

Levensduur van warmtepompen in de wijk Ouverture

Auteurs: Gert Jacobusse en Mischa Beckers (lectoraat Data Science van de HZ University of Applied Sciences)

Met dank aan: Jan Dees (DNWG Warmte BV), Rob Schoenmaker en Jeroen van Beers (lectoraat Asset Management van de HZ University of Applied Sciences)

Achtergrond

Verwarmen met een warmtepomp is minder milieubelastend dan met een cv-ketel op gas. Daarom is er toenemende interesse voor het toepassen van warmtepompen. De aanschafprijs van een warmtepomp is hoog, vergeleken met een cv-ketel. Maar de kosten voor verbruik zijn lager, waardoor het prijsverschil tijdens de levensduur terugverdiend kan worden. De lengte van de levensduur is dus een belangrijke overweging bij het investeren in een warmtepomp. Omdat warmtepompen een relatief nieuw verschijnsel zijn, is er nog niet veel informatie over de levensduur beschikbaar.

De wijk Ouverture in Goes wordt verwarmd met een collectief warmte- en koudeopslagsysteem (WKO) waarvoor al in 2001 de eerste warmtepompen geplaatst zijn. Het betreft warmtepompen voor een school, twee appartementencomplexen en 243 woningen. Na een periode van 15 jaar hebben bewoners gekozen om door te gaan met een collectief systeem. De exploitatie is per januari 2018 overgegaan van Eteck, naar DNWG Warmte BV. Inzicht in de levensduur van warmtepompen is voor DNWG belangrijk, om een goede strategie voor onderhoud en vervanging te kunnen bepalen. De HZ University of Applied Sciences (HZ) onderzoekt de levensduur van warmtepompen in de wijk Ouverture, in het kader van het Fieldlab Campione. Dit fieldlab is een OPZuid project, bedoeld om condition based maintenance mogelijk te maken.

Methode

Het onderzoek naar levensduur is gebaseerd op gegevens over plaatsing en vervanging van warmtepompen tussen 2001 en 2018. De data-analyse richt zich op de 243 warmtepompen in woningen, omdat deze qua capaciteit en pomptype vergelijkbaar zijn. Recente vervangingen zijn vastgelegd door DNWG, daarbij is de exacte datum bekend. Vervangingen die eerder hebben plaatsgevonden, zijn herleid uit de administratie. Het jaar van plaatsing van de warmtepompen is vastgelegd in verschillende bronnen. Het jaar waarin een pomp vervangen is, kan herkend worden door die bronnen onderling te vergelijken. Wanneer het bouwjaar en/ of het type pomp veranderd is bij een volgende momentopname, blijkt daaruit dat de pomp vervangen is. Het bouwjaar in de nieuwere bron is dan het jaar van vervanging.



Figuur 1. Plaatsing en vervanging van 243 warmtepompen in de wijk Ouverture.

Figuur 1 toont plaatsing en vervanging van de 243 warmtepompen. De linkerkant van elke lijn markeert het jaar waarin de warmtepomp oorspronkelijk in de woning geplaatst werd: bovenaan de nieuwste (2006) en onderaan de oudste (2001). De meeste warmtepompen zijn geplaatst in 2003. Sommige warmtepompen zijn inmiddels vervangen: in dat geval is de lijn van de oorspronkelijke warmtepomp rood. Alle blauwe lijnen zijn warmtepompen die op het moment van de dataverzameling (eind 2018) nog actief zijn. In het jaar waarin de vervanging plaatsvond, verandert de lijn van rood in blauw. Een relatief groot aantal warmtepompen is vervangen in 2018, in dat geval is de hele lijn rood gekleurd.

De levensduur van een warmtepomp wordt vaak uitgedrukt als een gemiddelde. Diverse bronnen, waaronder de fabrikant, noemen een gemiddelde levensduur van 15 tot 20 jaar. Maar het gemiddelde kan pas berekend worden nadat alle warmtepompen vervangen zijn. Bovendien laat het gemiddelde een aantal belangrijke vragen onbeantwoord. Na hoe lang moeten de eerste warmtepompen vervangen worden? hoe lang gaan ze in het beste geval mee? En hoe ontwikkelt het aantal vervangingen zich in de tijd daartussen?

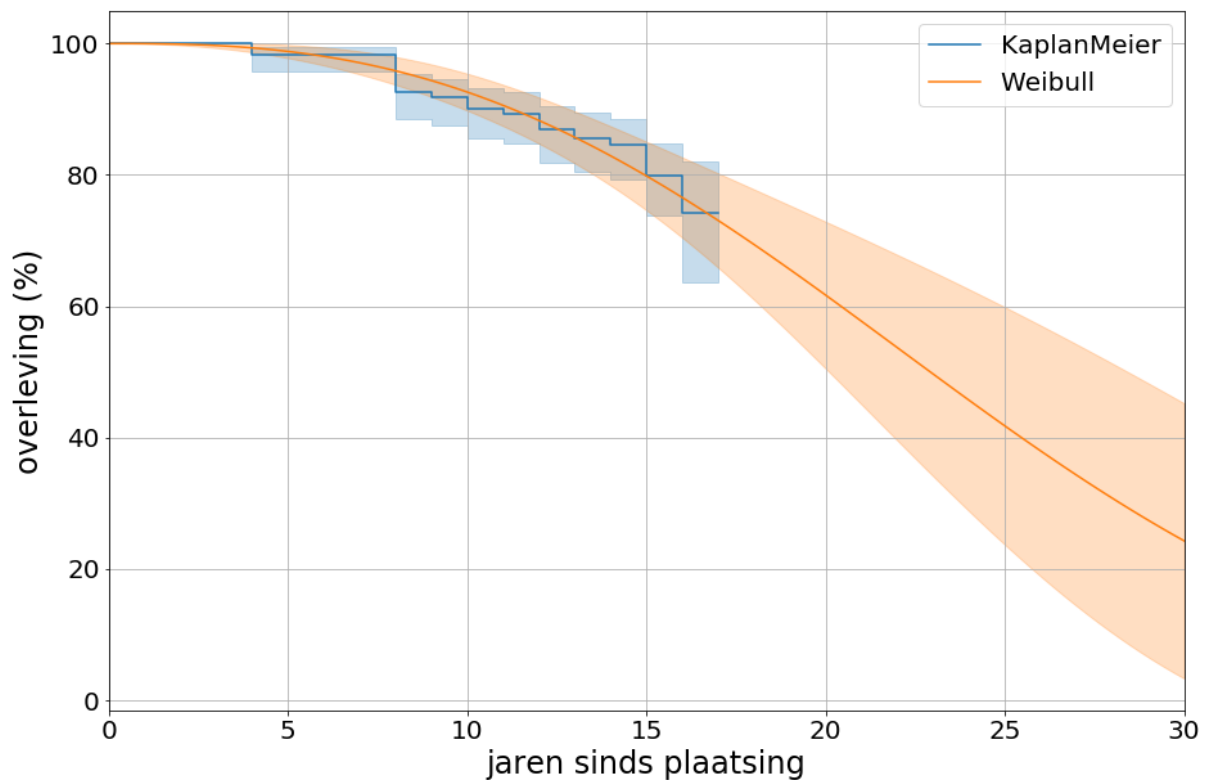
Survival analyse is een methode die in de medische wereld gangbaar is om de levensduur van groepen patiënten te analyseren. In een survival curve is het percentage overleving per leeftijd (of tijd na een ingreep) af te lezen. Deze methode is ook toepasbaar op de levensduur van warmtepompen. De survival curve is dan gebaseerd op de ontwikkeling van het aantal vervangingen in de tijd. De leeftijd van een warmtepomp is het aantal jaren dat verstreken is sinds het plaatsen. Bij elke leeftijd kan in de survival curve het percentage 'overleving' afgelezen worden. Dit percentage komt overeen met de kans dat een warmtepomp zoveel jaar na plaatsing nog niet vervangen is.

De levensduur is in Figuur 1 zichtbaar als de lengte van de rode lijnen. Alleen de levensduur van pompen die inmiddels vervangen zijn, is bekend. Alle blauwe lijnen (pompen die nog niet vervangen zijn) hebben een onbekende levensduur, die minimaal zo groot is als de lengte van de blauwe lijn. Het is lastig om een percentage overleving te schatten voor een leeftijd die sommige pompen nog niet bereikt hebben, want het is onbekend of ze voor die leeftijd vervangen zullen worden. Bijvoorbeeld: om de overleving na 17 jaar te berekenen, zijn slechts 3 pompen (geplaatst in 2001) beschikbaar, en die zijn alle drie nog niet vervangen. Toch is bekend dat de overleving na 17 jaar niet 100% is, want veel van de later geplaatste pompen zijn al voor die leeftijd vervangen. Maar hoe moeten pompen die nog niet vervangen zijn en nog niet 17 jaar oud zijn, meegenomen worden in de berekening? Door toepassen van de methode van Kaplan en Meier (1958), kan een survival curve geschat worden waarin alle gegevens (inclusief pompen die na 2001 geplaatst zijn) op de juiste manier meewegen bij het schatten van de survival curve tot 17 jaar.

De leeftijd in deze dataset is maximaal 17 jaar, omdat de eerste pompen in 2001 geplaatst zijn. Dus het is niet bekend hoe de levensduur na die leeftijd verloopt. De Weibull-verdeling (1951) kan het verloop van de levensduur beschrijven, voor zover dat tot nu toe bekend is. Voor die verdeling worden slechts twee parameters uit de data geschat. Ten eerste een parameter voor de vorm (shape), dat beschrijft hoe de kans op vervanging toeneemt met het verstrijken van de tijd. Ten tweede een parameter voor de schaal (scale), dat aangeeft hoe snel dit proces gaat. Onder de aanname dat het verloop tot nu toe ook in de toekomst doorgaat, levert de Weibull-verdeling schattingen voor het percentage overleving bij een leeftijd die hoger is dan de oudste warmtepompen in deze dataset.

Resultaten

De levensduur komt tot uiting in een survival curve. Die curve geeft voor elke leeftijd het percentage warmtepompen dat 'overleefd heeft' en dus nog niet vervangen is. Figuur 2 toont in blauw de geschatte curve volgens de Kaplan-Meier methode. De curve begint bij een leeftijd van 0 jaar en overleving van 100%. Tot een leeftijd van 4 jaar blijft die overleving 100%, omdat de eerste warmtepompen na 4 jaar vervangen werden (geplaatst in 2003, vervangen in 2007). Merk op dat de blauwe curve stopt na 17 jaar: er zijn geen warmtepompen met een hogere leeftijd. De lichtblauwe banden geven de onzekerheid over de curve weer. Die onzekerheid wordt groter met het toenemen van de leeftijd, omdat er in de dataset minder warmtepompen met een hogere leeftijd zijn, waardoor er minder informatie is om het percentage betrouwbaar te schatten.



Figuur 2. Survival curve voor levensduur van warmtepompen in woningen van de wijk Ouverture

De oranje curve in Figuur 2 toont de geschatte survival curve volgens de Weibull-verdeling. Deze curve verloopt vloeiend, omdat alleen de vorm en snelheid op de data gebaseerd zijn. De schattingen komen goed overeen met de Kaplan-Meier curve. Dat is enerzijds logisch, omdat beide schattingen op dezelfde gegevens gebaseerd zijn. Anderzijds toont het ook aan dat de Weibull-verdeling geschikt is voor deze data: het is mogelijk om het verloop nauwkeurig te beschrijven door het schatten van slechts twee parameters.

Uit de Weibull curve zijn schattingen voor overleving in de toekomst af te lezen, hoewel de onzekerheid toeneemt met de leeftijd. Volgens die curve zal na 20 jaar ruim 60% van de pompen nog functioneren, na 25 jaar ruim 40% en na 30 jaar bijna 25%. De curve vlakt dus af. Dat lijkt tegenstrijdig, omdat oudere pompen een steeds hogere kans moeten hebben om te falen. Toch vlakt de curve inderdaad af: de faalkans neemt wel toe, maar het aantal pompen dat nog over is neemt af, waardoor er per jaar minder vervangen worden. Het toenemen van de faalkans is niet af te lezen uit Figuur 2, maar is wel te schatten volgens de Weibull-verdeling. De kans dat een warmtepomp gedurende één jaar vervangen moet worden loopt op van 2% na 10 jaar, tot 6% na 20 jaar, tot ruim 12% na 30 jaar.

Discussie

Een belangrijke aanname bij dit onderzoek is, dat alle vervangingen goed vastgelegd en herkend zijn. Sommige administraties uit het verleden zijn onvolledig, het is daardoor mogelijk dat de vervanging van warmtepompen niet altijd herkend is. Wanneer het bouwjaar of pomptype aangepast is als gevolg van administratieve fouten, is het ook mogelijk dat onterecht een vervanging verondersteld

is. Op basis van de beschikbare data lijkt het huidige resultaat de best mogelijke schatting van de levensduur.

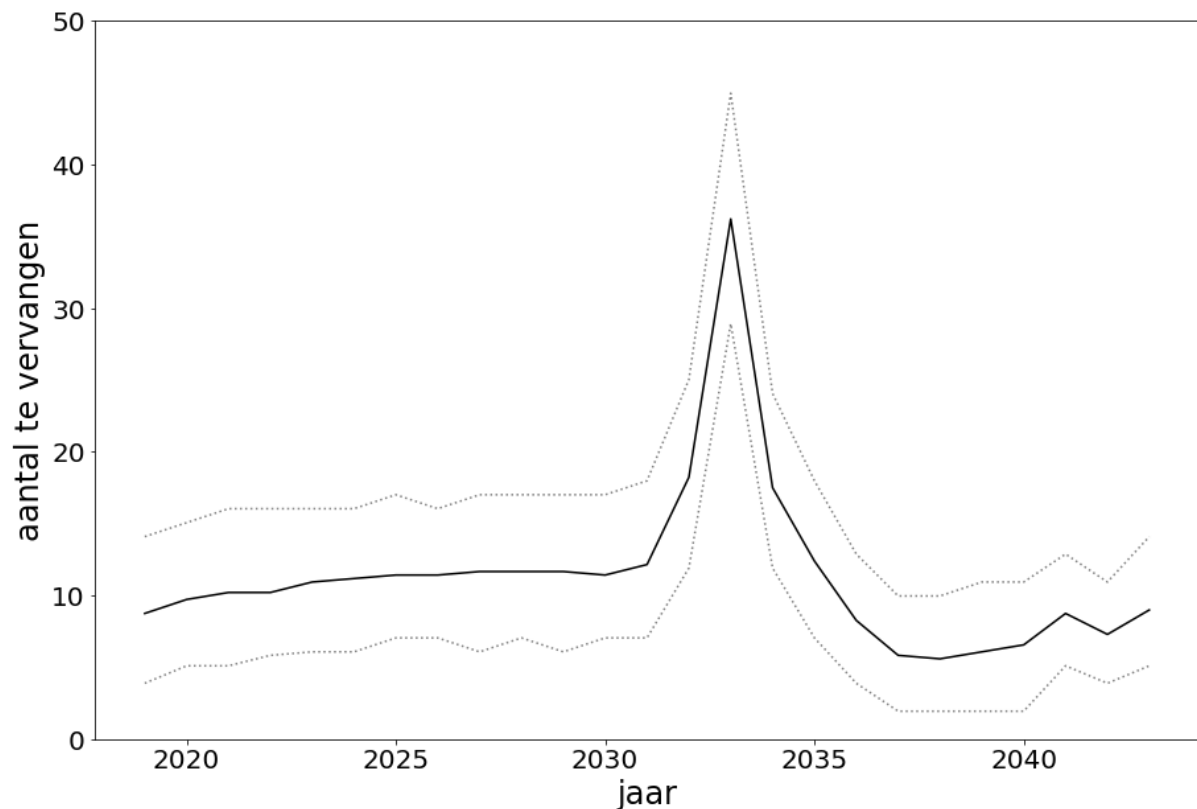
Het is opvallend dat in 2018 relatief veel (16) warmtepompen vervangen zijn. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de overname door DNWG, waarna een aantal probleemgevallen vervangen zijn. De overleving is dus niet alleen afhankelijk van de conditie van de warmtepomp, maar hangt mede af van de beslissing om de warmtepomp al dan niet te vervangen. De woningen in de wijk Ouverture kunnen bij problemen met de warmtepomp zelfs tijdelijk overschakelen op elektrisch verwarmen.

Hoewel warmtepompen bij de school en de appartementencomplexen (waar veel grotere pompen nodig zijn) buiten beschouwing gelaten zijn vanwege vergelijkbaarheid, bestaan ook binnen de 243 woningen verschillende pomptypen. Het pomptype is afhankelijk van eigenschappen van de woningen, bijvoorbeeld het woonoppervlak. Er zijn qua levensduur geen statistisch significante verschillen tussen pomptypen gevonden. Dat is geen bewijs dat er geen verschillen zijn, maar het is wel de reden geweest om één survival curve te schatten voor alle pomptypen samen.

Behalve de levensduur van warmtepompen, zijn ook het verloop van de prestaties (hoe efficiënt werkt de warmtepomp) en de hoeveelheid storingen relevant om het optimale moment voor vervanging te bepalen. Want grotere efficiëntie of bedrijfszekerheid van een nieuwe pomp kan opwegen tegen de kosten voor vervanging. Prestaties waren lastig te analyseren omdat het verbruik van elektriciteit alleen in combinatie met elektrisch geleverde warmte (voor douchen) gemeten wordt. De relatie tussen leeftijd en storingen is moeilijk te schatten, omdat het vastleggen van storingen in de loop der jaren niet op een uniforme manier gebeurd is.

De informatie over levensduur die dit onderzoek oplevert, is bruikbaar om een goede strategie voor vervanging van warmtepompen te bepalen. Eén belangrijke keuze is de levensduur waarbij een nog functionerende warmtepomp afgedankt wordt. Dit hangt af van prestaties, maar ook van het aantal pompen dat nog in bedrijf is. Wanneer dat aantal onder een bepaald minimum zakt, gaat het mogelijk teveel moeite kosten om een verouderd pomptype nog te onderhouden. De survival curve maakt het mogelijk om vooraf in te schatten op welk moment een bepaald aantal pompen van een specifiek bouwjaar nog in bedrijf is.

De levensduur curve helpt ook om te voorzien welke toekomstige investeringen nodig zijn voor vervanging van warmtepompen. Met de huidige samenstelling van leeftijden, kan gesimuleerd worden wat het aantal pompen is dat per jaar vervangen moet worden, volgens de survival curve. Figuur 3 toont het aantal te vervangen pompen per jaar. Hierbij is 30 jaar aangehouden als leeftijd om functionerende warmtepompen alsnog te vervangen, vandaar dat in 2033 (30 jaar nadat de meeste pompen geplaatst zijn) een piek te zien is.



Figuur 3. Aantal te vervangen pompen in de wijk Ouverture, op basis van simulatie

Dit onderzoek is bij de HZ University of Applied Sciences uitgevoerd in samenwerking tussen het lectoraat Data Science en het lectoraat Asset Management. Deze samenwerking bleek zeer effectief te zijn, omdat er parallel aan het prepareren van de gegevens en het uitwerken van de methodologie (data science) ook meteen interpretatie mogelijk was, en vervolgvragen gesteld konden worden (asset management). Tijdens het onderzoek zijn regelmatig tussenresultaten besproken met DNWG, die als opdrachtgever de vraagstelling mede formuleerde en proactief de benodigde gegevens gedeeld heeft.

E. L. Kaplan & Paul Meier (1958). Nonparametric Estimation from Incomplete Observations, Journal of the American Statistical Association, 53:282, 457-481.

Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability, Journal of Applied Mechanics, Transactions ASME, 18 (3): 293-297.

=====

Hieronder tekst voor een kader over het lectoraat data science

=====

Lectoraat Data Science



In maart 2017 is Mischa Beckers aangesteld als lector Data Science aan de HZ University of Applied Sciences. Dit lectoraat is direct gelieerd aan de opleiding HBO-ICT, maar werkt veel samen met andere lectoraten en opleidingen binnen de hogeschool. Sinds vorig kunnen de studenten van de opleiding HBO-ICT ervoor kiezen een data science track te volgen. Het blijkt nu al dat voor deze studenten erg veel belangstelling is bij het bedrijfsleven. “Niet voor niets sexiest job of the 21st Century”, stelt lector Mischa Beckers. De HBO-ICT opleiding is bij uitstek geschikt als uitvalsbasis voor data scientists. “Er is vooral vraag naar toepasbare kennis, en daarvoor is het goed als je kunt programmeren”. Ook op het gebied van technische installatie en onderhoud is er vraag naar toepassingen van data science. In bijna alle apparaten zitten sensoren, waardoor de hoeveelheid gegevens blijft toenemen. Maar, het is nog lang niet vanzelfsprekend om die informatie op de juiste manier te benutten. Daar is behalve expertise ook samenwerking voor nodig. “Je moet begrijpen waar het bij de opdrachtgever om draait, zodat je de juiste vragen stelt”. Data scientists werken doorgaans steeds aan een onderwerp dat inhoudelijk nieuw voor hen is, terwijl inhoudelijk deskundigen vaak niet goed weten wat de mogelijkheden van data science zijn. Voor een goed resultaat is het daarom nodig om in kleine stappen te werken. “Door regelmatig een tussenresultaat

op te leveren, kun je telkens bijsturen op basis van de nieuwste bevindingen”. Daar is dit onderzoek een mooi voorbeeld van. Sommige van de oorspronkelijke ideeën bleken nog niet mogelijk te zijn, zoals het voorspellen van de faalkans van individuele warmtepompen. Maar, ook een schijnbaar simpele eerste stap als het onderzoeken van de levensduur, blijkt waardevol te zijn. “Bovendien kunnen wij nu aangeven hoe de dataverzameling verbeterd kan worden, om straks ook de volgende stap te zetten”. Het lectoraat heeft een aantal speerpunten voor het doen van onderzoek. De belangrijkste zijn data driven asset management en smart mobility. Het onderzoek vindt plaats in samenwerking met een brede range aan partners waaronder Rijkswaterstaat, de Provincie Zeeland, Waterschap Scheldestromen en een reeks bedrijven, zowel grote spelers als innovatieve nieuwkomers, uit onder meer de industrie en logistiek.

=====

Hieronder tekst voor een optioneel kader over fieldlab CAMPIONE: dit kan desgewenst de laatste zin van de tweede alinea vervangen.

=====

Fieldlab CAMPIONE

Fieldlab CAMPIONE is een door met name OPZuid gefinancierd project dat onder het landelijke programma van Smart Industry valt. Het doel van het project is onderhoud 100% voorspelbaar maken met slimme technieken op het gebied van condition monitoring en big data. Alle projectpartners kunnen gebruik maken van een centraal fieldlab met een testinstallatie voor nieuwe technologieën op het gebied van voorspelbaar onderhoud. Daarnaast is er een aantal Living Labs operationeel. Die zijn onderdeel van bedrijven waar, in diverse deelprojecten ook soortgelijke testen gedaan worden. In totaal nemen er ruim 30 partners deel aan het project Fieldlab CAMPIONE.