WTW).

De koude komt dus niet naar binnen, maar de warmte gaat eruit³⁰. De grootte van de warmtestroom (verlies) wordt berekend op basis van het oppervlak, de isolatiewaarde van dat oppervlak (Rc-waarde) en het temperatuurverschil tussen binnen en buiten.

- Hoe groter het oppervlak, hoe meer warmteverlies. Muren, ruiten, dak, vloer.
- Hoe groter het temperatuurverschil tussen binnen en buiten hoe groter het warmteverlies. Woonkamers zijn meestal het warmste en de ruiten hebben daarom hier goede isolatie nodig. Het temperatuurverschil bij slaapkamers is meestal minder. Wanneer een kantoor op zolder verwarmd wordt is daar goede dakisolatie weer belangrijk.
- Hoe beter de isolatie (Rc-waarde), hoe kleiner het warmteverlies. $U_{\text{glas}} = 1/R_c$

²⁹ Zie documentje *Koelkast ventileren* op www.nienhuys.info

³⁰ Bij tocht (verplaatsing van lucht) van buiten, komt er wel koude lucht naar binnen. Bij een slecht isolerende lichtkoepel of dakraam is ook vaak tocht, maar dat is afgekoelde lucht die naar beneden valt, zonder dat er van ventilatie (luchtverversing) sprake is. Bij woningen alles kierdicht maken is niet verstandig als er geen andere manier van ventileren is. Zie document 'Ventileren van oudere woningen' op www.nienhuys.info

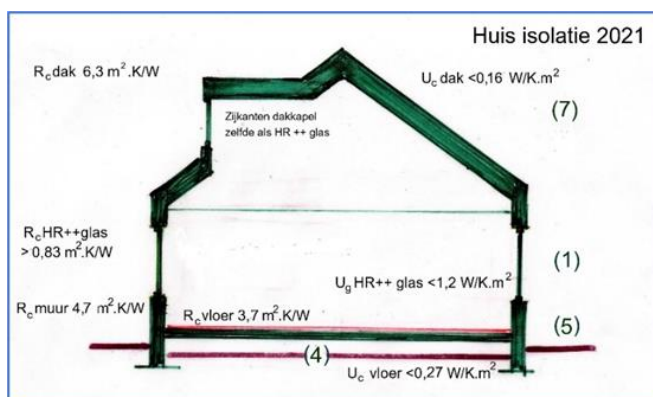
Bij het dak is het temperatuurverschil met buiten groter dan bij de begane grondvloer en de grond. Vandaar dat de nieuwbouw normwaarde voor dakisolatie tweemaal zo hoog is als de norm voor vloerisolatie. Daarnaast is er warmteverlies door ventilatie en afvalwater.

Figuur 5. Warmteverlies van een doorsneewoning in percentages. Bij een goed geïsoleerd gebouw zijn de percentages ongeveer hetzelfde, maar met een WTW op de ventilatielucht wordt dat ventilatiepercentage kleiner dan 5%.



Figuur 6. De **minimum** isolatiewaarden van een woning zijn in verhouding omgekeerd aan de verliezen. Het dak moet daarom beter geïsoleerd zijn dan de muren en die weer beter geïsoleerd van de begane grond vloer.

Voor de ramen, deuren en panelen is deze **minimum** isolatienorm erg laag. Dit houdt verband met de relatief hogere kosten per m² om die beter te isoleren.



Het vervangen van een oude 1990 dubbelglas ruit ($R_c = 0,6$ tot $0,7$) met een HR++ ruit ($R_c = 0,9$) kost netto €100/m² (bruto ongeveer 200/m²) en geeft een verbetering van slechts 25%. Het vervangen van een oude 1990 dubbelglas ruit ($R_c 0,6$ tot $0,7$) met een Tripleglas ruit ($R_c 1,7$ tot $R_c = 2,0$) kost netto € 300/m² (bruto euro 400/m²) en geeft een verbetering van bijna 300%. Dus 6 x zoveel isolatie voor ongeveer tweemaal de kosten. De TVT is daarmee driemaal zo snel en de woningwaarde is ook beter.

3. De verschillende keuzes van aanpak.

3.1. De woning is meer dan 60 jaar oud en na-geïsoleerd.

Woning met dikke (32 mm) stalen buizen en traditionele radiatoren. Bij stalen/gietijzeren buizen komt er bij **koelen** in de zomer **condens buiten óp de ijzeren buizen en die gaan dan roesten**. In dit geval moet gekozen worden voor een WP-systeem dat alleen verwarmd. Hierbij moet het warmte afgiftesysteem voldoende afgifte-oppervlakte hebben.

Dat kan zowel met:

- (1) bestaande grote radiatoren als de woning na de oorspronkelijk bouw beter is geïsoleerd,
- (2) ventilatoren onder de bestaande radiatoren, deze werken het beste met plaatradiatoren,
- (3) nieuwe Jaga of Henrad convector radiatoren,
- (4) LTV-vloerverwarming,

(5) een combinatie van deze opties. Bijvoorbeeld voor de woonkamer LTV-vloerverwarming en op de etage de bestaande radiatoren aanhouden.³¹

De keuze van het systeem zal afhangen van de mate van de woning isolatie. Wanneer de woning matig is na-geïsoleerd met gemiddelde isolatiewaarde onder de Rc 2,5 zal meer verwarmingscapaciteit nodig zijn dan bij goede na-isolatie met een gemiddelde van Rc = 4.

3.2. De gas-CV is minstens 15 jaar oud.

Er kunnen binnen enkele jaren hogere Cv-onderhoudskosten komen of de Cv is aan vervanging toe. In dat geval heeft u tijd om te plannen en eventueel betere isolatie aan de woning toe te passen zodat de woning minstens energielabel A heeft of beter. De berekening van de grootte (capaciteit van een WP hangt af van:

- (1) de gemiddelde stooktemperatuur (stooklijn)³²,
- (2) de kwaliteit van de isolatie van het buitenoppervlak van de woning
- (3) het bestaande of nieuwe ventilatiesysteem³³,
- (4) de hoeveelheid warm tapwater dat de WP moet leveren³⁴,
- (5) de rekenmethode die de installateur gebruikt voor de berekening.³⁵

Het verstandig om voor een All-electric systeem te kiezen zodat de gasaansluiting kan vervallen. Bij een All-electric-ready heeft men enkele jaren de tijd om de woning bij te isoleren.³⁶

³¹ LTV is zuiniger dan HTV. Het is mogelijk dat de radiatoren in de slaapkamer te laten zitten zodat daar geen vloerverwarming nodig is. Meestal zijn de slaapkamers minder verwarmd en met betere isolatie (ruiten) hebben de radiatoren dan voldoende capaciteit. Het aanleggen van vloerverwarming in de slaapkamers is een grote kostenpost, en de trapbekleding moet dan ook worden aangepast om verschillende hoogten van de optreden te voorkomen.

³² Hoe lager de stooklijn hoe economischer de WP zal draaien. Bij de keuze van een R32 koelmiddel kan de stooklijn tijdelijk worden verhoogd tot 55°C. Bij de keuze van een R290 koelmiddel kan de stooklijn tijdelijk verhoogd worden naar 65°C of zelfs 75°C (met efficiëntieverlies).

³³ Dit ventilatiesysteem moet bij voorkeur een WTW hebben. Er zijn ook systemen met een CO₂-regeling. Wanneer een woning geen centraal ventilatiesysteem heeft kan dat aanleggen veel werk opleveren. Voor meer informatie zie document 'Ventileren van oudere woningen' op www.nienhuys.info

³⁴ Wanneer u een aparte warmtepompboiler heeft of een elektrische Nestore (Newton energy solutions warmte batterij) dan valt de berekening van de warmtepomp voor ruimteverwarming lager uit. Ook wanneer u een WTW op de douche heeft is er een kleinere tapwaterboiler of WP-boilervat nodig.

³⁵ Veel installatiebedrijven nemen een hoge binnentemperatuur (21°C) aan voor de hele woning (inclusief slaapkamers en bewoonbare zolder) dan men normaal gewend is, inclusief een nog hogere temperatuur voor de badkamer (22°C). Hier zal de capaciteit van de WP extra hoog berekend worden. De slaapkamers hoeven meestal minder verwarmd te worden dan de woonkamer, terwijl een dik kleedje in de badkamer meestal voldoende is; eventueel een IR paneel voor kortstondige stralingswarmte. Een te zware capaciteit WP zal dan moeten moduleren (langzamer draaien) om te voorkomen dat deze gaat pendelen (aan en afslaan). Dat aan-en afslaan levert veel slijtage op en is onzuinig.

³⁶ Zijn er plannen, tijd of budget om de woning bij te isoleren binnen de komende jaren. In dat geval kan voor een All-electric-ready systeem gekozen worden.

3.3. De gas-CV is ongeveer 10 jaar oud.

Men heeft nog minstens vijf jaar de tijd voordat het echt noodzakelijk is om deze te vervangen. Er kan gekozen worden voor **All-electric ready**³⁷. Deze term wordt gebruikt voor een WP die straks geschikt is om de woning te verwarmen, maar nog tijdelijk als een hybride systeem werkt in combinatie met de gas-Cv, zolang de woning nog niet optimaal geïsoleerd is. De berekening van de WP is dan gebaseerd op de straks beter geïsoleerde woning. In deze optie heeft u minstens 5 jaar de tijd om verschillende isolatie maatregelen te nemen, die per kamer uitgevoerd kan worden. Dit is bijvoorbeeld interessant wanneer de kinderen binnenkort uit huis vertrekken.

Wanneer u binnen 10 jaar toch uit de woning gaat vertrekken (dan is de gas-Cv ook zo'n beetje op) dan is de All-electric hybride systeem een goede optie want het is een lage investering. Een nieuwe bewoner kan de woning strippen en beter isoleren en van het gas afsluiten, terwijl de WP dan voldoende capaciteit heeft voor de beter geïsoleerde woning. Sommige WP's zijn ook modulair. Dat wil zeggen dat er een extra unit aangebouwd kan worden voor een grotere capaciteit.

3.4. Een hybride WP-systeem.

Deze optie is relevant wanneer men nog een vrij nieuwe gas-Cv heeft (maximaal vijf jaar oud). Bij deze optie zal de WP kleiner zijn dan bij All-electric en voor ongeveer 80% van de tijd de warmte leveren, inclusief warm tapwater. Wanneer het echter koud wordt (-5°C tot -10°C vorst) dan neemt de gas-Cv het over. De gasaansluiting moet hierbij blijven bestaan (euro 300/jaar = euro 3000/10 jaar). Bovendien zal er tweejaarlijks onderhoud van de gas-Cv moeten plaats vinden (euro 150 tot 200). Er is de optie dat de WP slechts de LTV verzorgd en de gas-CV het warme tapwater. Omdat dit systeem de kleinste WP nodig heeft is het ook de goedkoopste oplossing voor de aanschaf.

De operationele- of gebruikskosten zullen bij de hybride WP wat hoger zijn dan bij een All-electric WP, omdat de gas-Cv voor verwarming in de winter meer kost dan de WP. Sommige gemeentes bevelen een hybride systeem aan om elektriciteitsnet overbelasting te voorkomen.

3.5. Split-unit of monoblok.

Bij een split-unit WP is de buitenunit een stuk compacter en lichter dan bij een monoblok waarbij alle componenten in het buitenblok zitten (meestal een Lucht-Water WP). De binnenunit omvat de warmtewisselaar en de circulatiepomp, en de warmwaterboiler. De warmwaterboiler en de warmtewisselaar zijn vaak geïntegreerd in een eenheid. Het monoblok (alles buiten) is relevant als er binnen **ruimtebeperkingen** zijn³⁸. De binnenunit maakt weinig lawaai (koelkast niveau), terwijl de nieuwste buitenunits steeds groter worden en daardoor minder lawaai maken.³⁹

³⁷ In 2024 ontstaat er een onbalans op het elektriciteitsnetwerk door de vele PV en wisselende windenergie. Wanneer alle woningen van het gas af gaan en een elektrische WP hebben en elektrisch koken zal er in de namiddag een grote piekbelasting ontstaan bij koud weer, wat het elektriciteitsnet niet aan kan. Sommige provincies bevelen dan ook een hybride systeem aan met behoud van de gas-Cv.

³⁸ Het monoblok en PVT kunnen bij lage luchttemperaturen en luchtvochtigheid ijsafzetting krijgen (ijzel of rijp). Het systeem moet dan regelmatig tussentijds opwarmen waardoor de ijsafzetting verdwijnt. Dat kost wel warmte-energie en er is een voldoende groot buffervat nodig om het mogelijk te maken.

³⁹ De Bosch Compress 5800i AW is een erg stille lucht-water WP. Met slechts 26 dB(A) op 3 meter is hij in 2024 stiller dan de stilste WP uit de laatste 2025 Consumentenbondtest. Met het natuurlijk koudemiddel R290 (propan) haalt hij aanvoertemperaturen tot 75°C (HTV).

Het monoblok is vaak duurder dan een split-unit, terwijl de leidingen naar binnen toe zowel het warme als koude water bevatten en daarom extra goed geïsoleerd moeten zijn. Ook bestaat er kans op bevriezen. Aan de andere kant kunnen de installatiekosten van het monoblock minder zijn dan van een split-unit. Hierbij is het ook belangrijk dat de aan en afvoerleidingen niet tegen elkaar aanlopen, maar beiden goed geïsoleerd zijn.

Figuur 7. Klein monoblok van een hybride systeem. Hier is te zien dat de ventilator extra koud wordt en de leiding naar binnen warm. Beter isoleren van zowel de warme als de koudere retourleiding is nodig, anders koelt het verwarmde water al af voordat het in de woning komt.

Een monoblok heeft een automatische ontdooi cyclus en moet een vorstbeveiliging hebben (elektrisch). Ook kunnen de leidingen met een Gycol-mengsel gevuld zijn.



Bij kleine flats, en ruimte op een groot balkon kan een monoblok een optie zijn.

Bij **nieuwbouwflats** zal de hele WP-unit in de flat staan. In dit geval is een geluidsarme apparatuur in een afgesloten kast nodig.

Figuren 8. Flatgebouw, nieuwbouw. Bij nieuwbouw kan de hele installatie van de WP en de WTW voor de balansventilatie binnen de flat staan. Dit voorbeeld is van een kast in een flat-appartement met twee luchtleidingen die naar het dak gaan.

Bij deze optie is er geen buitenunit, behalve de in- en uitlaat van de luchtleidingen.



3.6. Laagtemperatuur (LTV)- of hoog-temperatuur (HTV) systeem

De WP van een ZLTV of LTV is altijd zuiniger dan een HTV-systeem, maar heeft een groter warmte-afgifteoppervlak nodig zoals een LTV-vloerverwarming systeem. Dit is dan hoofdzakelijk nodig op de begane grondetage want de bovenetage wordt indirect verwarmd via een niet isolerend plafond van de woonkamer beneden.⁴⁰

⁴⁰ Slechts bij weinig woningen is er thermische isolatie in het plafond van de woonkamers. In dat geval kan bijverwarming van de slaapkamers in de winter nodig zijn. Bij het renoveren van de woning wordt vaak isolatie in het plafond gedaan om ook geluidsoverdracht te verminderen. Een HRF onder de afwerkvloer levert nauwelijks isolatie op.

Het kan voordelig zijn om een paar grotere radiatoren met meer platen (T33 model) te plaatsen zodat de warmteafgifte beter wordt. De warmteafgifte van een radiator wordt ook 30% beter met radiatorventilatoren.

Wanneer men geen LTV-vloerverwarming kan/wil installeren zoals bij mooie vloeren of het ontstaan van hoogteverschillen⁴¹ tussen de verschillende vloerdelen, kan gekozen worden voor convector-radiatoren met radiatorventilatoren. Bij woningen van slechts 50 jaar oud komen vaak (te) dunne leidingen voor⁴² die dan vervangen moeten worden.

3.7. Het All-electric systeem.

Wanneer men overstapt naar alleen LTV-vloerverwarming op de begane grond kunnen de oude radiatoren op de etage vaak blijven. De eerste etage heeft dan een vloertemperatuur die ongeveer 3°C lager is dan het plafond van de begane grond, tenzij het plafond geïsoleerd is. Hierdoor hoeft er bij een niet isolerend plafond op de slaapkamers nauwelijks bij-verwarmd te worden⁴³ en zijn de bestaande radiatoren of de verhuizing van de grotere radiatoren van de begane grond vaak voldoende. Bij nieuwbouw wordt soms een LTV- vloerverwarming op de etage aangelegd. In dat geval is het belangrijk dat de toevoerleidingen geheel of gedeeltelijk dichtgedraaid kunnen worden.

3.8. Kleine WP met airco back-up.

Bij de berekening van een WP op basis van uw huidige (zuinige) gasverbruik met de formule m³/jaar gedeeld door 200, dan zal de berekening van het installatiebedrijf vaak hoger uitvallen. Wanneer men dan voor een kleine warmtepomp kiest⁴⁴, bijvoorbeeld wanneer men de slaapkamers of de eerste etage en de zolder niet verwarmd met de WP en LTV, dan kan een combinatie met een Airco een optie zijn die warme of koude lucht op de etage levert.

De meeste airco's verversen de lucht niet en er is geen subsidie op, maar verwarmen kunnen de lucht wel snel verwarmen. Een COP 4 van een airco's is mogelijk. Een airco vraagt ongeveer 2 kW aan vermogen. Een airco die koelt in de zomer, verwarmt daarmee ook de buitenlucht extra. Wanneer de kamers in de zomer te warm worden is er waarschijnlijk slechte isolatie. Zonnewarmte moet aan de buitenzijde van de ramen geweerd worden, niet van binnen met gordijnen.

⁴¹ De beschikbare hoogte van de kamers is hier belangrijk. Om minder dan 240 cm netto hoogte over te houden is geen verbetering van de woningwaarde. Vloer hoogteverschillen en deuren aanpassen zijn ook kosten. Bij het veranderen van vloeren voor vloerverwarming is het belangrijk dat er geen drempels of kleine opstapjes ontstaan want die veroorzaken valpartijen.

⁴² Wanneer de leidingen 12 mm (buitenmaat) zijn is de doorstroming geremd en moeten ze bij de aanleg van een WP vaak vervangen worden. Bij een LTV-vloerverwarming worden ze dan sowieso verwijderd.

⁴³ Het is wel belangrijk dat slaapkamers voldoende en constant (een beetje) geventileerd worden. 's Nachts wordt door de slaper(s) waterdamp en CO₂ uitgestoten en hebben die zuurstof nodig. Zonder ventilatie is ongezond en zal waterdamp op de koudste oppervlaktes neerslaan. Bij de muren is dat niet zichtbaar, maar een vochtige muur heeft een slechtere isolatiewaarde dan een droge muur.

⁴⁴ Installatiebedrijven berekenen vaak de capaciteit van de WP bij -10°C en alle kamers verwarmd op een temperatuur van 20°C of zelfs 21°C. Hierdoor zal de berekening hoog uitvallen. Het kiezen voor een lagere maximale ruimtetemperatuur (19°C) en minder verwarming in de slaapkamers vereist een kleinere WP.

Bij de renovatie van een woning kan ervoor gekozen worden om alle radiatoren in de hele woning te verwijderen en slechts op de begane grond (woonkamers) een LTV-vloerverwarming aan te leggen. De slaapkamers op de eerste etage worden zonder vloerisolatie wel opgewarmd. Wanneer met dan toch extra warmte in de individuele slaapkamers wil hebben kan een airco een oplossing zijn.

3.9. PVT-systeem.

Photo Voltaïsch Thermisch (PVT). Bij voldoende (stevig) dakoppervlak kan een PVT-systeem WP worden toegepast. Het systeem ligt op het dak en levert stroom en warmte via de water/glycol gevulde radiatoren/absorbers die geïntegreerd onder de PV-panelen zitten. Meer informatie over PVT-systemen verderop in dit document. Bij de installatie van een gewone WP zal ook vaak besloten worden om extra gewone PV aan te leggen. Bij een PVT-systeem zit die PV al in de prijs besloten. Het is door de extra PV wel een grotere investering, maar ook een duurzaam en een bijna geluidarm systeem dat ook geen buitenruimte (in tuin) vereist.

3.10. Bodem WP of open water WP.

Dit zijn beiden WP-systemen waarbij het diepe grondwater of het open water (kanaal) gebruikt wordt als warmtebron. Het zijn dan allebei Water-Water systemen. Het voordeel is dat diep grondwater zelden onder de 10°C komt en diep open water niet onder de 0°C. Hierdoor hoeft de bodem WP het Cv-water slechts op te warmen van +10°C naar +35°C (netto +25 graden) of bij de water-water WP van 0°C naar +35°C (netto +35 graden). Dit zijn temperatuursprongen waarop de WP het meest efficiënt werkt. De bodem WP is een duurder systeem (te vergelijken met het PVT-systeem in kosten) maar door de lage temperatuursprong het meest efficiënt en daarom op de lange termijn (+30 jaar) het goedkoopst in gebruik met een COP van 6 tot zelfs 8. Deze WP's kunnen ook in de zomer koelen zonder veel stroomverbruik want dan werkt alleen de circulatiepomp.

3.11. Voor alle WP-systemen.

Voor alle WP-systemen geldt dat er bijkomende kosten kunnen zijn zoals het maken van een berekening en offerte (een warmteverliesberekening, kost vaak euro 500), het verbeteren van de woningisolatie (glas, dak, muren, vloer) het verbeteren van de woningventilatie (kierdichting en WTW of CO₂-gestuurd), het aanpassen van de radiatoren, leidingen en vloeren bij LTV, buffervat, boilervat, aanpassen van de meterkast⁴⁵ en drie-fasen stroom⁴⁶.

Er is beschikbare ruimte nodig voor binnen- (split-unit, boiler, buffervat) en buiten (terrein voor bodem-WP). Bij een lucht-water WP op of naast het gebouw. Bij buitenunits moet vooral op de geluidsbelasting gelet worden. Het plaatsen van de buitenunit dicht tegen een hard oppervlak zoals gemetselde gevels of op een hard oppervlak levert extra geluidsdruk op.

⁴⁵ Sinds 2001 zijn installatiebedrijven verplicht de (draai)stoppenkast te vervangen met ingebouwde schakelaars, aardlekschakelaars. De kosten kunnen tot euro 900 bedragen.

⁴⁶ Wanneer er met een WP slechts één fase is en elektrisch koken, dan zal de kookplaat een automatische stroomregeling moeten hebben die voorkomt dat er te veel stroom wordt getrokken als er gekookt wordt en de WP aan staat. Alle kookpunten tegelijkertijd kunnen dan wel laag aanstaan, maar niet vol. In de namiddag de WP uitschakelen tot middernacht voorkomt dat deze op het hoogste elektratarief draait.

4. Overzicht meest voorkomende warmtepompen systemen.

Er zijn een zevental WP-systemen, waarvan (B) de (buiten)Lucht-(binnen)Water WP het meeste voorkomt voor woningen. De efficiënte bodem WP (E) komt voor bij alle groottes van gebouwen. Voor elk gebouw kan de juiste WP gevonden worden.

#	Buiten-Binnen	Werking WP	Voordelen	Nadelen
A	Lucht- Lucht	Koeling , koelkast, airco. Haalt warmte uit de binnenlucht en verlaagt die. Recirculatie of afvoer naar buiten. Ook met radiatoren.	Eenvoudig systeem. Werkt al tientallen jaren feilloos. Split systeem maak weinig lawaai.	Koelkast werkt niet meer als die in een ruimte staat met temperaturen onder de 5°C. Beperkte temperatuur range. Meeste systemen ventileren niet .
	Lucht-Lucht	Verwarming : Neemt warmte op uit buitenlucht en verhoogt die warmte en geeft die binnen af. Werkt tussen de buitenlucht en binnenlucht ⁴⁷	Goedkoopste versies. COP 3,5 tot 4. Weinig ruimte nodig.	Lage COP bij koude . Kan lawaaiig zijn; dan is een extra geluid-isolerende omkasting nodig. Geen warm tapwater tenzij Hybride met HR-CV op gas.
	Lucht-Lucht	Verwarming en koeling . Sommige moderne airco's. Veel soorten warmtepompen.	Bekende technologie. Niet alle airco's verwarmen én koelen	Niet gesplitste airco's zijn lawaaiig. Sterke luchtcirculatie. Gebouwmassa komt langzaam op temperatuur .
	Lucht-Lucht	Ventilatielucht . Aan de woninglucht wordt warmte onttrokken gedurende de ventilatie. Capaciteit tot 3kW. Inclusief boiler 5 kW.	Alleen een binnenunit. Werkt als airco inclusief tapwater verwarming. Geschikt voor kleine woningen.	Sterke luchtcirculatie. Beperkt warmtevolume van de binnenlucht, dus overstap op buitenlucht als bron. In winter moet soms bij-verwarmd worden. Lucht-Lucht is geen subsidie.
B	Lucht-Water	Onttrekt warmte uit buitenlucht en geeft die binnen af aan het Cv-radiatorwater. Werkt economisch op Lage Temperatuur-Verwarming.	Gebruik bestaande LTV- vloerverwarming of convectorradiatoren COP 3 tot 5	Lagere COP bij koude . Kan lawaaiig zijn; dan is een extra geluid- isolerende omkasting nodig. Minder 40dB op erfscheiding. Geen warm tapwater tenzij Hybride.
	Lucht-Water	Monoblok. De WP is geïntegreerde unit die in haar geheel buiten kan staan. Geen boilervat. ⁴⁸ . Zal bij vochtige lucht ijzel vormen.	Hele unit buiten, geen lawaai binnen. Geen gecertificeerde F-gassen monteur nodig.	Goed geïsoleerde leidingen nodig die naar binnen lopen. Buffervat nodig. Bij langdurige stroomuitval kan zonder Glycol of kleppenregeling in strenge winter het hele systeem bevriezen.
	Lucht-Water.	PVT = PVThermisch. Buitenelement (radiatoren) onder de PV-panelen gevuld met Glycol haalt de warmte uit de buitenlucht. Zal bij vochtige lucht ijzel vormen.	Bijna geruisloos. Op het dak. Geïntegreerd met PV. Duurzame investering. Lage operationele kosten.	Lagere COP bij erge koude . Elektrische bijverwarming bij -7°C. Bevriezen (veel ijsafzetting) van de buiten koellamellen afhankelijk van het gekozen systeem.
	Lucht-Water		Lagere operationele kosten dan Hybride systeem of Gas-CV. Lagere aanschaf kosten, dan Water-Water of Grond-Water WP, maar ≈ 30% hoger hogere exploitatie kosten	
C	Water-Water	Tussen oppervlaktewater (kanaal, meer, open bron) en binnen LTV. Bij meren goed mogelijk.	Geen buitenlawaai. COP 3,5 tot 4,5 stabiel. Weinig ruimte nodig.	Aanwezigheid van ruim, nooit bevrozend diep open water naast de woning nodig. Geen warm tapwater, tenzij een HT model of cascade opstelling.

⁴⁷ De buitenlucht WP maken lawaai dat 's nachts tot minder dan 40dB beperkt moet blijven.

⁴⁸ Boilervat binnen kan opgewarmd worden d.m.v. driewegklep in het monoblok die bij tapwatervraag de warmte naar het boilervat stuurt. Overeenkomstig 3-wegklep bij HR-CV tussen radiatoren en tapwater.

#	Buiten-Binnen	Werking WP	Voordelen	Nadelen
D	Horizontaal Grond (droge grond) - Water	Brine vloeistof (of Glycol). Tussen de buiten grond (oppervlakkig, >2 m diep) en de woning met LTV. Korven of matten in de grond met veel leidingen. Drukmeter voor controle lekkages systeem.	Geen buitenlawaai. COP 3,5 tot 4,5 stabiel. Weinig binnenruimte nodig. Geen onderhoud. > 30 jaar duurzaam.	> 2x woning oppervlakte grond naast de woning nodig. Niet in de buurt van boomwortels. Geen warm tapwater tenzij HT systeem (meer elektriciteit vraag, lagere COP) >€ 5000 duurder dan A, B en C aanschaf.
Hoog-temperatuur-WP bestaan, maar worden minder gebruikt omdat ze een lager gemiddeld rendement hebben (met tapwater gedeelte rendement van COP $\approx$ 2,5 - 3,2) dan een LTV-WP. Dit laatste rendement wordt steeds beter bij nieuwe WP's. Twee WP's worden dan in serie geplaatst (dubbel systeem), de eerste voor de LTV (35°C), de tweede om de LTV te verhogen naar tapwater temperatuur > 60°C of Cv-water temperatuur > 75°C (bij behoud van oude radiatoren).				
A, B, C en D, All electric		Alleen op het stroomnet en PV zonder hybride (gas Cv) bijverwarming. Deze All-electric hebben minder CO ₂ uitstoot dan hybride systemen wanneer elektriciteit duurzaam is opgewekt .		Grote geïsoleerde buffervat/boiler en voor heet tapwater ⁴⁹ nodig. Opwarming tijdens nadeeluren elektriciteitspieken tenzij batterijen aanwezig.
A, B, C en D. Een enkele nieuwe Hybride-WP eenheid		De hybride WP heeft beide elementen (WP en gas-Cv intern ingebouwd of naast elkaar. De interne HR-Cv op gas (extra winter warmte) waarbij ook de Cv het tapwater verder verwarmd tot > 65°C. Dit is een tussenoplossing wanneer de oude HR-Cv vervangen moet worden, maar de woning nog onvoldoende geïsoleerd is om deze gedurende koudste dagen warm te krijgen. Een Hybride systeem heeft altijd een lager rendement dan een goed uitgerekenende gewone All-electric WP. Een Hybride systeem gebruikt nog steeds (gedeeltelijk geïmporteerd) gas en heeft dus een gasaansluiting (€ 300/jr).		
A, B, C en D. samen met bestaande CV = Hybride		Dit is een optie wanneer de bestaande HR-Cv nog jaren mee kan, en is in aanschaf daardoor goedkoper. Elke gas-HR-CV kan gekoppeld worden met een WP waardoor je een Hybride systeem krijgt. De thermostaat en regelapparatuur schakelt tussen WP en CV (extra winter warmte en tapwater). Een Hybride systeem heeft altijd een lager rendement dan een goed uitgerekenende gewone All-electric WP of PVT-systeem.		
Combinatie of integraal systemen ⁵⁰		De combinatie van een WP, die woning en tapwater verwarming levert, koeling en ventilatie d.m.v. balansventilatie met ingebouwde WTW (ventilatie) in een samengestelde unit.		
E	Grondwater-Water/ lucht Open systeem.	Grondwater 100-200m diep open ⁵¹ systeem met binnen LTV. Twee pompen Er mogen niet te veel systemen vlak bij elkaar staan omdat ze elkaar via grondwater sterk beïnvloeden. Minimale afstand tot fundering gebouw 5 m onderling meer dan 10 m. Er is veel ruimte voor aanleg nodig.	Geen buitenlawaai. Beter rendement COP 6 tot 7. Weinig ruimte nodig voor de werking. Koelen goed mogelijk Warmte-koude opslag in de bodem mogelijk zonder stroming.	Diepe boring voor grotere installaties, dus meer kosten. 2X duurder dan A, B, en C. Bij luchtkanalen, grote doorsnede nodig. Vervuiling (ijzeroxide) en verstopping kan optreden. Een WTW tussen het binnen en buitencircuit is aanbevolen. Reinigen van systeem is extra kosten. Vergunning-plichtig, vooral in waterwingebied.

⁴⁹ Bij een zonneboiler levert de warmtepomp voor de 7 zomermaanden de warmte voor het tapwater. Bij een WTW op de douche kan het boilersysteem kleiner worden berekend.

⁵⁰ Een nieuw voorbeeld is de integrale Stiebel-Eltron LWZ-5-8- C5 met ingebouwde lucht WTW.

⁵¹ Voor de grondwater en bron-type WP's zijn vaak vergunningen nodig, terwijl deze voor kleine woningen niet binnen 15 jaar rendabel zijn vanwege de hoge installatiekosten.

#	Buiten-Binnen	Werking WP	Voordelen	Nadelen
	Grondwater-Water/lucht Gesloten	Grondwater 100-200m diep gesloten systeem met binnen LTV. Per boring. 4-6 kW/boorput. Afstand van fundering minstens 5m en onderling minstens 8 m. Warmte-koude opslag in de bodem mogelijk zonder grondwaterstroming.	Geen buitenlawaai. COP 6 tot 8. Weinig ruimte nodig bij werking. Veel ruimte voor boring nodig. Goed passief koelen. Geen reiniging nodig. Weinig invloed op de natuur.	Diepe boring voor grotere installaties, dus meer bouwkosten. Mogelijk om meerdere woningen aan te sluiten. Goede berekening van grondwater en warmte opslagcapaciteit nodig wanneer er geen stroming van grondwater is. Vaak vergunning plichtig bij gemeente.
F	Ultradiepe Geothermie. ⁵²	Ultra diep geothermie (2-5 km), waar heet water (80°C - 180°C) wordt opgepompt. Altijd 2 boringen nodig.	Geen buitenlawaai Hoogste rendement COP 8 - 10 Mogelijk warmtenet.	Kosten tot € 3 Miljoen/km diepte. Diepste boring voor hele grote installaties, meeste kosten. Open of gesloten systeem. Hoge risico's. Vaak gemeentegarantie nodig.
	Warmtepomp algemeen	Het selecteren van een WP moet altijd gebaseerd zijn op het noodzakelijke vermogen om bij -10°C de woning te kunnen opwarmen tot gemiddeld 19°C of hoger. De COP of SCOP moet worden aangegeven voor -7°C. en de afgifte temperatuur (35°C of 55°C of 75°C). Wanneer je de woning <u>niet kan verwarmen</u> met een CV-water temperatuur van ≈ 50°C dan is de woning en radiatoren nog niet geschikt voor een WP met LTV. Koelen van ongeveer 5°K is mogelijk bij bijna alle typen WP's. Dit kost in de warme zomer elektriciteit voor de circulatiepomp die meestal niet in de SCOP wordt meegenomen. De buitenunit met ventilator moet in de winter vaak ontdooien en soms worden schoongemaakt (spinnen, bladeren). Geluidsbelasting is belangrijk, maar de WP worden steeds stiller (want grotere ventilatoren). Hoe beter de woning is geïsoleerd, hoe beter het economisch rendement van de WP ten opzichte van een Gas-Cv. Voor de langere termijn geldt dus: beter isoleren en een LTV-systeem. Daarbij hoort de ventilatie. Een mechanische ventilatie zonder WTW of CO₂-regeling is onvoordelig. Voor een HTV-WP zijn er weinig of geen woningaanpassingen nodig, maar deze is op hoge temperatuur tot duurder in gebruik dan een LTV-WP (dus onvoordeliger). Per 2027 worden hoofdzakelijk alleen het koudemiddel R290 nog toegestaan voor nieuwe WP-installaties kleiner dan 50kW. Ook het R32 koudemiddel wordt 2027 uit-gefaseerd. Voor de bodem-WP wordt ook koudemiddel R454 en R454C gebruikt.		

Subsidie warmtepompen:

Vanaf januari 2025 is de subsidiehoogte voor lucht-water WP's met een thermisch vermogen van 1 tot en met 70 kW veranderd.

- Het startbedrag van de subsidie is nu € 1.250 (het was € 2.100).
- Het bedrag voor iedere daaropvolgende kW is nu € 225 (het was € 150).
- De bonus voor WP met energielabel A+++ is € 200 (het was € 225).

Bijvoorbeeld: voor een lucht-water WP met A+++ label en een vermogen van 5kW ontvangt u € 1.250 + 4 x € 225 + € 200 = € 2.350.

De subsidiebedragen per jaar en per type WP vindt u in [de meldcodelijst warmtepompen](https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde/meldcodelijsten/warmtepompen?sortBy=created&sortOrder=DESC).
<https://www.rvo.nl/subsidies-financiering/isde/meldcodelijsten/warmtepompen?sortBy=created&sortOrder=DESC>

⁵² Zie: https://geothermie.nl/images/Handboeken/Geothermie_in_de_Gebouwde_Omgeving.pdf

Duurzaamheidsoverzicht verwarmingstoestellen

Duurzame milieuvriendelijke verwarmingsopties																
Groep	All-electric warmtepompen (COP zonder zomerkoeling)								elektra met gas	alleen (aard)gas	Infra Rood	Houtstook				
Soort verwarming voor hele woning	Geothermie 3-4 km diep	Diepe bron 150-200m	Oppervlakte water > 5°C	PVTherm. water-water	Lucht-water	Airco Lucht-Lucht	ventilator lucht	Hybride (gas) lucht-water	HR Gas-CV	gevel gaskachel	IR panelen	IR straalkachel	Pelletkachel	Gesloten kachel	Open haard	openvuur*
COP A-7/W+35	>8	6 tot 7	5 tot 6	4 tot 5	4 tot 6	3 tot 4	1	3 tot 4	1	1	1	1	0,9	0,6	0,4	0,2
Δ temp bij LTV 35°C	< -150	23	25	30	45	45	45	45	45							
Δ temp bij HTV 65°C	< -120	53	55	60	75	75	75	75	75							
COP A-7/W+65		5 tot 6	4 tot 5	3 tot 4	3 tot 5	2 tot 3	1	2 tot 3	1	1	1	1	0,9	0,6	0,4	0,2
netto X €1000 hoekwoning	woon-wijk	35-40	30-35	20-25 incl. PV	5 tot 6	2 tot 4	1 tot 2	2 tot 4	3 tot 4	1						
De kosten van elektrisch verwarmen zijn hoger dan van gas bij gelijke verwarmingscapaciteit, maar dit kan/zal veranderen in de toekomst wanneer het gas schaarser wordt of wanneer elektriciteit duurder wordt vanwege netcongestie. Deze tabel geeft dus niet aan wat het goedkoopste is, maar wel wat de minste energie kost en de minste CO2 uitstoot.																
*Behalve een heel slecht energetisch rendement veroorzaakt een open haard ook veel fijnstof.																

Het zelf duurzaam opwekken van elektriciteit door PV-panelen op de woning, in combinatie met een WP verlaagt sterk de CO₂-uitstoot van de woning. Dit is ook het principe van een PVT-WP. Bij lage vriestemperaturen gaat de PVT echter elektrisch bij-verwarmen, en moet eventuele ijzel-afzetting tussentijds door verwarming verwijderd worden. De COP wordt hierdoor lager net zoals bij het monoblok.

Extra informatie over COP.

Bij het vergelijken van de COP tussen verschillende WP's moet de waarden van -7 of -10°C worden vergeleken en de afgiftetemperatuur. Bij het vergelijken van de SCOP is het zelden duidelijk welk seizoen in welk klimaat wordt gebruikt als de vergelijkingsgrond.⁵³

Hoe hoger de COP (Coëfficiënt of Performance), en bij dezelfde temperatuur range, hoe lager het elektriciteitsverbruik is voor dezelfde hoeveelheid warmte, dus hoe lager de elektriciteitskosten zijn, en hoe lager de CO₂ uitstoot. Deze hoge COP-systemen zijn op den duur dus voordeliger in kosten en beter voor het milieu in vergelijking met gasverwarming. Het direct elektrisch bij-verwarmen van de woning in een koude winter (straalkachel, ventilatorkachel) of van tapwater heeft een COP 1.

Een COP van 3,5 betekent dat met 1 kWh elektriciteit er 3,5 kWh equivalent warmte wordt geleverd. De COP van de ene WP moet altijd vergeleken worden met de COP van een andere WP én bij dezelfde minimumtemperatuur. Het is ook mogelijk om de SCOP te vergelijken; de Seizoensgebonden COP⁵⁴, maar daarbij moet ende regio en de jaren worden opgegeven.

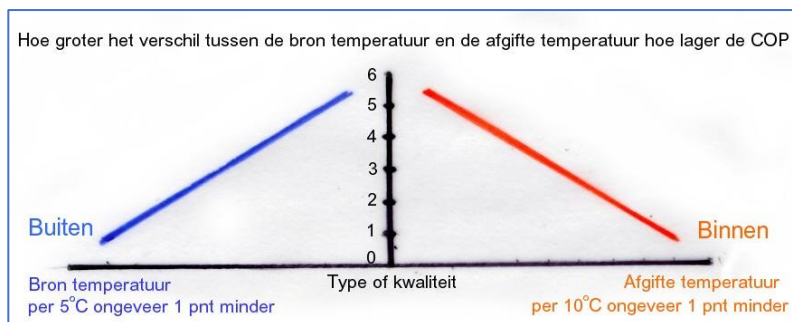
⁵³ Langs de kust in Nederland is het winterklimaat zachter dan in het oosten van het land. De SCOP zou dan voor elke regio een andere waarde opleveren. Als de SCOP wordt berekend over 2023 of over 2020 kan dat een flink verschil uitmaken, terwijl veel huidige machines nog niet in 2020 bestonden. Het vergelijken tussen de SCOPs van verschillende apparaten is daarom alleen informatief als dezelfde jaren en regio's zijn gebruikt; dat laatste is zelden het geval.

⁵⁴ SCOP is de gemiddelde COP over het hele seizoen of jaar volgens de gemiddelde winters van de afgelopen jaren. Het aantal graaddagen op één dag is het verschil tussen de gemiddelde temperatuur in huis (18 °C) en de gemiddelde buitentemperatuur op die dag (b.v. 10 °C). 18-10 = 8 graaddagen. In Nederland waren er in 2021 2331 graaddagen. De winters worden steeds warmer dus het aantal graaddagen minder. Zoals de (wereld)

Bij een Lucht-Water WP kan de buitenlucht temperatuur soms dalen tot -10°C , maar de grondtemperatuur daalt beneden een meter onder het maaiveld (plaats van leidingen) tot ongeveer $+5^{\circ}\text{C}$. Bij een dieper systeem (50- 150 - 200 m diep)⁵⁵ is de grondtemperatuur vrij constant met ongeveer $+10^{\circ}\text{C}$ tot $+12^{\circ}\text{C}$. Grondgebonden systemen D en E hebben daarom een **veel hoger rendement in de winter** dan systemen A en B. ⁵⁶

Grondgebonden systemen zijn wel veel duurder in aanleg dan de Lucht-Water systemen, waardoor het financiële rendement lager kan zijn. Voor grote gebouwen waar veel warmte-energie wordt gevraagd kan het grondgebonden systeem gunstig zijn. Om stadswijken (meer dan 1000 woningen) van warmte voorzien moeten worden kan soms de hele diepe geothermische boringen (systeem F) ontwikkeld worden.

Figuur 9. De relatie tussen de bron temperatuur en de afgifte temperatuur. Een groot verschil maakt het systeem minder efficiënt. Grondgebonden systemen hebben altijd een klein verschil.



Voor een lucht-water WP **A7/W35** (duidelijker **A+7/W+35**) betekent een A = aanvoertemperatuur van $+7^{\circ}\text{C}$ (buitenlucht temperatuur) en $+35^{\circ}\text{C}$ afgiftetemperatuur van het W = water in de radiatoren. **A-7/W50** betekent een aanvoertemperatuur van -7°C (vorst) en $+50^{\circ}\text{C}$ afgiftetemperatuur van het water in de radiatoren. Dit laatste is een midden-temperatuur WP.

Bij het vergelijken van WP's moet altijd met de juiste A/W waarden vergeleken worden. Bij de hoog temperatuur WP's worden ook de COP van de hogere temperaturen gegeven. De R32 koelmiddel WP's kunnen goed tot een afgiftetemperatuur van $+50^{\circ}\text{C}$ komen. De feitelijke temperatuur in de radiatoren is meestal wat lager dan de afgifte temperatuur.

Sommige fabrikanten geven alleen de COP-waarde aan voor $+7^{\circ}\text{C}$ (gemiddelde temperatuur in de winter), maar die COP-waarde wordt erg veel lager wanneer het kouder is. Sommige systemen stoppen met werken bij -5°C en dan neemt **een intern elektrisch element de verwarming over**. Bij hybride WP's gaat dan de Cv draaien. ⁵⁷

politiek maatregelen neemt ziet het er naar uit dat dit de volgende 20 jaar steeds warmer wordt. Zie : <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/graaddagen-in-gasjaar-2021>

⁵⁵ De kleinste (nieuw) boorinstallaties gaan 50 m diep, middenmaat 120 -150 m diep, en grotere kunnen tot 200 m diep. Voor de grotere diepte heeft dit ook consequenties voor de beschikbare buitenruimte voor die grote boorinstallaties met wateropslag en grondafvoer.

⁵⁶ Propaan WP: <https://www.aircozonderstek.nl/product-categorie/r290-propaan-warmtepomp/> met technische specificaties van verschillende modellen en Doe Het Zelf instructies.

⁵⁷ Deze WP's kunnen wel met lagere temperaturen werken, maar de afstelling is dan zo dat de gas-Cv het overneemt. De afstelling van het temperatuurpunt waar de gas-Cv de verwarming overneemt van de WP kan door de installateur ingesteld worden.

Elektrisch bij-verwarmen (bijvoorbeeld bij sommige PVT-systemen) is erg inefficiënt (met COP 1) en zal het gemiddelde jaarrendement verlagen.

Bij WP's die kunnen koelen, zoals o.a. grondgebonden WP's, wordt in de zomer de lage watertemperatuur (kleiner dan 14°C) van het grondgebonden systeem gebruikt om door de radiatoren te circuleren waardoor de woning wordt gekoeld. Hiervoor is alleen de leidingpomp noodzakelijk, niet de WP. Bij de technische opgave van een grondgebonden systeem (soms met een COP 8) zitten de elektrakosten van de leidingpomp die in de hete zomer draait **vaak niet meegerekend**. Wanneer dat wel wordt meegenomen dan kan de COP uitkomen op bijvoorbeeld 7, maar dat is nog steeds hoger dan een Lucht-Water WP.

Extra informatie gesloten boden WP oppervlakkig.

Bij een **oppervlakkig** grondgebonden gesloten WP-systeem D is een vrij groot grondoppervlak nodig waar de oppervlakte leidingen groter dan 1 tot 2m diep in de grond gelegd moeten worden. Bij een bestaande tuin zal dat erg bezwaarlijk zijn, terwijl er op het leidingengebied geen bomen geplant mogen worden. Het horizontale gebied van de slangen is ongeveer 2X het woningoppervlak (een woning met 150 m² woonoppervlak heeft dan 300 m² nodig. De leidingen zijn meestal HDPE-lussen of korven die ingegraven worden.



Figuren 10. Oppervlakte leidingen netwerk, leidingen korven en oplossing voor passief huis met kelderinstallatie. Mogelijk wanneer er zich binnen de 20 m geen andere oppervlakte netwerken bevinden.

Het is mogelijk om een vijftal (rijtjes)woningen op een enkel systeem aan te sluiten, en per woning een LTV aan te leggen die op de gemeenschappelijke buitenlus is aangesloten. Dit is dan een micro-warmtenet, zoals is/wordt aangelegd in de wijk De Meent van Hilversum. Hier is sprake van een goede doorstroming van het grondwater.



Er zijn verschillende methoden voor de ondiepe bodem-WP's. Links. Lange leidingen die lijken op de LTV-vloerverwarming systemen. Rechts. HDPE-leidingen onder een sportveld. Geen bomen!!

Bij slim elektriciteitsgebruik zullen WP's tijdens de piekuren uitschakelen zodat ze het net niet belasten. Te kleine systemen krijgen het gebouw niet goed warm in de winter, waardoor het elektrische bijstookelement in de WP geactiveerd wordt met extra elektriciteit kosten.

Extra informatie Bodem-WP. Een diep en open of gesloten systeem.

Een open verbinding in het grondwater 150 - 200 m diep. Hierbij moet er **een flinke afstand tussen de bronnen** zitten (meer dan 50 m) afhankelijk van de gewenste capaciteit en de grondwatersituatie en de doorstroming van dat grondwater. Die afstand moet er ook met de buurt systemen zijn wanneer die ook een E-systeem hebben. Voor deze open grondgebonden systemen moet de aanleg volgens BRL 6000-12 geschieden met een **milieueffectrapportage**, terwijl er in sommige gemeenten andere beperkingen zijn, vooral voor de **drinkwaterwinning**. Open systemen zijn niet aanbevolen.

Figuur 11. De gesloten bodem-WP haalt de warmte of koude uit de grond door water in de diepe warmtewisselaar. Dat kan zout water zijn (brine) of water met glycol.

De diepte kan gaan tot 250 m. Kosten per boring € 7000 - € 15.000.

Bij een bodem-WP kan beperkt exces warmte van zonnepanelen in de bodem worden gestopt voor gebruik in de winter (bij weinig grondwater doorstroming). Bodemsystemen hebben een minimaal twee keer zo lange levensduur dan Lucht-Water WP's.



Een bodem-WP met een hoger rendement vraagt minder stroom dan een Lucht-Water WP. Hierdoor is een 3-fasen aansluiting (3X 25 Amp, max 15 kW) soms niet noodzakelijk.⁵⁸ Een diepe bodemlus (150 m- 180 m) heeft een warmtecapaciteit van 6-7 kW. Het aanleggen van een meer dan 150 m diepe bodemlus vereist grotere boor apparatuur. Tussen de diepte lussen moet minimaal 8 tot 10 m uit elkaar liggen en ze moeten minimaal 5 m uit de gebouwfundering of de straat worden aangelegd. Bij een bebouwing die dicht langs de straat staat of bij achtertuinen waar geen 20-tonner kan komen is de bodem-WP geen optie.

De zwarte HDPE-leidingen (foto boven) van de warmtewisselaars zouden door deze chemicaliën aangetast kunnen worden. Het is dus de vraag in hoeverre de pluim van de grondvervuiling uitstrekt onder de bebouwing (waar de bodem-WP moet komen) en of het afval-boorwater dat bij de boringen wordt gebruikt naderhand gereinigd moet worden. Als dat allemaal onzeker is dan is een diepe grondboring misschien niet de beste optie.



Figuren 12. Vrachtwagens voor de boorinstallatie en opgerichte boorinstallatie.

⁵⁸ Wanneer een woning onvoldoende elektriciteit aansluiting heeft (1 fase 25 Amp) moet voor een zwaardere WP dan 5kW de netaansluiting worden uitgebreid naar 3 fasen. De piek elektriciteitsvraag van elektrisch koken en elektrische boilers speelt dan ook mee.



Figuren 13. Na afloop moet de tuin weer opnieuw aangelegd. Zonder brede toegang kan ook tijdelijk de heg opzij geplaatst worden. Bij diepe boringen (150-200 m) is er meer werkruimte nodig dan bij de ondiepe boringen van 50 m diep van Geheco.

De diepe bodem-WP onttrekt haar warmte uit de zone waar het in eerste instantie gemiddeld 12°C is, maar daarna wordt de direct omgeving kouder.⁵⁹ Hoe langer het onttrekken van die koude in de winter duurt, hoe lager de temperaturen in de diepe grond zullen worden. Wanneer de diepe grondwaterbewegingen langzaam zijn zal ook de temperatuur van de bron meer dalen. Het rendement van de diepe bron hangt dus ten dele af van de diepe grondwaterbewegingen. Bij een langzame grondwaterbeweging kan de COP in de winter teruglopen van maximaal 8 tot 6. Bij een COP van 6 is het verschil in elektriciteitsverbruik tussen een goede L-W WP en een bodem-WP gering. Wanneer de bodem-WP in de zomer gebruikt wordt om te koelen is het omgekeerde het geval, maar voor de winter-verwarming zal het weinig uitmaken

In 2025 is er ook een kleiner bodem-WP systeem op de markt gekomen door Geheco, www.geo-energie.nl die met een kleinere compacte boorinstallatie wordt aangelegd. Hierdoor is de aanleg goedkoper, maar deze gaat maar tot slechts 50 m diep. Door meerdere boorputten kan toch voldoende warmte geproduceerd worden. Toepassing met WP's van Valliant, Nibe, Stiebel Eltron en Thermia en werkt samen met Itho Daaldrop. De lagere kosten en de hoge efficiëntie van deze een water/water- bodem-WP zorgt ervoor dat de investering van de bodembron(nen) binnen 10 jaar is terugverdiend. Die TVT is dan voor de meeste woningeigenaren te overzien. De kleinere boorinstallatie voorkomt dat de hele tuin overhoop wordt gehaald.

Figuur 14. Het systeem van Geheco.

"Centraal staat een polyethyleen buis met een diameter van 32 millimeter. Die dient als warmtewisselaar, maar ook als 'driveshaft' om de bronboor de bodem in te brengen. Op de buis wordt een boorkop geplaatst die zich de grond 'in vreet' doordat middels waterjetting (waarbij water op hoge druk erin wordt gespoten, red.) hydraulische kracht wordt uitgeoefend. De grond die zo wordt weggeboord,



⁵⁹ Dit temperatuurverschil zal afhangen van de hoeveelheid en snelheid dat het diepe grondwater door de diepe aardlagen heenloopt. Bij een grote grondwatersnelheid zal het temperatuurverschil van de bron klein zijn en de COP daarmee constant hoog. Er bestaat landelijke informatie over de beweging van diep grondwater. Deze zijn sneller in zand dan in kleipakketten.

komt door die buis naar boven om te worden afgevoerd.”

In veel gemeenten is voor een dieper gesloten bronsysteem meestal slechts een melding nodig, en overleg om een paar dagen de weg te blokkeren met vrachtwagens. De gemeente doet dan geen onderzoek naar grondvervuiling. In Hilversum aan de rand van het Centrum hebben waterrijen gestaan die tientallen jaren bodemverontreiniging hebben veroorzaakt met chloorkoolwaterstoffen zoals PER (tetrachlooretheen) voor het reinigen van kleding.

Extra informatie Warmtepompboiler WPB.

Een WPB produceert een tapwatertemperatuur van hooguit 55°C. De warmwater-leiding (naar mengkraan douche) levert dan meestal maximaal 50°C. Voor het warme douchewater (maximaal 38°C) is dan een beperkte hoeveelheid koud bijmengwater nodig (met grondtemperatuur 12°C). Voor een gezin met vier personen die dagelijks veel warm douchen (of er een bad gevuld moet worden) is dan een grote voorraadboiler (200 liter) nodig. De hoeveelheid warm tapwater wordt ongeveer 40% minder als er een WTW in de douche zit. Dan kan een kleinere boiler volstaan.⁶⁰

De WPB of het boilervat van de WP verhoogt periodiek (bijvoorbeeld wekelijks) de tapwater-temperatuur tot meer dan 65°C om mogelijke legionella te voorkomen. Daarna koelt de boiler weer wat af en houdt het systeem de boiler op 50° tot 55°C. De meeste boilers hebben stilstandsverlies. Om dat te verminderen kan de boiler worden ingepakt in meerdere lagen bubbelfolie.

WPB en direct gekoppelde zonneboiler (ZB). Een ZB heeft vaak een tussen-opslagvat en een pomp. Die ZB-pomp gaat pas draaien als de temperatuur buiten in de ZB hoger is dan in het tussen-opslagvat.⁶¹

Figuur 15. Bij een gas-CV wordt het water uit het tussen-opslagvat verder verwarmd tot 65°C en is dus legionella-vrij.



De ZB zal gedurende de zomer het water vaak tot meer dan 75°C verwarmen, maar in de winter zal de opwarming van een gewone ZB zelden boven de 50°C komen. Wanneer de ZB zonder tussen-opslagvat direct aan de WPB is gekoppeld zal de ZB-pomp niet aanslaan. Zonder tussen-opslagvat heeft de ZB nauwelijks energetische meerwaarde want dan kan in de winter het leidingwater zelfs via de ZB verder gekoeld worden.

⁶⁰ Zie document *Douche WTW* met 4 opties op www.nienhuys.info

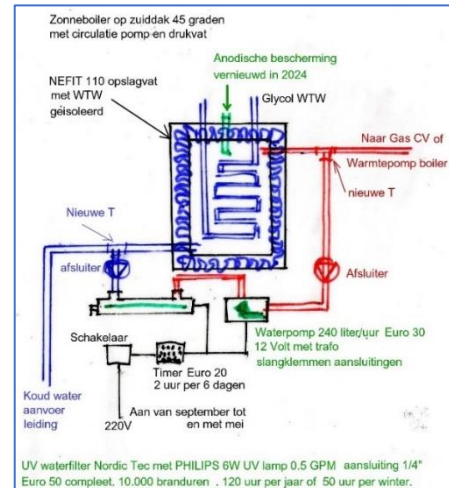
⁶¹ Het tapwaterverbruik hangt af van het aantal douches per dag en per persoon. Dagelijks warm/heet douchen is ongezond; het droogt de huid uit (en kost veel shampoo en crèmes voor het herstel van de te droge huid). Voor mensen die géén zware arbeid of vuil werk verrichten is éénmaal douchen per week een goede richtlijn. Koeler douchen dan 38°C is ook veel beter voor de huid. Berekeningen voor boilers zijn vaak gebaseerd op dagelijks warm/heet douchen voor alle gezinsleden, hetgeen resulteert in een groot boilervat. Met de aanwezigheid van een ZB zal in de zomer de bijverwarming van het tapwater sterk verminderen. Dat is niet het geval in de winter want dan kunnen er weken zijn zonder voldoende zonopwarming.

Voor de douche is een WTW op het afvalwater een grote energiebesparing (40%) op het warme tapwater. Met een douche WTW kan de warmtepomptoilet ook kleiner worden uitgevoerd.

Echter, in de winter zou zich eventueel in de winter legionella kunnen vormen als dat in het drinkwater zit (onwaarschijnlijk)⁶². In dat geval zou dat ook in de 50°C boiler kunnen komen en in de douche.

Een optie is om ook het tussen-opslagvat een wekelijks legionella bescherming te geven door een UV-lamp en circulatiepomp. Door de pomp zo af te stellen dat deze eenmaal per week al het water van het tussen-opslagvat rondpompt wordt dat water bacterievrij gemaakt. Dat is in energie veel voordeliger dan het water periodiek op te warmen tot 65°C.

Figuur 16. De legionella bescherming tussenvat.



Een WPB heeft een lagere COP dan een WP voor ruimteverwarming. Een COP tussen de 2,5 en 4 is veel voorkomend. Bij een COP van 2,5 is deze dus niet zuiniger dan een gas-Cv.

Extra informatie airco-systeem Lucht-Lucht.

Bij een aircosysteem A (buitenLucht - binnenLucht) moet er **voor meer warmte ook meer lucht verplaats worden**. Dat kost energie en hierdoor wordt de COP wat lager. Dat kan ook grote luchtstromen en tocht veroorzaken. De hoeveelheid luchtverwerking (recirculatie) voor een woning is volgens de norm $\approx 500 \text{ m}^3/\text{uur}$ of eenmaal het hele volume van de woning per uur.

Geluid is een belangrijke factor. De meeste WP-systemen zijn dan ook B (Lucht-Water) omdat deze in de woning bijna geluidloos zijn (geluid van een koelkast), geen sterke luchtstroming veroorzaken en geen luchtkanalen hebben. Bij airco's is er per kamer een ventilatie unit nodig die met de leiding van het koudemiddel met de buitenunit is verbonden.

Airco's verversen de lucht niet, er moet dus wel op een andere manier geventileerd worden.

Bij het verwijderen van alle radiatoren (begane grond en etage) ten behoeve van een WP met LTV-vloerverwarming op de begane grond is het een optie om voor de etage een airco toe te passen, die dan slechts in extreme gevallen kortstondig wordt gebruikt voor verwarming of koeling.

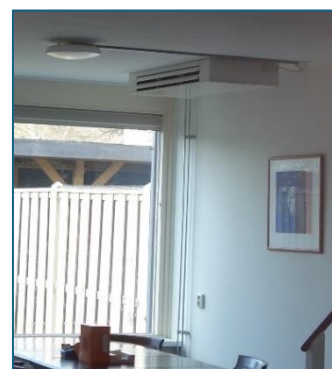
Geen airco, maar wel luchtverwarming.

Aan de warmtevoorziening van een WP kan een soort airco als afgiftesysteem gekoppeld worden. Met een intern warmwatercircuit tussen de binnenunit van de WP en de radiatoren of een ventilator eenheid worden deze verwarmd, waarbij op de convector een sterke ventilator zit. In dat geval is er wel sprake van een WP (met subsidie), maar is de warmteafgifte door middel van een sterke plafondventilator. Deze plafondventilator werkt hetzelfde als de airco.

⁶² Wel theorie, want in Nederland komt bijna nooit legionella voor in de drinkwateraanvoer.

Figuren 17.

In de situatie van de micro-warmtenetten in de Meent van Hilversum (afb. links) werd een booster-WP binnen op zolder geplaatst en van daaruit een plafondventilator binnenunit in de woonkamer als luchtverwarming. Afbeelding rechts.



De airco of plafondventilator geeft door de luchtcirculatie een snel warmtegevoel.

Extra informatie gemeenschappelijke WP.

Bij een gemeenschappelijke WP (van een VvE of groot flatgebouw) voor ruimteverwarming zou de tapwaterverwarming in ieder geval individueel moeten zijn. Dit gebeurt dan met een individuele booster WP (5 tot 7 kW met boilervat of buffervat 150-250 liter) of HR-Cv combi (klein 25-35 kW).

In Hilversum Meent is er een gemeenschappelijke ondiepe bodem-WP (met in de wijk een hoog grondwaterniveau). De bodem-WP circuleert het voorverwarmde water naar de zolders van de rij woningen, waar de individuele boosterpompen staan opgesteld en de boilers. Het na-verwarmde water geeft de warmte af aan de luchtventilator in de woonkamer.

De ervaring in 2024 van meerdere wijken, waar in het kader van de 'Van het gas af' regeling kleine gemeenschappelijke warmtenetten zijn aangelegd, is, dat de nieuwe oplossing meestal duurder voor de bewoners is dan de vroegere oplossing met gas-Cv's. Slechts wanneer de woningen ook betere thermische isolering kregen, was de nieuwe oplossing voordeliger. Deze problematiek heeft veel te maken met de berekeningswijze van de beheerder van het warmtenet of woningcorporatie.

Extra informatie buffervat.

Een buffervat heeft vaak stilstand warmteverlies. In veel situaties is het verstandig om het buffervat extra bij te isoleren door het in air-bubblefolie in te pakken.

Figuur 18. Het buffervat is aan een WP gekoppeld. Het heeft zes aansluitpunten: twee voor de warmtepomp en twee voor het afgiftesysteem(radiatoren) en twee op een eigen interne WTW-spiraal voor de tapwaterverwarming.

Bij weinig waterinhoud van de (moderne, dunne) plaatradiatoren en Jaga of Henron convectoren is een groter buffervat nodig om vaak aan- uitschakelen van de WP te voorkomen.

Met veel waterinhoud zoals bij dikke leidingen van oude woningen kan het buffervat kleiner zijn. De minimum waterinhoud van een verwarmingssysteem is 50 liter om te voorkomen dat het systeem steeds aan- en uitslaat.



Extra informatie doorstroomboilers.

Een elektrische doorstroomboiler (COP 1) is heel veel kleiner dan een WPB (COP 3), maar kost veel meer stroom (3 x zoveel) en ook directe stroom. Een doorstroomboiler heeft ook een zware elektrische aansluiting nodig. Bij meer dan 6 liter/min van minimaal 50°C is een vermogen nodig van

3 x 25 Amp. Om voor een douche een doorstroomboiler aan te sluiten is energetisch een onvoordelige maatregel.⁶³ Wanneer de leiding tussen de WPB en de douche lang is en van koper zal die leiding veel warmte aan het water onttrekken voordat de douche echt warm wordt. Het vervangen van die leiding door een CPVC-alu kunststofleiding is dan een goede optie.

Figuur 19. Een kleine doorstroomboiler

Deze heeft een 1-fase huisaansluiting mag heeft maximaal 5 kW vermogen. Een grotere doorstroomer van 15 kW heeft 3 x 25 Amp nodig (15.000 kW/230 V = 65 Amp. Dat lukt nog net met een 3 x 25A standaard aansluiting. Dan mag er tegelijkertijd geen ander verbruik zijn. Het aanpassen van een meterkast van 1-fase naar 3-fase kan tot euro 1000 kosten.



Een kleine elektrische boiler (50 liter) die op PV is aangesloten kan zo geschakeld worden dat deze alleen met die PV wordt verwarmd of alleen met lage tarieven (in de winter). Als deze tot 80°C kan verwarmen is dat ruim voldoende voor een douche op minder dan 38°C.

Figuur 20. Nestore warmtebatterij van Newton Energy solutions.

De zeer goed (vacuüm) geïsoleerde Nestore E30 (300 liter) bevat tot 30 kWh warmteopslag en kan met lage stroomspanning van eigen PV-panelen en met lage energieprijzen (onbalansmarkt) tapwater opwarmen. Omdat water een hoge warmtecapaciteit heeft is de warmteopslag bij 110°C erg groot en kan 6-8 X de hoeveelheid warmte worden opgeslagen als een conventionele boiler (tot 900 liter water 45°C), en blijft een week warm. Er is nauwelijks warmteverlies (0,17kWh/dag). Aansluiting 1 fase 3,4 kW (230V). Goed om te combineren met een warmtepomp.



Extra informatie over koudemiddelen.

Vanwege het zeer hoge Global Warming Potentieel (GWP)⁶⁴ van veel koudemiddelen werden er sinds 1990 al een aantal **verboden en uit-gefaseerd** bij koelkasten. Na 2025 mogen koudemiddelen met een GWP groter dan 150 niet meer in nieuwe apparatuur worden toegepast.⁶⁵

⁶³ In het buitenland (Engeland) komen ze veel voor en zijn aan strenge regels gebonden. Er zijn kleine doorstroomboilers van 3,5 kW voor handen wassen, maar deze zijn niet zwaar genoeg om te douchen. Voor meer informatie over doorstroomboilers zie: <https://community.eigenhuis.nl/duurzaam-verwarmen-12/>

⁶⁴ Bij 100 jaar. Voor meer informatie zie: https://iplo.nl/thema/lucht/ozon-en-f-gassen/ozonlaagafbrekende-stoffen-gassen/?utm_source=infomil&utm_medium=link&utm_campaign=ozon-fgassen

⁶⁵ Het Global Warmte Potentieel is de CO₂-belasting over de volgende 100 jaar die een koudemiddel geeft op het milieu. De nog veel toegepaste R32 heeft een GWP van 675, wat betekent dat het 675 maal zo belastend is als CO₂. Ook deze types WP's zullen per 2027 niet meer worden geproduceerd.

Veel van de vroegere koelmiddelen hadden een Ozon-afbrekend effect (Ozon Depletion Potential, ODP). Per 2024 werken de meeste nieuwe WP's met propaan R 290. Per 2027 zijn voor nieuwe WP's onder de 50 kW alleen nog R290 (dat zijn alle woonhuizen), CO₂ (R744 GWP 1) en R410a (GWP 2088) en R454 toegestaan. Ook de R32 (GWP 675) wordt per 2027 niet meer gebruikt. R454A (GWP 238), R454C (GWP < 150), R454B (GWP 466).

De koudemiddelen zijn gassen die makkelijk expanderen en condenseren bij druk- en temperatuurverschillen. Bij het expanderen wordt de druk lager en veroorzaakt temperatuurdaling. Bij compressie gebeurt het omgekeerde. Hiervan wordt gebruik gemaakt bij de koelkast en de WP. Omdat de koudemiddelen schadelijk zijn voor het milieu en/of ontbrandbaar, mogen leidingen van de installaties alleen maar aangelegd worden door een gekwalificeerde installateur.⁶⁶ Een WP met minder dan 5 kg propaan (propaan of propeen = C₃H₈ = koudemiddel R290) valt niet onder deze F-gassen classificering en mag door elke installatiemonteur worden aangelegd. Het werken aan WP's met meer dan 10 kg koudemiddel mag alleen door een gekwalificeerd installateur geschieden. Binnen in de woning mag niet meer propaan gebruikt worden dan 150 gram. Voor een vrijstaande woning, is minder dan 100 gram nodig. Vanaf 150 gram zijn er strenge veiligheidsvereisten.

Het koudemiddel isobutaan (R600a met GWP 8) of **propaan (R290 met GWP 3)**⁶⁷ en R744 (CO₂) zijn vanaf 2025 de meest gebruikte koudemiddelen.⁶⁸ Propaan is een natuurlijk middel, maar is ontvlambaar. Een grote/zware warmtepomp (meer dan 20 kW) met meer dan 5 kg propaan moet dan ook buiten (of op het dak) staan. De nieuwste monoblock WP hebben minder dan 5kg propaan en mogen ook binnen staan. Ook zijn er WP met extra brandbeveiliging.

Het GWP van CO₂ = 1 (R744), maar werk onder hoge druk (130 bar) en heeft een groot temperatuurverschil nodig.⁶⁹ Deze R744 WP kunnen makkelijk een hoog-temperatuur systeem (HTV) hebben. Echter door de hoge druk zijn ze in aanschaf duurder dan de lagedruk systemen zoals gebruikt bij de R290 koudemiddel systemen die ook met hoge temperatuur kunnen werken.

Gewicht van R290 meer dan 150 gram koelmiddel vereist extra veiligheidsmaatregelen voor binnenplaatsing.

Voor de binnen in de woning plaatsen van een WP met propaan koudemiddel zijn extra veiligheidseisen noodzakelijk. Dit zijn een ATEX-fan en een aparte afvoerpijp naar buiten om bij lekkage van het propaangas dat brandbare gas naar buiten te blazen. Deze extra maatregelen maken de installatie duurder. De meeste propaan WP, zowel het monoblock als de split-unit worden daarom buitenshuis geplaatst, wat de installatie goedkoper maakt.

⁶⁶ Zie: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/ozon-en-f-gassen/koudemiddelen/>

⁶⁷ Er komen steeds meer WP op basis van R290 op de markt. Andere koudemiddelen zoals het synthetische koudemiddel HFC R134a (met GWP 4470 en HFC 125 = GWP 1.430), **zijn verboden of uitgefaseerd**. Koudemiddel R410A heeft een GWP 2.088; deze en een aantal andere koudemiddelen **mogen per 2025 niet meer geproduceerd/geïnstalleerd worden**. Per 2027 worden koudemiddelen met GWP groter dan 750 verboden. <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/ozon-en-f-gassen/broeikasgassen-0/>

⁶⁸ Bij BWP zit het koudemiddel niet in de diepe boorleiding. Die is gevuld met leidingwater en bij het risico van bevriezen met zout water of water met Glycol.

⁶⁹ Zie ook: https://www.linde-gas.nl/nl/products_and_supply/refrigerants/f_gas_regulation/index.html en <https://docplayer.nl/112803438-Info-voor-koudemiddelengebruikers-5-leidraad-voor-de-selectie-van-koudemiddelen-een-blik-op-de-koudemiddelen-van-de-toekomst.html>

Nieuwe Europese richtlijn GWP kleiner dan 150.

GWP van R454-C = 150 valt ook onder nieuwe norm. Dit wordt gebruikt in de Water-Water bodem-WP's zoals: Stiebel WPE-I-08 HKW en de Compress 7001i LWMF van Nefit Bosch, en de [NIBE F1255-12](#).

Onderstaand een vergelijking van de in 2024 twee meest courante koelmiddelen (gassen).

#	R32	R290 propaan
1	Fluorkoolwaterstof (HFC), GWP = 675	Koolwaterstofkoelmiddel, GWP = 3
2	Bevat geen chloor en is energiezuiniger (kWh) dan sommige andere koelmiddelen.	Kan grote hoeveelheid warmte-energie absorberen en is efficiënt koelmiddel.
3	Koelcapaciteit per volume-eenheid is ongeveer 87% hoger dan R290, kleine compressor.	Lager volumetrische koelcapaciteit dan R32 Compressor met grotere cilinderinhoud.
4	Kleiner compressor en minder kWh in gebruik	Grotere compressor met meer kWh in gebruik
5	Hogere COP bij hoge en lage temperaturen.	Lagere COP bij hoge en lage temperaturen
6	R32 niet brandbaar , niet toxisch classificatie, geen ozonafbraak . OPD=0	Licht ontvlambaar en vereist specifieke veiligheidsmaatregelen. ODP=0
7	Op grotere schaal gebruikt, overal beschikbaar.	Neemt in gebruik sterk toe vanwege lage GWP (onderdelen steeds ruimer beschikbaar).
8	Kosten aanschaf is hoger, m.u.v. Aurora II (Adlar) ⁷⁰	Kosten zijn over het algemeen lager.
9	Hogere druk dan R290, goed voor grote systemen	Lagere druk dan R32
10	Grotere systemen mogelijk.	Makkelijker in onderhoud
11	Stiller , bij grotere compressor	Meer geluid , bij kleine compressor.
12		Kan gebruikt worden om bestaande systemen aan te passen.

In Nederland is de al reeds langer bestaande **Water-Water WP** ecoGEO⁺ LITE 1-6 PRO van Ecoforest. Deze levert een warmtevermogen van 1kW tot 6kW en heeft minder 150 gram propaan. Deze WP kan ook binnen opgesteld worden zonder apart ventilatieconcept. COP tot 5.

Figuur21. ecoGEO⁺ LITE 1-6 PRO van Ecoforest



Recent is In Nederland is Alpha innotec WZSV 63 geïntroduceerd (door Nathan geleverd). Dit is een propaan WP met een R290 gasinhoud van minder dan 150 gram en mag dus binnen worden opgesteld zonder extra veiligheidsmaatregelen.

Figuur 22. Alpha innotec WZSV 63 op zolder. Deze kan een vermogen leveren van 6 kW bij een COP van 4,8 (35 °C) en een COP 3,7 (55 °C).



⁷⁰ Dit heeft deels te maken met het marketingsysteem dat niet via groothandels en dealers loopt.

Aansluiting op bodem WP.

Deze WP van Alpha innotec WZSV 63 is ook geschikt voor toepassing in stadswijken. Ze kunnen water leveren tot 75 °C (met lagere COP) zodat ze bij een HTV-radiatoren gebruikt kunnen worden. De WP's zijn compact gebouwd (60 x 73 x 185 cm) en hebben een 178 liter boiler. Ze kunnen worden aangesloten op bodembronnen met temperatuur van -13 °C tot +30 °C. Hierdoor zijn ze geschikt voor plaatsing bij een gesloten of open bodem WP, riothermie, ijsopslag of PVT-collectoren. Deze WP is HEMS-voorbereid (Home Energy Management System), zodat het aangesloten kan worden op PV-panelen of een thuisbatterij, met dynamische energietarieven. De WP kan ook koelen.

5. Het PVT-systeem.

Naast PV (Photo Voltaïc elektriciteit, zonnepanelen) systemen zijn er ook PVT (PV-Thermisch systemen) die aangesloten zijn op een binnen-WP⁷¹ en die met de bovenliggende PV-panelen de meeste stroom voor die WP produceren. Er zijn ook PV-Thermische WP met gevelpanelen. Deze panelen kunnen ook op de noordzijde van het dak gelegd worden (zonder PV). Het systeem hoeft niet ontdooit te worden en werkt tot -15°C.

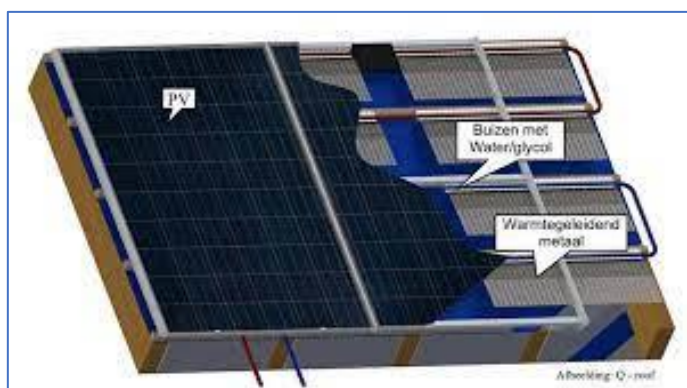
Het PVT-systeem onttrekt 3°K aan de buitenlucht zonder ventilator. Door de afwezigheid van de buitenventilator is het systeem stil en slijt niet. Binnen wordt in de modulerende R290 WP een temperatuur geproduceerd van 60°C tot 63°C en is dus geschikt voor HTV en boiler, maar LTV heeft een beter rendement. Het systeem heeft een thermische buffer/batterij die gebaseerd is op Phase-Changing Materiaal (PCM) met garantie van 10 jaar.

Deze PCM-batterij kan de energievoorziening gedurende 72 uur overbruggen. De PVT-panelen hebben ook een garantie van 10 jaar en een verwachte levensduur van minimaal 30 jaar. Op de installatie is een garantie van 7 jaar. Dat is meer dan dubbel zoveel als de meeste andere WP's.

Voor de binnen-installatie, afmeting grote koelkast is wel ruimte nodig. De werking is geluidsarm met koelkastgeluid. De boiler kan verschillende afmetingen tot 300 liter hebben naar gelang het tapwatergebruik. Alle componenten zijn in Europa geproduceerd en eenvoudig vervangbaar.

Elektrisch bij-verwarmen is slechts nodig bij -10°C en heeft een COP 1 en is dus inefficiënt, maar dit komt zelden voor. Bij -5°C heeft het nog een COP van 3, wat meer is dan de meeste Lucht-Water WP bij dezelfde temperaturen.

Figuur 23. Afbeelding uit www.warmtepomp-weetjes.nl
Een PVT-systeem is een combinatie van PV en een radiator erachter. Het radiator gedeelte kan ook op het noord-dak (schaduw) geplaatst worden. De PV levert de stroom voor de pomp.



Het rendement van een PVT-systeem ligt hoger dan dat van de meeste andere WP's, met een COP van 5,6 voor verwarmen en een COP 3,8 voor warm tapwater. Voor een ruime hoekwoning van ongeveer

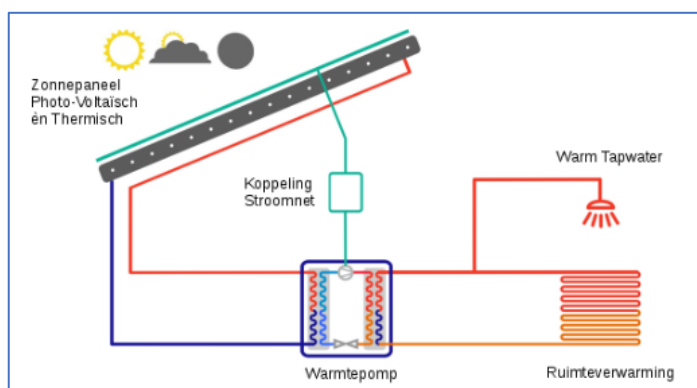
⁷¹ Een voordeel van het PVT-systeem is dat er geen ventilator aan zit en daardoor geruisloos werkt.

150 m² en een A-label is een PVT-systeem nodig van ongeveer 8 kW of 10 PVT panelen. Voor een kleine geïsoleerde tussenwoning kan met slechts 4 panelen volstaan worden (foto na twee pagina's, rechts).

Per kW output is ongeveer 3m² PVT-paneel nodig. Een paneel van 177cmx107cm = **2m²**, een paneel 174cm x114cm = **2 m²** en een paneel van 211cm x 114cm = **2,4 m²** (alleen horizontaal, plat dak). Tussen de panelen is 4 cm, en langs de panelen is 20 cm nodig. Voor smalle daken of dakstroken zijn de grote panelen met de randstroken dus niet toepasbaar. De dikte van de panelen is 5 cm. Voor het inplannen van het aantal panelen op het dak zijn de afmetingen met de randen er omheen belangrijk. Verschillende PVT-producenten hebben iets verschillende paneelmaten.

Figuur 24: Afbeelding Triple Solar.

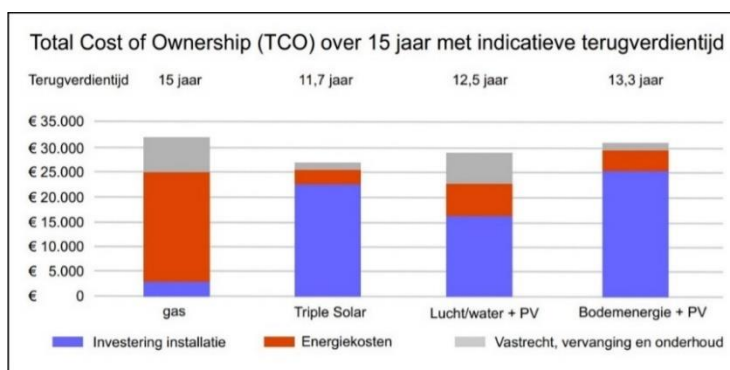
Binnen de woning is het pompsysteem, de warmtewisselaar en de aansluiting op tapwater en woning verwarming. Het geluidsniveau is erg laag vanwege het ontbreken van de buitenventilator. De binnenunit geeft weinig geluid.



De 'Total Cost of Ownership' (TCO) vergelijking met een HR-CV ketel op gas +PV, een Lucht-Water WP +PV, en bodemenergie +PV.

- ✓ Het systeem werkt buiten op het dak en is geruisloos. Propaan R290 WP.
- ✓ Geen ruimte in de tuin of tegen het huis nodig voor de buitenunit.
- ✓ Het is geschikt voor nieuwbouw en renovatie.
- ✓ Er is subsidie van toepassing (deze verandert jaarlijks).
- ✓ PVT en PV-panelen zien er hetzelfde uit. Er kunnen soms driehoekige aansluitstukken geleverd worden zodat het een aaneengesloten beeld op het dak geeft.
- ✓ De btw-teruggave voor PV-panelen is alleen van toepassing wanneer u niet eerder BTW-teruggave op PV-panelen hebt gehad en u dus in de KOR zit (Kleine Ondernemers Regeling van de belastingdienst).
- ✓ De thermische panelen (glycol gevuld) kunnen eventueel op de noordzijde gelegd worden.
- ✓ Elke installateur die PV kan aanleggen krijgt een training voor het verbinden van de leidingen.
- ✓ Afgifte systeem is laagdrempelig met LTV-radiatoren.
- ✓ Waardevermeerdering van de woning.

Figuur 25. De Total Cost of Ownership (TCO) uit 2020 laat zien dat het PVT-systeem (van Triple Solar) het voordeligste verwarmingssysteem is wanneer over een termijn van 15 jaar de operationele kosten en onderhoud worden meegerekend. Er wordt dan uitgegaan van eenzelfde kW capaciteit warmteafgifte.



Afbeelding van Tipplesolar uit 2022.⁷² Bij een rijtjeswoning en 6 panelen zijn de all-in installatiekosten ongeveer € 20.000 tot € 30.000. Toelichting Grafiek uit 2022. Een 8 kW PVT-systeem op een zuidelijk dak met 45 graden helling kost € 30.000 inclusief WP, PVT-panelen, leidingen, thermische batterij, installatie kosten, etc., exclusief de subsidie.⁷³

Deze grafiek van TripleSolar vergelijkt met een gas-CV met elektriciteitsaansluiting. Bij hogere kosten van de PVT en lagere kosten van de PV (sinds 2020) veranderen de percentages. De vastrechtkosten van de drie rechter systemen zijn hetzelfde. Van de Lucht-Water WP wordt ervanuit gegaan dat de onderhoudskosten na 10 tot 15 jaar gaan oplopen omdat daar meer draaiende delen aan zitten. Bij een PVT is er een lagere kost voor de vervanging en onderhoudskosten dan bij een Lucht-Water WP. De grafiek vergelijkt ook een bodem-WP. Voor een ondiep systeem is een groot grondoppervlak nodig en bij een diep systeem zijn de kosten hoger. Dit verschil is niet aangegeven.

De grafiek geeft wel aan dat de drie WP-systemen een hogere investering vereisen, maar de gebruikskosten lager zijn dan bij een gas-Cv.

Bij lage buitentemperaturen kan er rijp optreden op de warmte-absorptie panelen onder de PV wat de warmte uitwisseling vermindert. Dit heeft geen schadelijke gevolgen voor het systeem maar de thermische prestatie vermindert dan ongeveer 10%. Wanneer dan de elektrische bijverwarming wordt ingeschakeld om de panelen **ijsvrij te houden** verlaagt de COP sterk. Dit gebeurt voor ongeveer 40 uur per winter.



Figuur 26. Links. Van Triple Solar. Rijp op PVT. Bij deze foto zijn de verbindende leidingen te zien. Bij de planning voor de beschikbare ruimte moet met die leidingen rekening gehouden worden. Rechts. Op de linker tussenwoning vier panelen Triple Solar. Op de rechter woning gewone PV en airco.

6. Berekening vermogenscapaciteit All-electric WP

Omdat WP's een complexe specialiteit is waarbij voor een woning nogal wat rekenwerk nodig is, vragen installateurs soms een bedrag om een gedetailleerde offerte te maken met een warmte-verliesberekening en de nodige aanpassingen voor het radiatoren systeem (€ 400 - € 500). Deze kosten worden niet doorberekend bij de uitvoering van hun offerte.

⁷² <https://triplesolar.eu/> Ook verschillende YouTube filmpjes zijn beschikbaar. Deze informatie is door Triple Solar aangeleverd. Het is mogelijk dat bij de berekening niet de zuinigste alternatieve systemen werd gekozen. De grafiek geeft daarom slechts een indicatie.

⁷³ De subsidie is afhankelijk van het geleverde vermogen van de WP en als deze minimaal een A+ label heeft. Voor een basis PVT is € 4.425 subsidie (2024). Een PVT-systeem op een noordelijk dak is wel mogelijk, maar dan levert de PV daarvan weinig energie op.

De volgende informatie geeft een snelle schatting voor de kW capaciteit of het maximumvermogen van de WP.

- Bepaal het gemiddelde jaargebruik in m³ gas van de woning, inclusief tapwaterverwarming (gemiddeld ongeveer 20%, inclusief koken).
- Verminder het verbruik met 100 m³ gas/persoon voor tapwater-verwarming of bereken het. Een enkele warme douche van ruim 5 minuten kost ongeveer 0,1 m³ gas. Dus 60 warme douches per maand ongeveer 6 m³. Omgerekend 60 kWh energie.
- Deel het resulterende gasverbruik door 200. Het resulterende getal is een goede indicatie van het aantal noodzakelijke kW van de WP.
- Vermenigvuldig het getal met 0,8 wanneer in het jaarverbruik ook het gasverbruik van koken op gas zit.⁷⁴
- Wanneer de afgelopen winter gemiddeld zachter was dan het gemiddelde, vermenigvuldig dan met 0,9⁷⁵. Resultaat is kW vermogen van de WP.
- Dit resulterende kW-aantal is de topcapaciteit bij een buitentemperatuur van -10°C.
- Wanneer u al zuinig stookt, bijvoorbeeld niet op de etage, dan kan een installatiebedrijf de berekening van de WP 20% hoger maken zodat er een reserve is. Echter, er moet voorkomen worden dat de WP te zwaar wordt berekend en gaat pendelen (aan en afslaan) want dat leidt tot extra slijtage. De meeste WP's kunnen modulerend draaien. Wanneer een WP te krap wordt berekend dan staat deze vaak op topcapaciteit te draaien en kan dan gemiddeld wat meer lawaai geven.

Het tapwater wordt meestal verwarmd als de installatie de woning niet verwarmd. Dit geeft daarom geen verhoging van het vermogen van de WP.

Voorbeeld: Een hoekwoning (2 volwassenen en twee kinderen) heeft een gasverbruik van 1400 m³ gas/jaar. Het netto gasverbruik zonder tapwaterverwarming en koken op gas is 1000 m³ gas/jaar. $1000/200 = 5 \text{ kW}$. Vermenigvuldigingsfactor 0,8 (van het koken) maakt 4,0 kW.

Een andere methode is de volgende:

A = het gemiddelde jaarverbruik van het gas in m³.

B = Het aantal personen in het gezin:

K = gemiddeld graden Kelvin temperatuurverschil tussen binnen en buiten bij 10 graden vorst.

W = Watt.

Warmteverlies woning [W/K] = $(A - B * 80) * 0,17$

*Voorbeeld: Als er [A] 1400 m³ gas verbruikt wordt in één jaar en er zijn [B] 4 bewoners dan is de verlieswaarde van de woning: $(1400 - 4 * 80) * 0,17 = 184 \text{ W/K}$*

*Vermogen warmtepompinstallatie [W] = Warmteverlies woning [W/K] * 26 [K] = $184 * 26 = 4784 \text{ W} = 4,8 \text{ kW}$*

Wanneer de WP ook vermogen nodig heeft voor warm tapwater van 10 [W/L] en een 200 liter boiler dan wordt het:

$4800 \text{ W} + 200 [\text{L}] * 10 [\text{W/L}] = 6800 \text{ W} = 6,8 \text{ kW}$. Bij een WTW op de douche kan dit dan 5 kW worden.

⁷⁴ In de toekomst zal het elektrisch koken in de vroege avonden niet samen mogen gaan met het draaien van de WP of het opladen van een elektrische auto, omdat dat een extra belasting van het elektriciteitsnetwerk oplevert. Er zijn mogelijkheden om de WP hoofdzakelijk op de uren te laten draaien dat de stroomprijs laag is.

⁷⁵ Installatiebedrijven kunnen de berekening maken op basis van gemiddelde winters uit het verleden. Die temperatuur is een graadje lager dan de huidige of toekomstige temperaturen. Omdat de winters steeds zachter worden, wordt het gasverbruik voor woningverwarming ook steeds minder. Echter, er kan een koude maand met weinig zon zijn, waardoor gasverbruik sterk oploopt. De WP wordt zo berekend dat in een ongunstige situatie de woning toch redelijk warm kan worden.

Nog een methode.

Het vermogen van een WP kan ook als volgt worden berekend: $\text{kW warmtepomp} = (\text{aantal m}^3 \text{ gas/jaar} \times 8) : 1650$. Dit is dus ook ongeveer het aantal $\text{m}^3 \text{ gas/jaar} : 200$.

Een hybride WP combinatie heeft 40% van het totale benodigde vermogen van de woning nodig. De uitkomst van de berekening mag dus worden vermenigvuldigd met een factor 0,4.

Voor een 180 liter boiler met 12 uur opwarmtijd is het extra vermogen 0,8 kW. Bij dezelfde boiler, maar nu met een opwarmtijd van 3 uur geldt 3,2 kW extra WP-vermogen. De meeste fabrikanten en leveranciers houden echter geen rekening met het extra vermogen voor tapwater. Met een douche WTW is er een kleinere boiler nodig, want die bezuinigt minstens 40% op het warme tapwater. Zie 'Douche WTW' op www.nienhuys.info

6.1. Uitleg van de berekeningen

Een m^3 aardgas heeft een warmte-inhoud van zo'n 9,3 kW aan warmte-equivalent; afgerond 10 kWh. Bij 1400 m^3 aardgas bevat dat dus 13.020 kWh aan warmte inclusief waterverwarming door de CV. Een woning met een isolatiewaarde van rond 1995 (energielabel C) heeft ongeveer 1700 vollasturen voor de HR-CV. $13.020 \text{ kWh} / 1700 \text{ h} = 7,6 \text{ kW}$. Dit is het totale noodzakelijke vermogen om te verwarmen. Bij de toepassing van de beta-factor van 0,8 wordt het noodzakelijke vermogen 6 kW. Bij een hybride systeem dat een beta-factor heeft van 0,5 wordt dat 3,8 kW. Dat betekent een WP die een slag kleiner is want in de winter gaat de gas-Cv dan bijstoken.

Over-dimensionering van een WP veroorzaakt dat de WP vaker moet stoppen en starten (pendelen = duurder en slijtage en rendementsverlies). Modulerende WP's gaan langzamer draaien in plaats van aan/uit schakelen. Onder-dimensionering is ook niet goed want dan draaien ze steeds op topcapaciteit.

Hoek- of 2 onder 1 kap woning, kengetallen.

Inschattingstabel verwarmen hoekwoning of 2 onder 1 kap - klimaat vanaf 2020 -									
	isolatie gemiddeld RC	Equivalentente Warmtepomp-tips.nl Vollasturen jaar		Energie nodig aardgas (NL) of kWh				Op te stellen Watt per m^2	
				m^3 per m^2 GO		kWh per m^2 GO			
		MV	WTW	MV	WTW	MV	WTW	MV	WTW
Voor 1945	0,2	1900		15,2		133,76		70,4	
1946-1964	0,4	1850		15,5		136,4		73,7	
1965-1974	0,5	1800		13,8		121,44		67,5	
1975-1991	1,4	1750		12,4		109,12		62,4	
1992-1999	2,5	1700		10,7		94,16		55,4	
2000-2014	3	1650		8,9		78,32		47,5	
2015-2020	4,7	1500	1400	7,4	5,8	65,12	51,0	43,4	36,5
2021-	5	1200	1100	5,7	4	50,16	35,2	41,8	32,0
MV = mechanische ventilatie vanaf 1995, daarvoor natuurlijk. WTW = WTW unit (tabel is excl. warmtapwater)									

Tabel uit: <https://warmtepomp-tips.nl/warmtepomp/kengetallen/> GO = grondoppervlak
Meer tabellen en uitleg op de aangegeven website.

Bij de hoekwoning van 150 m² met mechanische ventilatie uit periode 1992-1999 wordt 55,4 W/m² gerekend (energielabel C). Voor een woning van 150 m² wordt dat 150 x 55,4 = 8310 W of een 8,3 kW WP. Wanneer deze woning beter wordt geïsoleerd tot een A-label (2021 niveau) met een WTW op de ventilatielucht dan is er 32 W/m² vloerooppervlak nodig met een 4,8 kW WP.

Tussenwoning kengetallen

	Inschattingstabel verwarmen tussenwoning - klimaat vanaf 2020 -								
	isolatie gemiddeld RC	Equivalente Warmtepomp-tips.nl Vollasturen jaar		Energie nodig aardgas (NL) of kWh				Op te stellen Watt per m ²	
		m ³ per m ² GO		kWh per m ² GO					
		MV	WTW	MV	WTW	MV	WTW	MV	WTW
Voor 1945	0,2	1900		13,8		121,44		63,9	
1946-1964	0,4	1850		13,7		120,56		65,2	
1965-1974	0,5	1800		12,1		106,48		59,2	
1975-1991	1,4	1750		10,9		95,92		54,8	
1992-1999	2,5	1700		9,6		84,48		49,7	
2000-2014	3	1650		8,1		71,28		43,2	
2015-2020	4,7	1500	1400	7,1	5,6	62,48	49,3	41,7	35,2
2021-	5	1200	1100	5,3	3,7	46,64	32,6	38,9	29,6

MV = mechanische ventilatie vanaf 1995, daarvoor natuurlijk. WTW = WTW unit (tabel is excl. warmtapwater)

Een tussenwoning van 150 m² uit 1992-1999 (met veel minder buitenmuur) heeft volgens de tabel 49,7 W/m² nodig of een WP van 7,5 kW. Wanneer deze woning beter wordt geïsoleerd tot een A-label (2021 niveau) met een WTW op de ventilatielucht dan is er 29,6 W/m² nodig met 4,4 kW WP.

Uit deze basistabellen blijkt dat door beter te isoleren er ongeveer 20% minder energie nodig is.⁷⁶ In aanvulling daarop, als men de mechanische ventilatie vervangt door een WTW en CO₂ regeling op de ventilatie er dan nog eens ongeveer 20% energie bezuinigd kan worden.

Deze warmteverlies berekeningen worden met de jaren beter/preciezer, maar wanneer het aantal graaddagen per jaar steeds kleiner wordt, wordt het totale warmteverlies ook kleiner. Dit laatste is het geval vanwege de klimaatopwarming. Voor koeling in de zomer van slecht geïsoleerde woningen is ook energie nodig, waarbij een airco extra warmte produceert.

Een installatiebedrijf kan een nauwkeurige berekening te maken door alle buitenoppervlaktes van een na-geïsoleerd gebouw in te voeren en rekening te houden met de status van de ventilatie (met of zonder WTW) of ruimtes die niet verwarmd hoeven te worden. Dit kan verschillen opleveren in de uitkomsten. Een installatiebedrijf zal ook kunnen uitrekenen of de radiatoren wel voldoen voor een lagere stooklijn en wat er voor aanpassingen er nodig zijn voor de warmteafgifte.

6.2. Berekening vermogenscapaciteit van Hybride WP

- Zelfde als a, b en c hierboven.
- d. Vermenigvuldig met 0,5 (of delen door 2). Resultaat is het aantal kW.
- e. Deze kW capaciteit van de WP is bij een buitentemperatuur van 0°C.
- f. Bij een lagere temperatuur gaat de gas HR-Cv dan bij-verwarmen (gasconsumptie).

⁷⁶ Beter isoleren is een rekbaar begrip. Isoleren volgens de nieuwbouwnorm is al goed, maar met Tripleglas voor de woonkamers is beter. Er zijn passief huizen die nog beter zijn geïsoleerd of die slechts verwarmd worden door de ventilatiewarmte van een grote koelkast in de keuken, gecombineerd met zoninstraling.

Andere berekening met W/m^2 . De onderstaande tabel geeft onder de bouwjaartallen **bij benadering** het warmteverlies (in W/m^2 van het gebruiksoppervlak) wat nodig is om de woning voldoende te verwarmen bij $-10^\circ C$, exclusief de warmte nodig voor tapwater verwarming (gemiddeld 20%).⁷⁷

In de onderstaande tabel wordt ervan uitgegaan dat de hele woning op $21^\circ C$ gestookt wordt (dag en nacht). In de praktijk is dat zelden het geval en is de gemiddelde temperatuur $3^\circ K$ lager (tussen de $17^\circ C$ en $19^\circ C$, wat een bezuiniging van minstens 20% oplevert. Deze tabel⁷⁸ is gebaseerd op het gewenste vermogen bij $-10^\circ C$, maar dat komt zelden voor in Nederland of in de toekomst.

Woningtype, bouwjaar	Toeslag	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2021
Energie label		G	E	C	B	A	A+	A+++
Tussenwoning 100 m ²	0 %	130	110	90	60	40	30	25
Warmtepomp All electric	Vermogen kW	niet	niet	10,2 kW	8,5 kW	7,5 kW	5,5 kW	4 kW
Hybride WP + HR-CV	0,4 x WP	niet	niet	4,5 kW	3,5 kW	3 kW	2,5 kW	1,6 kW
CO ₂ uitstoot en negatief effect op het milieu		Heel veel	Erg veel	Veel	Matig	Weinig	Heel weinig	Mini-maal
Groter huis?*	Toeslag	1970	1980	1990	2000	2010	2015	2021
Hoekwoning 140 m ²	+25 % =	160	135	110	75	50	38	31
Vrijstaand 180 m ²	+40 % =	180	150	125	85	55	42	35

De beige cijfers zijn het aantal W/m^2 oppervlakte.

* Bij grotere woningen bereken dan de oppervlakte verhouding en vermenigvuldig daarmee het oppervlak.

Bij niet-compacte woningen (bungalow, veel uitbouwen) extra verhogen met 10%

Het leidende criteria moet de uiteindelijke CO₂-uitstoot zijn en daarna pas de terugverdientijd;
isoleren staat dus voorop.

#	Vermindering van het nodige vermogen	Verhoging van het nodige vermogen.
1	Compacte woning met goede deurisolatie	Vrijstaande woning, veel buitenoppervlak
2	Extra goede isolatie van de buitenschil van het gebouw. Tweemaal de spouwmuurisolatie. Goede isolatie van de ramen met Triple glas.	Matige isolatie van de buitenschil van het gebouw zoals alleen spouwmuurisolatie. Alleen oude HR en HR++ isolatieruiten.
3	Bodemgebonden WP, 150-200m	Glas-in- Lood ruiten en enkel glas
4	Laagtemperatuur afgiftesysteem (LTV $35^\circ C$) met LTV-vloerverwarming of convectorradiatoren.	Midden- (MTV $\approx 50^\circ C$) of Hoog- (HTV $\approx 70^\circ C$) temperatuur afgiftesysteem.
5	Lager aantal graaddagen dan het gemiddelde van de laatste 10 jaar (< 2500 graaddagen)	Hoger aantal graaddagen dan het gemiddelde van de laatste 10 jaar (> 2500 graaddagen).
6	Lagere gemiddelde binnentemperatuur, bijvoorbeeld $17^\circ C$ (= laag $15^\circ C$ en hoog $19^\circ C$).	Hogere gemiddelde binnen temperatuur bijvoorbeeld $20^\circ C$ (= laag $18^\circ C$ en hoog $22^\circ C$).
7	Lagere binnentemperatuur voor de etage, bijvoorbeeld $15^\circ C$ (= laag $14^\circ C$ en hoog $17^\circ C$).	Zelfde hoge binnentemperatuur voor de etage, bijvoorbeeld $18^\circ C$ (= laag $16^\circ C$ en hoog $20^\circ C$).
8	Weinig ventilatie of WTW op decentrale ventilatie, of centrale balansventilatie met WTW.	Mechanische ventilatie zonder WTW of CO ₂ -regeling. Niet af te zetten.
9	Exclusief vermogen voor tapwaterverwarming.	Inclusief vermogen voor tapwaterverwarming.
10	WTW op het douchewater.	Lang en veel douchen
11	Zonneboiler voorverwarming boiler.	Lang en warm douchen
12	Koeler en korter douchen.	Lang en vaak en warm douchen en bad.
13	Aparte WPB voor tapwater	LTV-leidingen in de betonvloer gefreesd.

⁷⁷ Een All-electric WP heeft een lager rendement voor bij-verwarmen van het tapwater omdat dit naar een hogere temperatuur verwarmd moet worden dan het CV-water van de LTV-verwarming.

⁷⁸ Een andere tabel/berekening is te vinden op: <https://www.nefit-bosch.nl/informatie/blog/wat-is-de-juiste-warmtepomp-voor-mijn-klant#:~:text=Ga%20uit%20van%20gemiddeld%20100,toepassing%20op%20het%20huidige%20gebruikersgedrag.>

Afhankelijk van de berekeningsmethode kunnen de uitkomsten aanzienlijke verschillen. Zelfs al per ruimte de isolatiewaarde van de schil wordt berekend kunnen de uitkomsten verschillen, omdat de invoer van de gegevens afhankelijk gemaakt kan worden van het bewonersgedrag. De tabel geeft de belangrijkste invloeden aan.

7. Radiatorventilator

Wanneer een woning een WP heeft met LTV, maar men deze woning slechts voor een klein gedeelte van de dag warmer wil hebben, dan kan dit met radiatorventilatoren zoals Speedcomfort, Climatebooster of Jaga Strada Hybrid die de warmteafgifte versnellen⁷⁹. Door onder de klassieke radiatoren een radiatorventilator te plaatsen wordt de warmteafgifte met ongeveer 30% verhoogd en kan een LTV-systeem mogelijk gemaakt worden.

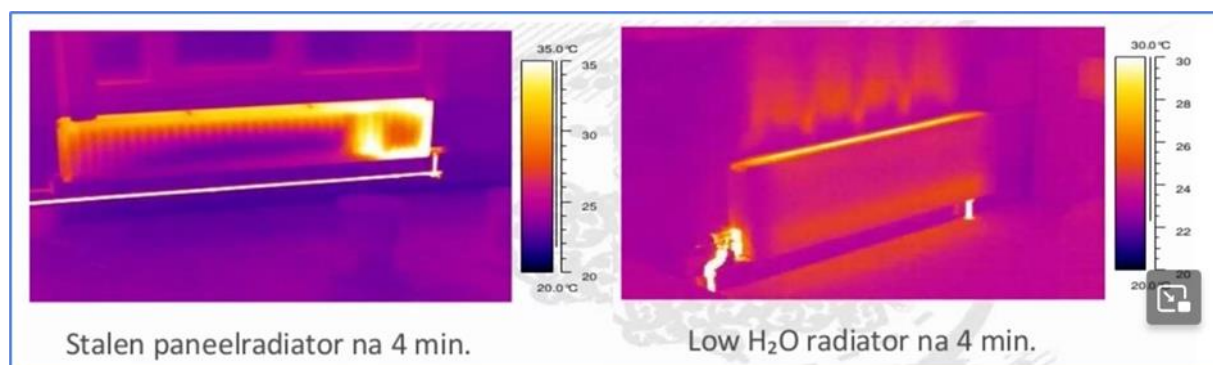
De Speedcomfort® gaat aan bij een radiatortemperatuur van ongeveer 35°C en werkt dan met pulsen (stroombezuiniging). De kosten van het stroomverbruik zijn veel minder dan de warmtewinst. Het geluidsniveau is iets meer dan 30 dB, maar praktisch onhoorbaar bij de nieuwste modellen. De economische winst van de radiatorventilator is dat de kamer eerder op temperatuur is en daardoor de Cv (thermostaat) eerder uit. Vaak kan de kamertemperatuur een graadje lager worden ingesteld, omdat de lucht sneller over de kamer verdeeld wordt. Dit laatste geeft de grootste energiewinst.

Figuren 27. Radiator ventilatoren verhogen de warmteafgifte van de radiatoren en verbeteren daarmee het rendement van de installatie.

Rechts. Convector-radiator.



Vooraf bij convectorbakken die in oudere woningen in de vloer achter de terrasdeuren werden gebouwd zal een radiatorventilator de warmteafgifte van die radiator met tenminste 100% verbeteren, want de natuurlijke doorstroming in deze convectorbakken is erg slecht.⁸⁰ Vooral bij plaatradiatoren werkt de radiator ventilator goed, bij kolomradiatoren is het effect wat minder.



⁷⁹ Zie: www.speedcomfort.nl, www.climatebooster.nl en <https://www.jaga.nl/producten/strada-hybrid/>

⁸⁰ Dat komt omdat de convectorbakken werden ontworpen achter enkel glas terrasdeuren die in de winter een grote binnenzijdige koudeval hadden, die dan in die convectorbak terecht kwam. Met isolerende ruiten is dat veel minder het geval. Voor meer informatie zie document 'Convectorbak verbeteren' op www.nienhuys.info

Figuur 28. Invloed van een convector op een radiator. De meeste radiatoren hebben een ongelijke warmteafgifte omdat het warme water bovenin stroomt. Een radiator met extra ventilator of een convectorradiator geeft de maximale warmte af over het hele oppervlak.

Extra informatie afgiftesysteem

Bij de toepassing van LTV en HTV moet het afgiftesysteem aangepast zijn aan de temperatuur van het water, de doorstroomsnelheid en het radiatoroppervlak. Bij een vloerverwarming kunnen de dikke standaard leidingen (16 mm of inwendig 15 mm) h.o.h. 20 cm liggen en bij dunne leidingen (Warp systeem met 10 mm)⁸¹ op 10 cm h.o.h. Het vloerverwarming systeem heeft dan voldoende afgifte oppervlak en capaciteit.

Bij het behoud van bestaande radiatoren is het type radiator belangrijk.

- ⊗ Radiatoren in een **omkasting** hebben een **verminderde werking** als de onder-ingang en boven-uitgang onvoldoende ruim zijn. Zonder ventilator moeten die elk minimaal 400 cm² zijn. Met een speedcomfort minimaal 300 cm², onder en boven. En geperforeerd front maakt minder uit in de warmteafgifte.
- ⊗ Radiatoren **waartegen een bank**, kast of ander meubel staat kunnen hun warmte uitstraling onvoldoende kwijt. Er moet ruimte rondom de radiatoren zijn.
- ⊗ Radiatoren die **langs een matig geïsoleerde buitenmuur** staan moeten op de radiator en buitenmuur een Hoog Reflecterende Folie (HRF) hebben, zodat de warmte niet in die buitenmuur verdwijnt.
- ⊗ Verticale **designradiatoren** hebben een extra laag energetisch rendement omdat die hoofdzakelijk het plafond boven de radiator verwarmen.
- ⊗ Convector-radiatoren hebben een buis met veel grote lamellen en hebben de hoogste warmteafgifte in vergelijking met het watervolume.

Figuren 29. Verticale design radiator. Infra-Rood foto en de gewone foto.

Dit type verwarmt vooral het stukje plafond boven de radiator, maar is vooral leuk om tekeningen en magneetjes op te plakken. Het plaatsen van een Speedcomfort zal hier onvoldoende uitmaken.

In deze aanbouw verdwijnt ook veel van de warmte direct via het matig geïsoleerde daklicht.⁸²



⁸¹ Het dunne SpeeTube systeem van Warp vloerverwarming heeft een 10 mm x 1,3mm buis. Vanwege de kleinere doorstroom diameter is de weerstand groter en is de maximale lengte van een lus kleiner dan bij conventionele 20 mm buizen. Ook liggen de buizen dan dichter naast elkaar.

https://www.warp-systems.nl/wp-content/uploads/2024/04/WARP_brochure-A4_NL.pdf

⁸² Voor meer informatie over daklichten isoleren zie het documentje op www.nienhuys.info

8. Warmte-afgifte radiatoren berekenen

Voor de installatie van een WP zonder LTV-vloerverwarming kan de afgiftec capaciteit van de bestaande radiatoren berekend worden en bepaald in welke vertrekken deze eventueel verbeterd moet worden. Er zijn verschillende methoden om dat te doen. De vereiste capaciteit hangt af van de gewenste kamertemperatuur. Zonder informatie wordt deze door het installatiebedrijf op gemiddeld 20°C gesteld voor de hele woning. Hoofdstuk 6 geeft in de twee tabellen met kerngetallen het gewenste vermogen van de radiatoren aan per bouwjaar of de isolatiewaarde van de woning gebaseerd op het GrondOppervlak (GO).

De berekening in de volgende tabel is voor een 140 m² woning (1990) met gemiddeld matige tot slechte isolatie⁸³ van de buitenschil van Rc = 1,4. 140 m² x 65 W/m² = 9100 W = 9 kW. Voor verwarmen exclusief tapwater (20%). Die berekening is gebaseerd op de koudste maand van het jaar en een binnentemperatuur van minimaal 20°C.

De warmteafgifte van de radiatoren hangt af van het type. In de productspecificaties wordt de maximale warmteafgifte opgegeven bij een Cv-temperatuur van 75°C. Een goede lijst is van <https://henrad.eu/nl/radiatoren/compact-line/warmteafgifte> en Excelsheet op bewerken zetten. Op <https://www.cvtopper.nl/> staat bij elke radiator het vermogen bij 75/65/20.

Delta T of ΔT is het verschil tussen de aanvoer- en retourtemperatuur in graden Kelvin. Bij de radiator in- en uitgang kan deze gemeten worden als de Cv op maximale verwarming staat. Deze temperaturen zijn lager dan aan de in- en uitgang van de Cv-ketel.

Historisch op te stellen verwarmingsvermogen (woningen) in Watt per m ² GO					2024
	Isolatie waarde	Ventilatie type in de woning: tot 1975 'natuurlijk' daarna met mechanische ventilatie. Vanaf 2005 zien we ook mogelijke toepassing van WTW-units in woningen.			 Met nieuwe klimaatcijfers 2020-2023 
	RC gemiddeld	Mechanische Ventilatie	CO ² gestuurde mech.ventilatie	Balans ventilatie (WTW)	Op te stellen vermogen in Watt per m ² GO
Voor 1945	0,2	100	-	-	85
1946-1964	0,4	90	-	-	80
1965-1974	0,5	80	-	-	70
1975-1991	1,4	70	65	-	65
1992-1999	2,5	60	55	-	55 / 50
2000-2014	3	50	45	40	50 / 45
2015-2020	4,7	45	40	35	45 / 40 / 35
2021-	5	40	35	30	40 / 35 / 30
(m ² gebruiksoppervlak x kengetal is (historisch) op te stellen verwarmingsvermogen)					2024 warmtepomp-tips.nl

Door middel van deze tabel kun je een indicatie krijgen van het benodigd op te stellen verwarmingsvermogen in een woning van een bepaald bouwjaar, zonder dat er in die woningen isolatie verbetering heeft plaatsgevonden. Stel dat je een nieuwe '2 onder een kap' woning gaat bouwen met CO₂ gestuurde mechanische ventilatie volgens de Isolatiennorm 2021 en je woning een gebruiksoppervlakte krijgt van 140 m² (55m² bg + 55m² 1e verdieping + 30m² zolder) dan is de te verwachten capaciteit voor verwarming in deze woning 140 m² x 35 Watt = 4900 Watt (= 4,9 kW) voor verwarmen. Exl. tapwater.

Tabel uit: <https://warmtepomp-tips.nl/warmtepomp/kengetallen/>

⁸³ Een na-geïsoleerde spouwmuur heeft slechts een isolatiewaarde van Rc = 1,5 tot 1,7. HR⁺⁺ glas heeft een isolatiewaarde van Rc 0,8 tot 0,9. Deze 140 w/m² is inclusief de extra capaciteit om na nachtverlaging de woning in 1 à 1,5 uur 3°C op te warmen. (Danfoss boekje voor waterzijdig inregelen).

Cv-ketels verwarmen in de ketel tot maximaal 75°C. **De notering 75/65/20°C** betekent een aanvoertemperatuur van 75°C min de retourwatertemperatuur 65°C bij een kamertemperatuur van 20°C. Van de Cv is dan de ΔT 50°C. Dit is berekend: $(75^\circ\text{C} + 65^\circ\text{C}) / 2 = \text{gemiddeld } 70^\circ\text{C}$. Minus de omgevingstemperatuur wordt $70^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = \Delta T$ 50°C.

Bij de radiatorberekening is er een afgiftetemperatuur van $75^\circ\text{C} \text{ min } 65^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}$ of $\Delta T=10^\circ\text{C}$.

Het radiatorvermogen $q = 0,86 \times (\text{Watt van radiator}) / \Delta T$.

Figuur 30. Het meten van de aan- en afvoertemperaturen van de Cv of een radiator.

Links op de foto de warmtemeter die twee rode laser-meetpunten geeft op de zwarte tape.

Het te meten oppervlak moet zwart en mat zijn, want anders geeft de IR-warmtemeter een verkeerde waarde. Dit kan door een stukje zwarte maskingtape op het te meten metalen oppervlak te plakken. De Cv moet minstens een uur tijd aan staan op verwarmen en de radiator helemaal open.



Bij radiatoren met een WP is de ΔT ongeveer 10K tot 12K. Aan de radiator gemeten 35/28 (35°C aanvoer / 28°C retour) geeft ΔT 7K. Veel radiatoren hebben slechts een ΔT van 5 tot 7°C, zijnde het verschil tussen de aanvoer en de afvoertemperatuur.

De gezamenlijke maximale afgiftecapaciteit van de radiatoren moet dan bij een WP van 9kW ook maximaal 9 kW kunnen opleveren. Per kamer kan de benodigde afgiftecapaciteit van de radiatoren berekend worden. Bij een lagere warmtebehoefte voor bijvoorbeeld de slaapkamers of de zolder wordt de feitelijk gerealiseerde afgiftecapaciteit minder als de thermostaatknoppen lager worden gedraaid. In een rekentabel kan de woning doorgerekend worden.

Kamer	Radiator type	Breed mm	Hoog mm	Water volume	Volume leidingen	W/m bij 75/65/20°C	T aanvoer	T afvoer	ΔT	q = Watt radiator
woon	T22	800	500	5,17	?	1.338	38	31	16,5	260

Het watervolume in de radiatoren en de leidingen is relevant om de grootte van het buffervat te berekenen. Er kunnen twee extra kolommen ingevoegd worden voor de inhoudsberekening van de leidingen wat voor oudere gebouwen met dikke leidingen belangrijk is. Door alle gegevens onderaan de tabel op te tellen wordt het totale watervolume en vermogen van de radiatoren gevonden.

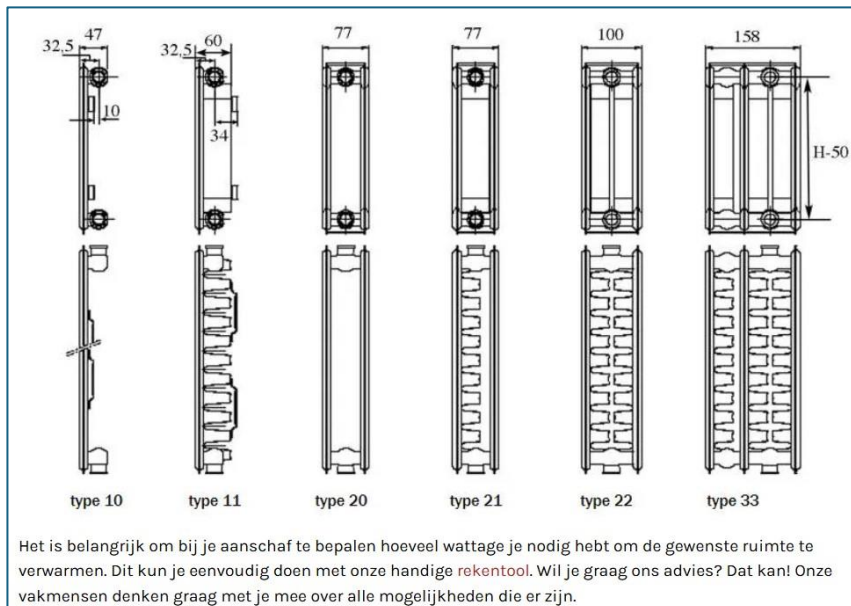
Voor de feitelijke warmteafgifte berekening volgens <https://henrad.eu/nl/radiatoren/compact-line/warmteafgifte>. De ΔT van de radiator is meestal opgegeven, maar kan door meting bepaald worden (zie figuur boven), bijvoorbeeld bij kolomradiatoren, of het moet geschat worden.

Het W/m bij 75/65/20°C (van websites of direct uit de HENRAD -tabel). Zet de HENRAD compactline tabel op 'berekenen' en vul de drie waarden in die tabel in en kopieer die waarden in de eigen tabel.

In de onderste HENRAD-tabel zoek het vermogen onder het type bij de gegeven afmetingen.
In het voorbeeld T22 radiator, 800 x 500 mm en ΔT 7°C zie je dat het feitelijk afgifte vermogen slechts 19% is van de maximale warmteafgifte.
Bij het gebruik van de formule $q = 0,86 \times (\text{Watt radiator}) / \Delta T$ is het vermogen slechts 164 Watt.

Figuur 31. Basis typen van radiatoren.

In de tabellen zijn deze typen aangegeven. Met een speedcomfort wordt de afgifte met ongeveer 30% verhoogd.



Een vrijstaande woning, of op een hoek, voeg dan 10% toe aan het berekende vermogen. Plaats de radiatoren bij voorkeur in het koudste deel van de kamer, bij voorkeur onder het raam, om koudeval tegen te gaan.

Lamellen-radiatoren zijn voor de warmteafgifte te vergelijken met de type T20 radiatoren, maar hebben meer watervolume en een grotere staal massa. Hierdoor zal de reactiesnelheid van de radiatoren wat langzamer zijn dan de paneelradiatoren in de afbeelding. Convector-radiatoren hebben het minste watervolume en de hoogste warmteafgifte per watervolume. Ouderwetse of klassieke radiatoren hebben het grootste watervolume en zonder ventilatoren de minste warmteafgifte per watervolume.

Voor monumenten of met een klassiek interieur is het dus niet noodzakelijk om de oude karakteristieke radiatoren te vervangen voor een LTV-vloerverwarming bij renovatie. Bij goede gebouwisolatie en Tripleglas voldoen de oude radiatoren in combinatie met LTV ook goed.

Figuren 32. Oude radiatoren hebben een groter watervolume dan plaatradiatoren. In monumenten kunnen deze radiatoren ook voor de verwarming dienst blijven doen wanneer de muren binnenzijde na-geïsoleerd zijn.



Er zijn bedrijven die oude radiatoren schoonmaken voor hergebruik. Bij de toepassing van alle (giet)ijzeren radiatoren is het gebruik van een Spirotech-trap noodzakelijk om deze vóór de gas-Cv of WP te plaatsen (in de aanvoer) zodat eventuele ijzerdeeltjes niet in de WP apparatuur komt. Deze Spirotrap moet periodiek worden schoongemaakt.

Figuren 33. Links.
Spirotrap met magneet.
Midden: Sirovent voor
ontluchting.
Er is ook een Spirocombi
beschikbaar.
Rechts: Ramivent
luchtafscheider



Bij het vervangen van het water in het leidingsysteem kan het nieuwe water dat meer zuurstof bevat roestvorming veroorzaken. De luchtafscheider haalt micro luchtbelletjes uit het water. Daarmee verbetert het rendement van de warmteafgifte, voorkomt mogelijke corrosie en geeft slijtage.

Extra informatie watervolume.

De watervolumes die rondgepompt moeten worden voor een LTV-systeem zijn groter dan bij een hoog-temperatuur systeem. Bij woningen van rond 1970 hebben de dunne leidingen niet voldoende doorsnede (netto kleiner dan 12 mm) om de nodige watervolumes rond te pompen. In dat geval zullen de leidingen vervangen moeten worden. Behalve de radiatorventilatoren kunnen ook grotere convectorradiatoren worden geplaatst. Wanneer er méér of sneller water moet worden rondgepompt, moet er een mengvat en een secundaire circulatiepomp aan worden toegevoegd.

In een jaren '30 woning met een lange kolomradiator onder het grote zitkamerraam werd de kamer onvoldoende warm wanneer de haard niet werd gestookt. Het eerste advies was om er een goed isolerende Tripleglas ruit in te zetten. Dat werd opgevolgd, maar nu bleek dat de kamer toch erg langzaam warm werd. Na bestudering van de radiator bleek dat de later aangelegde radiator aanvoerleiding slechts 12 mm was en dus onvoldoende warm water aanvoerde.

Bij dunne Warp-LTV systemen is het watervolume wel voldoende, maar is de lengte van de 10 mm leiding-lussen beperkt tot 40 m. (Warp SpeeTherm droogbouwvloerverwarming). Bij meerdere lussen kan het nodig zijn dat er een extra circulatiepomp wordt aangelegd.

Extra informatie Cv-waterpompen.

Oude pompen op wisselstroom hebben de keuze tussen Laag = 35 W, Midden = 85 W en Hoog = 125 W (volgende afbeelding links). Deze oude pompen komen soms voor wanneer er een LTV-vloerverwarming in een gedeelte van de woning is aangelegd. Nieuwe pompen lopen op gelijkstroom en 5W (afbeelding rechts). Bij oude pompen kan ook een gewoner timer in de stroomkabel geplaatst worden om de pomp uit te zetten wanneer er geen warmtevraag is. Voor de zomer kan de stroom uitgeschakeld worden. Niet van de Cv want dan is er geen warm tapwater meer.

De Grundfos Alpha-3 heeft een minimumverbruik van 3 Watt. Dat stroomverbruik is veel minder dan de energiebesparing van de hogere COP. Een zuinige pomp kan euro 80 per jaar schelen.

Figuren 34. Bij LTV-vloerverwarming is het mogelijk om de pomp te vervangen of een timer op een ouderwetse pomp te plaatsen zodat er geen stroom verbruikt wordt als er geen warmtevraag is.

Links: oude circulatiepomp tot 125 W

Rechts: gelijkstroom 5W pomp.



9. De Hybride warmtepomp (combinatie)

Het hybride WP-systeem wordt door veel installateurs gezien als een geschikte (goedkope) oplossing voor het verwarmen van de woning met LTV en het verwarmen van het tapwater met een HR-Cv-ketel. Het is een combinatie van twee installaties, de WP (meestal Lucht-Water) en een HR-Cv. De WP doet dan het grootste gedeelte van het werk (ongeveer 80%).⁸⁴ Gemiddeld over het jaar levert een hybride WP minstens $2/3^{\text{de}}$ van de warmtevraag van de woning en de gas-Cv hooguit $1/3^{\text{de}}$.

Een voordeel van de hybride WP is dat **als het erg koud is**, het elektriciteitsnet niet wordt overbelast door veel Lucht-Water WP's (systeem B) die door de steeds lagere luchttemperatuur ook een steeds lagere COP krijgen en daardoor meer netstroom vragen voor dezelfde warmtebehoefte. De hybride WP vraagt dan gas voor de HR-Cv-ketel. Bij woningen die binnen 10 jaar van het gas af moeten is dit geen goede oplossing.

Wanneer de woning alleen warm gekregen kan worden met een hoge-temperatuursysteem levert **de hybride WP geen beter rendement op dan een HR-Cv**. Ook moeten de woningen bij voorkeur een balansventilatiesysteem hebben met WTW met bij voorkeur een aanwezigheidssensor of CO₂-regeling. Bij oudere woningen is dat zelden het geval.

De algemene regel is dat **de woning eerst beter geïsoleerd moet zijn** en tenminste een energielabel B of A moet hebben. Energielabels lopen op tot A+++ en passief. Bij een energielabel A en hoger kan men ook een gewone All-electric WP nemen, eventueel met een aparte installatie voor warm tapwater (hybride combinatie). Men kan de 50°C test doen om te kijken of de woning wel voldoende geïsoleerd is, zie <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/aardgasvrij-wonen/50-gradientest/>

Opgelet. Veel gemeentes maakten volgens de Wet TransitieVisie Warmte⁸⁵ in 2021 een plan om in een periode van 10 jaar bepaalde wijken van een warmtenet te voorzien. Dit gaat meestal alleen over woonwijken met een grote woningdichtheid. De praktijk wijst in 2023 uit dat veel woningeigenaren of (sociale) huurders **dan veel hogere energiekosten krijgen**. Hierdoor haakten veel woonwijken af. De nieuwe warmtewet 2024 kan hier verandering in brengen. Bij wijken waar een warmtenet komt worden **individuele WP's niet meer gesubsidieerd**.

⁸⁴ Een ZB zal alleen het tapwater voorverwarmen. Bij een douche WTW zal deze het koude aanvoerwater naar de gas-Cv voorverwarmen. Beiden zijn dan een vermindering van het HR Cv-ketel gebruik. Gemiddeld over een jaar kan dat 40% zijn, maar in de winter is het ZB-rendement laag tot nul als er weinig tot geen zon is.

⁸⁵ Bijvoorbeeld <https://aardgasvrij.hilversum.nl/> en <http://www.energieregionhz.nl/> (beslissing 7 juli 2021)

Een hybride systeem met een klein bemeten WP, met een nog bestaande (iets oudere, maar nog niet aan vervanging toe) HR-Cv is een tijdelijke oplossing gedurende de komende jaren dat men de woning beter gaat isoleren. Als de woning beter geïsoleerd is kan de dan oude Cv verwijderd worden en kan de vroeger geïnstalleerde kleine WP de woning warm krijgen. Alle WP's kunnen in serie (achter elkaar, cascade opstelling)⁸⁶ of parallel (naast elkaar) geschakeld worden. Men kan dus een tweede kleine WP naast de bestaande WP geplaatst kan worden (parallel).

Twee WP's hebben de volgende voordelen:⁸⁷

- Als er een stuk gaat dan behoud je nog steeds een (kleine hoeveelheid) verwarming.
- Kleine WP's hebben vaak een hogere COP dan grote WP's.
- Bij plaatsing op een dak is de belasting beter gespreid.
- Men kan er een uitzetten voor de zomer.

Men mag altijd voor een tweede keer subsidie voor een nieuwe WP of ZB aanvragen. Vanaf 2025 is het ook mogelijk om ook voor tweede keer glassubsidie aan te vragen.



Figuren 35. Kleine (hybride) WP op een dakje. Wanneer de CV eruit gaat komt hier een tweede kleine WP ernaast. De leiding mag wel wat beter geïsoleerd zijn. Deze WP staat op nog geen meter van de burens vandaan. Het geluid wordt door de dakpannen gereflecteerd. Dit kan bezwaarlijk zijn als de burens op de etage slapen.

Een WP direct onder een slaapkamerraam kan een storende geluidsbron zijn. Vooral wanneer erachter of onder de WP harde oppervlaktes zijn zullen deze het geluid reflecteren en versterken.

10. Geluid van de warmtepomp en opstelling

Het geluid dat een buitenunit van de WP maakt mag 's nachts niet boven de 40 dB (A) uitkomen. Deze geluidsterkte wordt gemeten bij de erfgrens van het perceel van de woningeigenaar. Het gaat hier dus om de geluidsbelasting naar de burens toe.

De (A) is de correctie die te maken heeft met de gevoeligheid van het menselijk oor voor bepaalde frequenties. Mensen zijn het meest gevoelig voor geluiden tussen 1000 Hz (heel laag) en 5000 Hz (hoog), met een piekgevoeligheid rond 4000 Hz (middenfrequentie).

⁸⁶ De cascade opstelling wordt gebruikt om de temperatuursprong van elke WP klein te houden (dan werkt deze meer efficiënt), wanneer er een midden- of hoge-temperatuur verwarming nodig is.

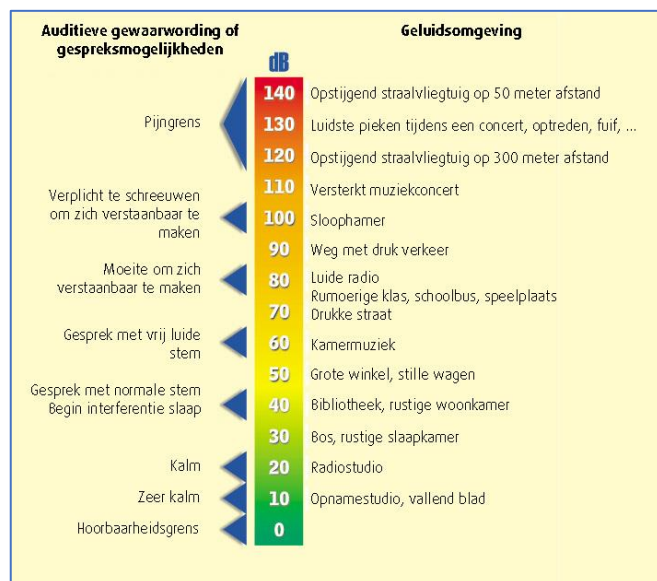
⁸⁷ De prijs van de WP's is vaak evenredig met het vermogen, dus in kostenverschil hoeft het niet veel uit te maken. Elke WP-installateur kan dit aansluiten.

Figuur 36 Geluidsschaal in dB (A).

Deze wordt tot aan de 100 dB gemeten op een afstand van 1 meter vanaf de geluidsbron.

Bij het meten van het geluid van de WP worden correctie factoren toegepast naar gelang de achtergrond of de ondergrond die het geluid kunnen versterken.

Wanneer het WP-geluid op eigen terrein te hoog is kan betere beglazing zonder ventilatie-openingen het naar binnen tredend geluid verminderen. Een hele kleine opening werkt als een luidspreker en doet de geluidsisolatie teniet.



Dubbel glas met 4 mm van beide ruiten geeft reductiewaarde (Rw) van ongeveer 29 dB. Bij ongelijke glasdikte (4 mm en 5 mm) wordt het 30 dB. Isolatieglas met een gelamineerde ruit (6-15-44/2) heeft een Rw van ongeveer 38 dB. Tripleglas met ongelijke glasdiktes en brede spouw (5-12-4-14-5) heeft een Rw tot 38 dB.

Figuur 37. WP aan de straatkant (Dewarmte). Door de plaatsing tegen de gevel zal het geluid naar de straat gaan. De erfgrans van de burens is pas aan de overkant van de straat minstens 8 m verder, waardoor de geluidsbelaasting daar veel minder zal zijn. Ontdooiwater zal in het grindbed wegzakken en ijs op de stoeptegels veroorzaken.



Figuur 38. WP tegen een heg met een geluidsscherm (Adler). De heg is de erfscheiding. Het geluidsscherm reflecteert het geluid de tuin in en verminderd geluidprojectie naar boven. De erfgrans van de burens aan de andere zijde van de tuin ligt minstens 6 m verder, waardoor daar de geluidsdruk minder zal zijn.



Figuur 39. WP op dakje met Sedum bedekking (Valliant). De harde muur achter de WP zal het geluid de tuin in sturen, maar de Sedum dakbedekking zal het geluid verminderen en de reflectie naar boven (slaapkamers) ook sterk verminderen.



Figuren 40. Van deze WP's is het niet duidelijk of het Airco's of woning WP's zijn. De locatie heeft niet de schoonheidsprijs. Bij beiden zouden de WP's op trillingdempers moeten staan want het betonnen dakje heeft een harde verbinding met de bouwmuur. Trillingen zullen dan door de hele woning hoorbaar zijn en ook bij de burens.



Figuur 41. Deze nieuw geplaatste WP (Valliant) staat naar de straat gericht. Echter dit is in een beschermd dorpsgezicht en zou vergunning plichtig kunnen zijn. Het ontdooi water loopt van het funderingsblok op de grond en kan een ijsplateau vormen.

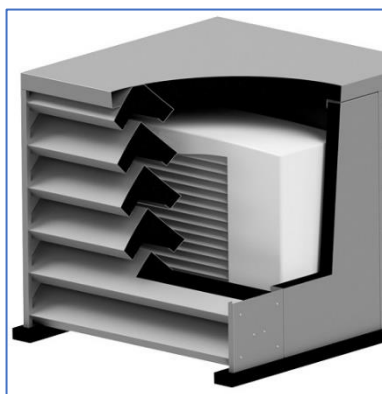


Figuur 42. Deze WP staat in een gedeeltelijk open houten constructie in de voortuin die als bloembak is afgewerkt. Afhankelijk van de constructie zal en geluiddemping optreden, maar kan ook de luchtverplaatsing belemmerd worden, waardoor de COP verlaagd.



Figuren 43. Een geluiddempende omkasting zal het geluid sterk dempen, maar kan meer dan euro 2000 kosten.

Rechts. Wanneer het alleen geluid op eigen terrein betreft kan de gevel ook voorzien worden van een geluid sterk dempende ventilatie box. Er zijn verschillende modellen op de markt.



Sinds 2024 is er steeds meer aandacht voor de juiste locatie van de WP en het geluid. Hoe groter de WP (grotere ventilator) hoe minder lawaai deze maakt. Via <https://www.geluidslabel.com/> kan men op eenvoudige wijze de geluidsbelasting van een WP berekenen, waarbij rekening wordt gehouden met de positie en de verschillende oppervlaktes.

De Bosch Compress 5800i AWWP split-unit is een van de stilste WP. Ook de Adler monoblock is erg stil in vergelijking met andere, maar dat is een relatief begrip. Een WP die langzaam modulerend draait is ook stiller dan een WP die op vol vermogen draait.

11. Subsidie op warmtepomp, warmtenet en zonneboiler.

De subsidieregeling voor de aanschaf van warmtepompen is te vinden op de volgende website:

<https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/isde/woningeigenaren/voorwaarden-woningeigenaren/warmtepomp> . **De lijst wordt periodiek bijgewerkt en verandert jaarlijks.**

Sommige gemeentes hebben aanvullende regelingen. Sommige gemeentelijke subsidies kunnen gestapeld worden met de RVO subsidie bij lage inkomens.

De woning kan op een lokaal warmtenet worden aangesloten, waarvoor een subsidie beschikbaar is van € 3.775 (in 2024), maar dan moet het systeem door de warmteleverancier worden aangelegd. Bij de aansluiting op warmtenetten worden de verwarmingskosten op afstand gemeten (sensors) en automatisch verrekend. De regeling is op de boven vermeldde website beschikbaar. In sommige situaties kan er per gemeente ook subsidie gegeven worden van € 400 voor het vervangen van een gasfornuis naar een elektrische kookplaat.

Voor zonneboilers blijft de subsidieregeling bestaan, echter zonneboilers op rieten daken zijn niet toegestaan. De vacuümtube zonneboilers zijn het meest efficiënt, vooral als ze in een helling op het zuiden zijn gemonteerd. Door de tussenruimte tussen de glazen buizen worden deze verwarmd door de zon van oost naar west. Onderstaande foto (rechts) is een extra grote vacuümtube zonneboiler die ook in de winter een hoge watertemperatuur kan leveren voor woningverwarming. Dit vereist echter een warmtewisselaar in het buffervat.

Wanneer de Cv of de warmtepomp(boiler) warmwater levert, wordt water uit het zonneboilervat aangevoerd. Wanneer dat water warm is (vanwege de zonneboiler) hoeft de warmtepomp(boiler) minder bij te verwarmen. In de zomer kan de energiebesparing meer dan 80% zijn.

Figuren 44. Een zonneboiler genereert over een jaar ongeveer 50% van de tapwater warmte, maar weinig in de winter.

Links de geïsoleerde tussen-opslagtank. De



ronde tank bovenin is de druktank. Daarnaast is de zwarte circulatiepomp. Tussen de opslagtank en de HR-Cv is de stroomschakelaar. Wanneer de temperatuur in de zonneboiler hoger is dan in de opslagtank werkt de pomp. Rechts. Extra grote vacuümtube ZB die ook voor ruimteverwarming dienstdoet.

12. Elektrische bijverwarming

- In de badkamer kan een elektrische (handdoeken) radiator geïnstalleerd (euro 1000) of er kan een Infraroodstraling paneel aan het plafond gemonteerd worden. Vloerverwarming in de badkamer is onverstandig (een dik kleedje is beter). Dit is iets minder comfort, maar de badkamer is geen ruimte waar je lang verblijft; vloerverwarming is daar niet energiezuinig.

- A. Alleen in ruimtes waar slechts kort wordt verbleven zijn Infrarood panelen voor directe straling en lichaamsverwarming of verwarmende airco's economisch interessant. De airco verwarmt dan tijdelijk de lucht, maar heeft niet voldoende de tijd om de gebouwmassa te verwarmen. Dit geldt ook voor een werkplek op zolder. De Cv-radiator of een hete lucht kachel (COP 1) moet eerst de hele kamer verwarmen. Een IR paneeltje onder het bureau geeft warmtecomfort en kan meteen worden uitgezet bij het verlaten van het vertrek.

Figuren 45.
Links. Een keyboard verwarming of Rechts. een elektrisch verwarmde mat onder een dun vloerkleedje zijn goede methoden voor plaatselijke verwarming.



- B. Bij een mechanische ventilatie zonder lucht-WTW zal de Cv constant de binnenkomende lucht verwarmen (erg onzuinig). Wanneer overgestapt moet worden naar een WP moet dus ook de ventilatie via een energiezuinig balansventilatiesysteem met WTW lopen. Dat kan een centraal systeem zijn, maar ook decentrale WTW.⁸⁸
- C. Bij een All-electric warmtepomp is een aparte tapwaterboiler met opslagvat nodig, want het verwarmen van dat tapwater gaat vrij langzaam. Voor het douchen is een 150-200 liter boiler en voor bad gebruik een 250-300 liter boiler nodig, afhankelijk van het gezin en gebruik. Een zuinige douchekop en een WTW op de doucheafvoer en zonneboiler vereist een kleinere boiler.

Figuren 46.
Afhankelijk van de capaciteit kan een warmtepomp of warmtepomp boiler veel ruimte innemen. Sommige systemen houden het opgeslagen water op ongeveer 50°C en verhogen dit tot 60°C met de tapwatervraag.



Rechts Kleinere hybride systeem

⁸⁸ Zie document "Ventileren van Oudere Woningen" op www.nienhuys.info voor verschillende systemen.

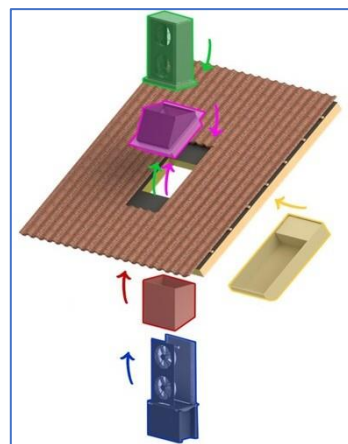
- D. Bij een eigen energieproductie met veel PV, is een All-electric systeem interessant, vooral wanneer men een opslagcapaciteit heeft voor elektriciteit. Het ligt in de verwachting dat de verschillende thuisbatterijen in de toekomst goedkoper worden. Bij een ZBr en een douche WTW kan het WP-boilervat kleiner worden. De PVT (thermisch) heeft beide voordelen.
- E. Bij een beperkte ruimte bij een rijtjeswoning bestaat de mogelijkheid de Lucht-Water warmtepomp op het dak te bouwen. Nieuwe modellen zijn in ontwikkeling. Woningen uit de periode jaren 1960 en 1970 hebben vaak zwakke kapconstructies waarbij dat niet kan. Het plaatsen van een warmtepomp op een dakkapel is niet aanbevolen want deze zijn daar meestal niet op ontworpen.

Figuren 47. Aanpassing voor dakhelling (paars).
Binnen omkasting (beige) met versterking dak (rode pijlen).

Buitenomkasting (groen).

Verschuifbaar gedeelte voor onderhoud (blauw).

Rechts. Speciaal voor platte daken de Blackbird. 2 m²



BLACKBIRD

De Weheat Blackbird is de ultieme oplossing voor wie zijn warmtepomp liever niet in het zicht heeft staan. Deze krachtige warmtepomp is met 11kW vermogen geschikt om efficiënt mee te verwarmen of te koelen. De Blackbird is speciaal ontworpen voor platte daken en heeft een oppervlak van 2m².

- Hybride & Full Electric leverbaar
- Energielabel (A+++)
- 4G-connectiviteit
- Bijna onzichtbare buitenunit
- Geluids-isolerende behuizing

Links: Nefit-Bosch warmtepomp Compress 5800i AWR kan als schoorsteen op een schuin dank van 37-55 graden geplaatst.



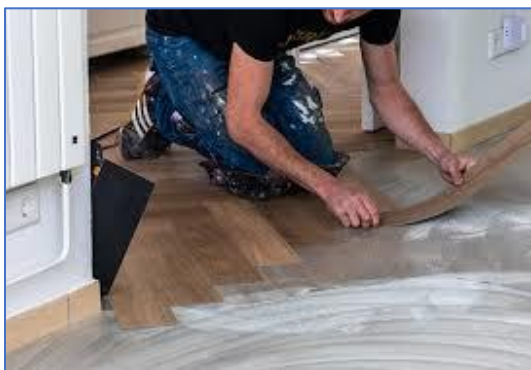
Figuren 48. WP units op een schuin dak en de aanvullende apparatuur op zolder.

Boven links: Decorio. Bij een buitenunit op het dak moet voor onderhoud een monteur komen en zijn extra veiligheidsregels van toepassing. Er is ook de EQ-Air (26 dB, dus heel stil) en de Econex schuin dak unit.

Boven rechts: Horizontale positie van een WP. Er komen regelmatig nieuwe modellen op de markt.

Op platte daken is het belangrijk dat ze goede trilling-absorbers hebben zodat trillingen niet naar het dak of dakkapel worden doorgegeven. Veel dakkapellen zijn constructief te zwak om daar WP op te zetten. Bij dak-WP's is het belangrijk dat ze van binnenuit onderhouden kunnen worden, want anders is er een hoogwerker nodig.

- F. LTV-vloerverwarming systemen zijn normaliter berekend op een gemiddelde bovenisolatie van $0,01 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ zoals cementvloeren, plavuizen en tegels. Linoleum met $0,02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en PVC met $0,03 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Direct op de gladde cementvloer gelijmd dun eikenhouten parket heeft een warmteweerstand van $0,05 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (contactgeluid?). Laminaat $0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Zwaar/dik tapijt $0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Bij combinaties moeten de waarden bij elkaar opgeteld worden. Wanneer er een LTV in de gang ligt, kan daar een (dik) tapijt gelegd worden zodat daar de warmteafgifte minder wordt.



Figuren 49. Nieuwe PVC-vloeren komen in veel verschillende 'houten' parket ontwerpen zoals visgraat en stroken en zijn nauwelijks van echt houten parket te onderscheiden. Direct op de cementvloer geplakt.

- G. Droge of natte systemen voor LTV-vloerverwarming⁸⁹. Droge systemen zijn sneller aangelegd dan natte systemen en gebruiksklaar. Water-gedragen (natte) systemen moeten eerst getest worden door ze onder druk te zetten voordat ze worden ingegoten. Ingefreesde systemen worden ook ingegoten⁹⁰. De verharding van cementgebonden (nat) vereist ongeveer een week per cm dikte (gemiddeld een maand), waarna de verwarming pas aangezet mag worden. Na 14 dagen verwarmen mag de vloerafwerking pas gelegd worden. Bij Anhydriet gebonden dekvloeren is de wachttijd minimaal een week. Bij vloerconstructies met gasbeton (op plasticfolie op de grond gestort) is de droogtijd minimaal 100 dagen, omdat het niet gebonden overtollige vocht er alleen aan de bovenkant uit kan. Uitzondering is wanneer al het water chemisch gebonden wordt.

⁸⁹ Zie ook het document vloerisolatie op www.nienhuys.info voor meer informatie over vloerverwarming.

⁹⁰ Zie eerdere opmerkingen over ingefreesde LTV-leidingen en de verwarming van de hele vloermassa.



Figuren 50. Links. Hybride WP en de HR-Cv met rechts (grijs) de omvormer voor de PV.
Midden. Voorbeeld van een Lucht-Water warmtepomp binnen opstelling met een buffervat.
Rechts. Ducobox Eco met buffervat om koude-pieken op te vangen.

Voor meer informatie: <https://ennatuurlijk.nl/warmtenetten-van-ennatuurlijk/warmtekaart> en <https://warmtepomp-weetjes.nl/> en <https://warmtepomp-tips.nl/> en <https://Liveheatpump.com/> en <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/wonen-zonder-aardgas/> Op <https://advies-op-maat.milieucentraal.nl/aom/Warmtepomp/> meer informatie aanwezig over warmtepompen, PV en balansventilatie met WTW voor de douche.

13. Offertes van aannemers of installatiebedrijven.

Op het internet is veel gesponsorde informatie aanwezig van bedrijven die hun eigen producten aanbevelen, waarbij hoofdzakelijk de voordelen worden verteld of uitvergroot. Aannemers en bedrijven hebben veelal overeenkomsten met bepaalde fabrikanten of leveranciers en zullen daarom die producten aanbevelen waar ze de meeste ervaring mee hebben. Dat betekent niet dat die producten inferieur zijn, maar wel dat die aannemer met dat product meer ervaring heeft.

Om offertes te vergelijken moeten deze wel dezelfde componenten hebben, inclusief dezelfde garantievoorwaarden en belasting specificaties.

- Bij de eerste offertes wordt vaak alleen de netto installatie berekend en niet de bijkomende kosten zoals verbouwing of installaties zoals radiatoren en ventilatie.
- Bij PVT-systemen moeten niet alleen de dakpanelen met montagesystemen en de omvormers en de WP berekend worden met de montagetijd van elk onderdeel, maar ook de afdekkingen voor de leidingen, transport, schakelmateriaal, dak/muur doorvoeren, extra bronleidingen, aanpassing meterkast, aarding, etc.
- Wat voor type kamerthermostaat is er aanwezig of nodig, zijn dat extra kosten?
- Is er een buitenvoeler inbegrepen of is dat niet nodig?
- Is het warmteafgifte systeem van voldoende capaciteit? Het installeren van extra convector radiatoren wanneer er geen LTV-vloerverwarming is, kan een flinke kostenpost betekenen.
- Is er een één-fase aansluiting of is er een drie-fase aansluiting nodig/aanwezig? Moet de meterkast omgebouwd worden.
- Wordt er een aparte berekening gegeven voor ruimteverwarming en tapwaterverwarming?
- Wordt er in de offerte aangegeven of er in (of buiten) de woning voldoende plaats is voor de apparatuur en installaties (technische ruimte)? Kan het apparaat in de kelder of op zolder? Is de trap berekend op het vervoeren van een grote boiler?
- Is er een systeem waarbij de opbrengst van het systeem door de leverancier bewaakt wordt. Dat wil zeggen is er een onderhoud en beheer of een signaleringssysteem voor wanneer het systeem niet voldoet aan de voorgestelde opbrengst?

- Wordt er voor de installatie van WP een goede capaciteitsberekening gemaakt op basis van een redelijk verwarmde woning. Wanneer de woning later wordt verkocht aan mensen die een grotere warmtebehoefte hebben kan het systeem dat dan leveren? Je kan ook stellen dat zoiets niet jouw probleem is.
- Bij WP en PVT moet de elektrische capaciteit voor de bijverwarming aangegeven.
- De offerte van PVT moet een legplan en de posities van de panelen op het gebouw aangeven met voldoende ruimte langs de kanten voor de leidingen.
- Alle systemen hebben onderhoud nodig (vaste en variabele kosten?), ook systemen met weinig onderhoud zoals WP en PVT.
- Zijn de installateurs verbonden aan een branchevereniging en klachtensysteem?
- Hoe zit de verzekering van het systeem of het installatiebedrijf in elkaar?
- Zijn er algemene voorwaarden vermeld en garantieperiodes. Zijn de garantieperiodes op de geleverde equipment en ook op de werkzaamheden?
- Vanwege de grote vraag naar de verschillende systemen kunnen de levertijden uitlopen. Wordt hier rekening mee gehouden en worden er beperkingen aan gesteld?
- Is er een opgave van de BTW en de subsidies? Gaat de installateur de subsidie terugvragen?

14. Extra kosten voor de woningeigenaar?

Om een precieze warmteberekening te maken blijft ingewikkeld, omdat het bewonersgedrag in belangrijke mate uitmaakt wat het energieverbruik is in een woning. Isolatie, ventilatie, installaties, het buitenklimaat en het aantal bewoners en dat bewonersgedrag zijn componenten van de berekening. Twee zuinige bewoners zouden een kleiner systeem kunnen aanschaffen dan een gezin met vier kinderen die allemaal veel (warm) douchen. Verwarmde slaapkamers zijn duur in energie en onverstandig voor de gezondheid.

Installatiebedrijven kunnen/moeten daar rekening mee houden en de mogelijkheid toelichten. Het prijsverschil tussen een 6 kW en een 7kW WP is niet zo groot. Bij veel WP's wordt het maximale vermogen aangegeven en de maximale warmteafgifte. Dat zijn twee verschillende getallen. Het gaat om de warmteafgifte met of zonder tapwaterverwarming.

Vanwege de noodzaak voor het meten en doorrekenen van de woning installatiebedrijven meestal een bedrag van ongeveer euro 500 voor de berekening. Dit bedrag kan dan in mindering gebracht worden als de WP door het bedrijf wordt geïnstalleerd. Het is ook mogelijk om een onafhankelijke berekening te laten maken en zelf met de gegevens een installatiebedrijf te contracteren.

Goede informatie van de overheid en onafhankelijke organisaties kunnen de woningeigenaar begeleiden in deze keuzes. Door het vragen van offertes van aannemers of installateurs zal de woningeigenaar meer informatie krijgen, maar gedetailleerde offertes van complexe producten zoals een WP of een balansventilatie met WTW, vereisen vaak een betaling. Deze betaling kan bij de uitvoering als korting worden berekend.

15. Warmteopslag en batterijopslag

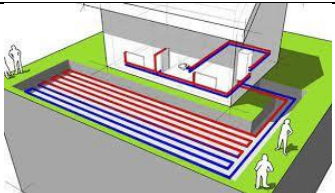
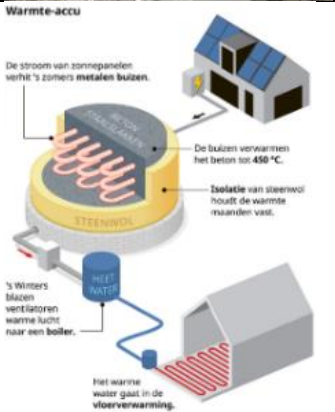
Alle WP's zullen bij een lage buitentemperatuur meer elektriciteit vragen. Op wijkniveau zijn dat flinke belastingen voor het elektriciteitsnetwerk. In de vroege avonduren wanneer het kouder wordt

en men gaat koken en de verlichting aan gaat doen, ontstaat er dan een piekbelasting, vooral wanneer er ook elektrische auto's worden aangesloten voor het opladen.⁹¹

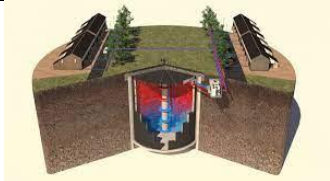
Met een wijkgebonden batterijopslag kan overdag via vele PV-panelen op de daken stroom worden opgeslagen en in het begin van de avond worden terug geleverd. Dit moet op wijkniveau met de energieleverancier worden ontwikkeld en is specialistisch werk dat grote investeringen vergt.

Woningeigenaren met veel zonnestroom-productie kunnen ook zelf batterijsystemen aanleggen. Met het aflopen van het salderingssysteem na 2026 en de invoering van capaciteitstarieven kunnen de pieken en dalen in de woonwijk worden opgevangen en energie verkocht aan de netbeheerder als de terug-lever-tarieven hoog zijn. www.Zonneplan.nl met de Nexus thuisbatterij heeft een economisch interessant model waarbij men verplicht moet overstappen op Zonneplan. Andere batterij-systemen kunnen via Frank-energie www.frankenergie.nl bij hun bestaande elektriciteitsleverancier blijven. De meeste thuisbatterijen en PV leveren geen stroom als het net uitvalt.

Via wijkgebonden grootschalige WP-systemen kan langdurige (tussen zomer en winter) warmteopslag gerealiseerd worden, waardoor een gedeelte van de warmtevraag voor de winter gerealiseerd kan worden. Dit zijn echter grootschalige en kostbare installaties. Er zijn verschillende opties mogelijk voor de woningbouw, maar vereisen allemaal veel ruimte per woning of op wijkniveau voor groepen woningen.

#	Systeem	Schaal	Observaties	Afbeelding
1	Gesloten opslagsysteem (bodemplus of korf spiralen)	Per woning, voldoende ruimte; geen bomen (wortels).	Dicht bij elkaar liggende lussen zullen elkaar beïnvloeden. Bodemplussen moeten in de zomer met LT- warmte op temperatuur gebracht. Interessant voor vrijstaande villa's met (gras)velden die > 2 x woonoppervlak zijn. Kan ook voor clusters van woningen.	
2	Gesloten opslagsysteem (Waterzak of Hydrobag)	Per woning met een erg grote kruipruimte of kelder.	De Hydrobag is gevuld met water. In combinatie met een WP en/of ZB. Voldoende ZB-capaciteit nodig. In de winter kan gebruik worden gemaakt van een back-up, zoals een warmtepomp of Cv-ketel. Bij bestaande bouw moet er veel kelderruimte beschikbaar zijn, en de grote zak ingebracht kunnen worden. Soms rendabel bij individuele woningen en eenvoudige installatie.	
3	Open opslagsysteem Warmte Koude Opslag (WKO)	Individueel als collectief vanaf 100 woningen	Goed toepasbaar op basis van WKO. De WKO wordt in de zomer op temperatuur gebracht met veel laagtemperatuur-warmtebronnen zoals veel ZB's en veel PV/elektra.	
4	Open opslagsysteem WKO Basalt of hoogoven-ijzer slakken en grind	Tientallen woningen. Kan ook boven de grond in gebouw.	Overtollige of laag tarief elektriciteit in de zomer van zon en wind wordt omgezet in hoog temperatuur warmte. Deze wordt opgeslagen in basaltgruis/blokken of in een mengsel van beton en gemalen (hoogoven) ijzerslakken. Door de hele opslag lopen de afgifte leidingen.	

⁹¹ Het ligt in de planning dat elektrische auto's alleen opgeladen mogen worden bij lage elektriciteitstarieven.

5	Open opslagsysteem WKO met PCM Phase Changing Materials (zout)	Een of meer woningen. Neemt veel plaats in.	PCM's zijn materialen waarvan de faseverandering van vast naar vloeibaar wordt gebruikt om warmte op bepaalde temperatuur op te slaan. Met PCM's kan meer warmte per m³ worden opgeslagen dan het basalt systeem. Het spaart dus ruimte in vergelijking met water #2 of #4. De PCM's zijn in ontwikkeling en worden mogelijk rendabel.	
6	Ecovat	Collectief vanaf ca. 500 woningen	Kansrijk met PV-collectoren en luchtwarmtepomp. Dit type opslag dient in de zomer op midden/hoge temperatuur gebracht te worden. Hoe groter het volumen, hoe meer woningen erop aangesloten kunnen worden.	
7	Hot Cold Storage	Collectief	Dure toepassing; mogelijk afhankelijk van budget. Kan op verschillende schalen worden uitgevoerd. Kan bijvoorbeeld waarbij er bovenop sportvelden worden aangelegd. Proefproject in Nagele is niet rendabel.	
