

## Aanvriezen van de verdamper

Auteur: Maarten van den Berg

Datum: 25-3-2020

HPLaunch werkpakket 4

Tijdens het HP\_launch project is langzaam duidelijk geworden dat het aanvriezen of berijpen van de verdamper bij temperaturen rondom het vriespunt een grote invloed heeft op de jaarprestaties. Dit kwam naar voren bij het uitvoeren van simulaties en tijdens het gesprekken met deskundigen.

Aanvriezen van de verdamper treedt op als de oppervlaktetemperatuur van de verdamper lager is dan 0°C en de lucht die door de verdamper wordt getrokken het dauwpunt bereikt. Waterdamp uit de lucht wordt dan afgezet als rijp op de verdamper. Dit treedt vooral op bij temperaturen juist boven het vriespunt. Als de temperatuur verder daalt, dan kan de lucht maar zeer weinig waterdamp opnemen en zijn er nauwelijks nog problemen. Door het berijpen daalt de hoeveelheid lucht door de warmtepomp en gaat deze steeds slechter werken. Door het aanvriezen daalt de temperatuur van de warmtewisselaar ten opzichte van de omgeving en wordt verdere rijpvorming versneld. De prestaties van de warmtepomp verslechteren daarom snel bij het berijpen. Om dit te voorkomen wordt de warmtepomp ontdooid als de rijpvorming te sterk is geworden.

In Nederland komen temperaturen van juist boven de 0°C relatief veel voor en is er gewoonlijk sprake van een hoge luchtvochtigheid. Dit betekent dat een warmtepomp in Nederland een groot deel van de tijd dat deze draait, draait onder omstandigheden waarbij er rijpvorming optreedt. De invloed van rijpvorming op de prestaties van de warmtepomp is daarom groot.

In de verdamper van een luchtwarmtepomp, wordt warmte onttrokken aan de omgevingslucht. Om dit te voor elkaar te krijgen, moet de verdamper kouder zijn dan de buitenlucht. Dit zorgt ervoor dat het koudemiddel in de verdamper, zoals de naam al aangeeft, verdampt wordt. Hoeveel de verdamper lager is dan de omgeving, hangt af van de constructie van de warmtepomp en op welk vermogen deze draait. In het geval van de HPLaunch warmtepomp zal de verdamper in de meeste gevallen ongeveer 5 graden kouder zijn dan de buitentemperatuur. Dit betekent dat het vocht in de lucht gewoonlijk zal aanvriezen op de verdamper, als de buitenlucht 5 graden of lager is en de luchtvochtigheid hoog. De HPLaunch warmtepomp heeft een ontdooistand om het volledig dichtvriezen te voorkomen. Hierin wordt de functie van de warmtepomp als het ware omgekeerd. De verdamper wordt verwarmd zodat het ijs smelt en er vanaf valt. Hoe vaak dit gebeurt per jaar hangt af van verschillende factoren. Denk aan het type verdamper, het vermogen van de warmte pomp, de buitentemperatuur en de luchtvochtigheid.

Om de impact in Nederland te schatten is er een onderzoek gedaan naar hoe vaak er ontdooid zou moeten worden

## Type ontdooi strategieën

Er zijn naar 3 verschillende typen modellen gekeken die het aanvriezen van de verdamper voorspellen. Van een relatief simpele, die vaak toegepast wordt in warmtepompen, naar een meer geavanceerde strategie die meerdere aspecten van de warmtepomp en omgeving meeneemt.

### Tijd-Temperatuur model

Het eerste model waar naar gekeken is, is de tijd-temperatuur model. Deze techniek voor het bepalen van moment van ontdooien, wordt vaak toegepast bij warmtepompen. Hierbij wordt er gekeken naar de verdampertemperatuur en hoe lang deze onder een bepaalde temperatuur blijft. De verdampertemperatuur kan direct worden gemeten of, zoals in ons geval, kan er een schatting worden gemaakt met behulp van een simulatie. Uit de simulatie (zie Appendix A) is naar voren gekomen dat de verdampertemperatuur te berekenen is met de volgende formule:

$$T_{\text{verdampertemperatuur}} = T_{\text{buiten}} * 1.16 - 6.4$$

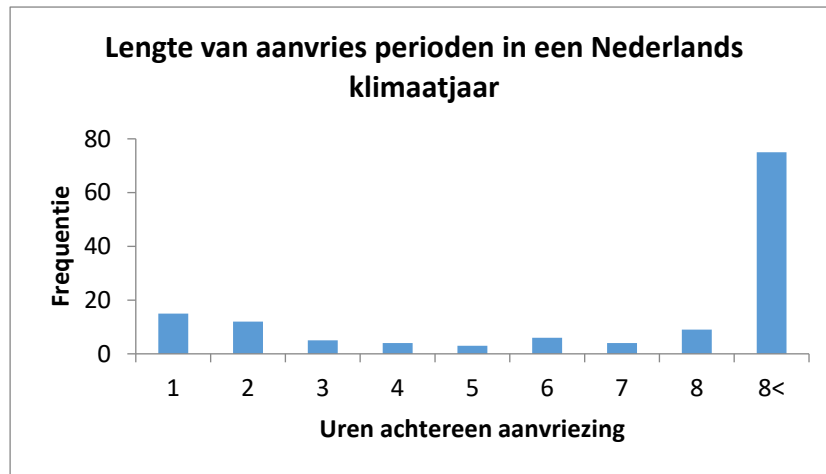
Vervolgens is er naar de data van de NEN5060 gekeken. Deze standaard beschrijft een typisch Nederlands klimaat jaar. De buitentemperatuur is gepakt van deze data en toegepast op bovenstaande formule om te kijken wat de temperatuur van de verdamper is gedurende het hele jaar.

Het tijd-temperatuur model houdt in dat, als de verdampertemperatuur onder de 0°C komt, er een timer gestart wordt. Is de verdamper na een bepaald aantal minuten nog steeds onder de 0°C dan moet er ontdooid worden. In de meeste gevallen is deze tijd in te stellen in 3 standen: 30-, 60-, of 90 minuten. De uitkomsten zijn hieronder te zien in te tabel.

	Ontdooien na 30 minuten	Ontdooien na 60 minuten	Ontdooien na 90 minuten
Aantal keer ontdooien per jaar	3824	1912	1226

Zoals te zien is, moet er een flink aantal keer worden ontdooid. En wat nog opvallender is, is dat de instelling na hoeveel minuten er ontdooid moet worden ook van groot belang is. Zo moet er ruwweg 3 keer zo vaak ontdooid worden als de timer op 30 minuten is ingesteld. Het kan zijn dat de timer aangeeft dat er ontdooid moet worden, maar dat in werkelijkheid dit helemaal niet nodig is. Dit zou verspilling van energie zijn. Daarom is het van belang een goed inschatting te kunnen maken van wanneer er ontdooid moet worden.

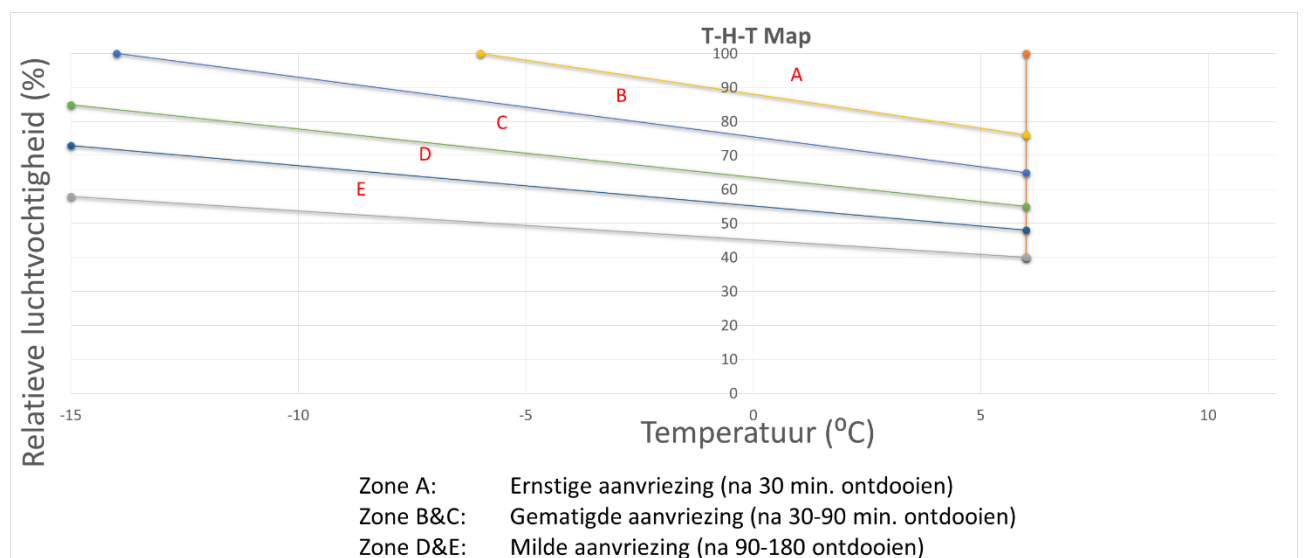
Omdat er een lineaire relatie lijkt te zijn tussen het aantal keer ontdooien en de ontdooi timerwaarden, is mogelijk te veronderstellen dat de perioden van aanvriezen vaak lang achter elkaar zijn. Dit is ook terug te zien wanneer er een histogram van de aanvriesperiode gemaakt wordt. Als het vriest in Nederland, gebeurt dit vaak 8 uur of meer achter elkaar.



### Tijd-Luchtvochtigheid-Temperatuur model

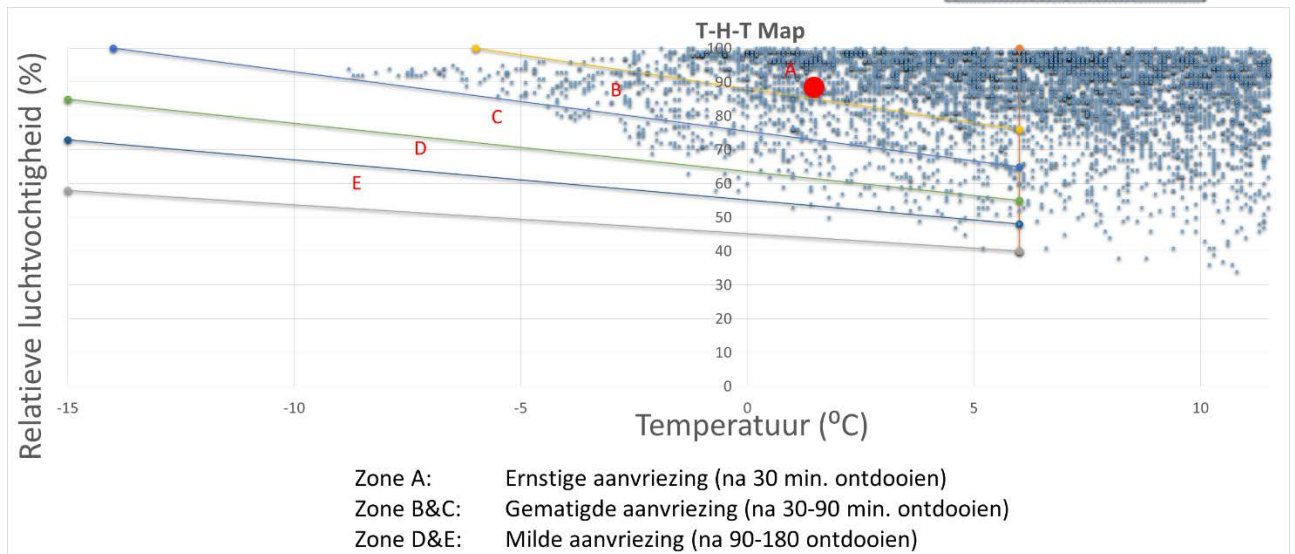
Om het vorige model iets uit te breiden wordt er een andere variabele aan toegevoegd, namelijk de luchtvochtigheid. Als de temperatuur namelijk heel laag is, bijvoorbeeld onder de  $-5^{\circ}\text{C}$ , dan is er vrij weinig vocht in de lucht. Dit heeft als gevolg dat er ook minder rijp op de verdamper zal verzamelen. Deze toevoeging aan het model kan er voor zorgen dat er niet wordt ontdooid op momenten dat dit niet nodig is.

Hieronder is een plaatje te zien van het Tijd-Luchtvochtigheid-Temperatuur model. Hierin staat de temperatuur op de x-as en de luchtvochtigheid op de y-as. Zo is te beredeneren in welke aanvrieszone de verdamper zit. Zoals te zien, is de zone waarin er zeer snel aanvriesen optreedt bij een hoge luchtvochtigheid en een temperatuur van onder de  $6^{\circ}\text{C}$ . Deze kaart is afgeleid uit een onderzoek(1) met een 27 kW warmtepomp, en zal dus vooral als indicatief moeten worden beschouwd.



Figuur 1 T-H-T kaart

Door bovenstaande kaart te combineren met de data van de NEN5060 kan er gezien worden hoe vaak het Nederlandse klimaat in zich in een bepaalde zone bevindt.



Figuur 2 T-H-T kaart met data van de NEN5060

Zoals te zien is, bevindt het Nederlandse klimaat zich bijzonder vaak in de zone van ernstige aanvriezen. Als we van alle punten van onder de 6°C de gemiddelde temperatuur en luchtvochtigheid nemen, dan kunnen we een ‘zwaartepunt’ berekenen (rode stip in Figuur 2). En wat blijkt, deze bevindt zich in de meest ongunstige zone. Nederland heeft dus geen prettig klimaat voor een warmtepomp.

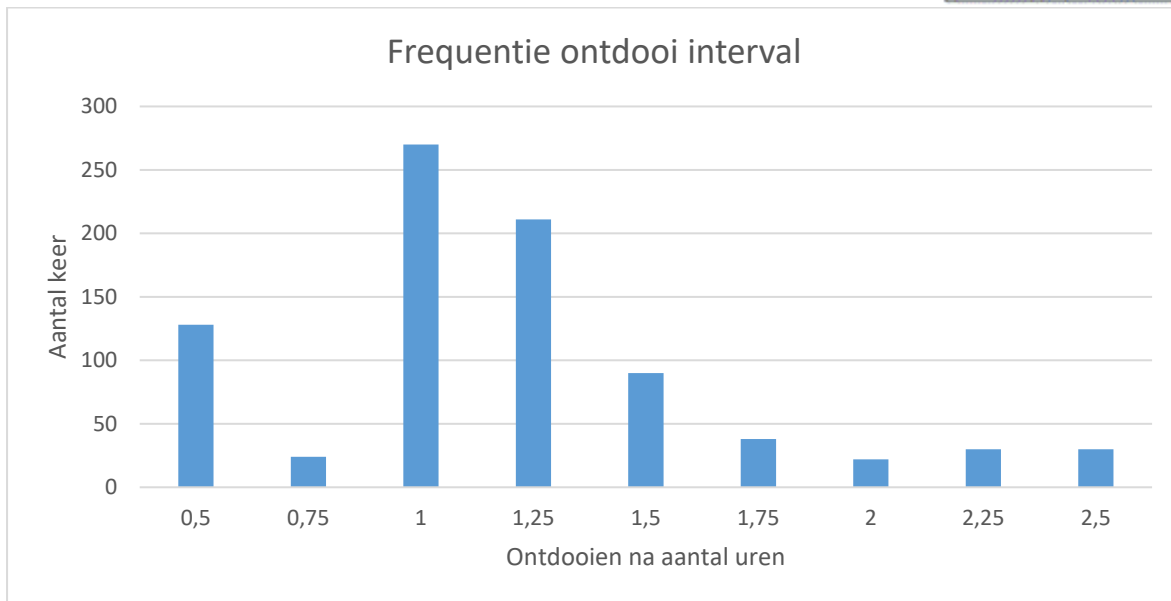
Als we de data samenvoegen om te zien hoe vaak er ontdooid moet worden, dan komt dit op een totaal van ongeveer 2500 keer. Een aanzienlijk aantal. Dat bij het Nederlandse klimaat met ontdooien rekening gehouden moet worden is wel duidelijk geworden.

### Dynamisch model

Nu de impact van ons klimaat op het aanvriezen duidelijk is, is er gekeken naar een nog gedetailleerder model, het dynamische model.

Bij het dynamische model wordt er precies gekeken hoeveel vocht er uit de lucht gehaald wordt, dat omgezet wordt in rijp. Hierbij worden variabelen zoals luchtvochtigheid, temperatuur, de warmtebehoefte, grootte van de verdamper, allemaal meegenomen. De details van het model zijn te vinden in Appendix B.

Nadeel van dit model is dat het meer rekenkracht kost, maar dit zou ten gunste moeten zijn van het juist voorspellen wanneer er ontdooid moet worden. Dit is te zien in de grafiek hieronder.



Wat hier te zien is, is dat de verdamper niet op een vast tijdstip ontdooit hoeft te worden. De ene keer kan het na 30 minuten zijn, en de andere keer na 2 uur pas. Met dit model is het dus te voorkomen dat de warmtepomp een ontdooicyclus ingaat, terwijl dit helemaal niet nodig is. En uiteraard andersom, dat met het model de warmtepomp juist wel ontdooit moet worden terwijl een timer mechanisme dit niet had gedaan.

Wederom bij dit model is er klimaatdata van de NEN5060 gebruikt. Hieruit komt dat er rond de 900 keer per jaar ontdooi zou moeten worden. Wat bij dit model wel vermeld moet worden, is dat dit model nog niet vergeleken is met de werkelijkheid. Maar al zou dit model een 2-voud naast zitten, dan zou het per jaar alsnog een hoop energie besparen door op het juiste tijdstip te ontdooien.

## Conclusie

Nederland heeft simpelweg een klimaat waarin er met aanvriezen van de verdamper rekening gehouden moet worden. Er moet een flink aantal keer ontdooit worden. Worden er simpele methoden gebruikt als tijd-temperatuur, dan kan het zijn dat er zeer vaak onnodig of te laat ontdooit wordt, en dus energie verspild wordt.

Het is dus van belang om zo accuraat mogelijk het moment van ontdooien te bepalen, om zo alleen te ontdooien als dit ook echt nodig is. Dit zou mogelijk kunnen door het gebruik van het dynamische model.

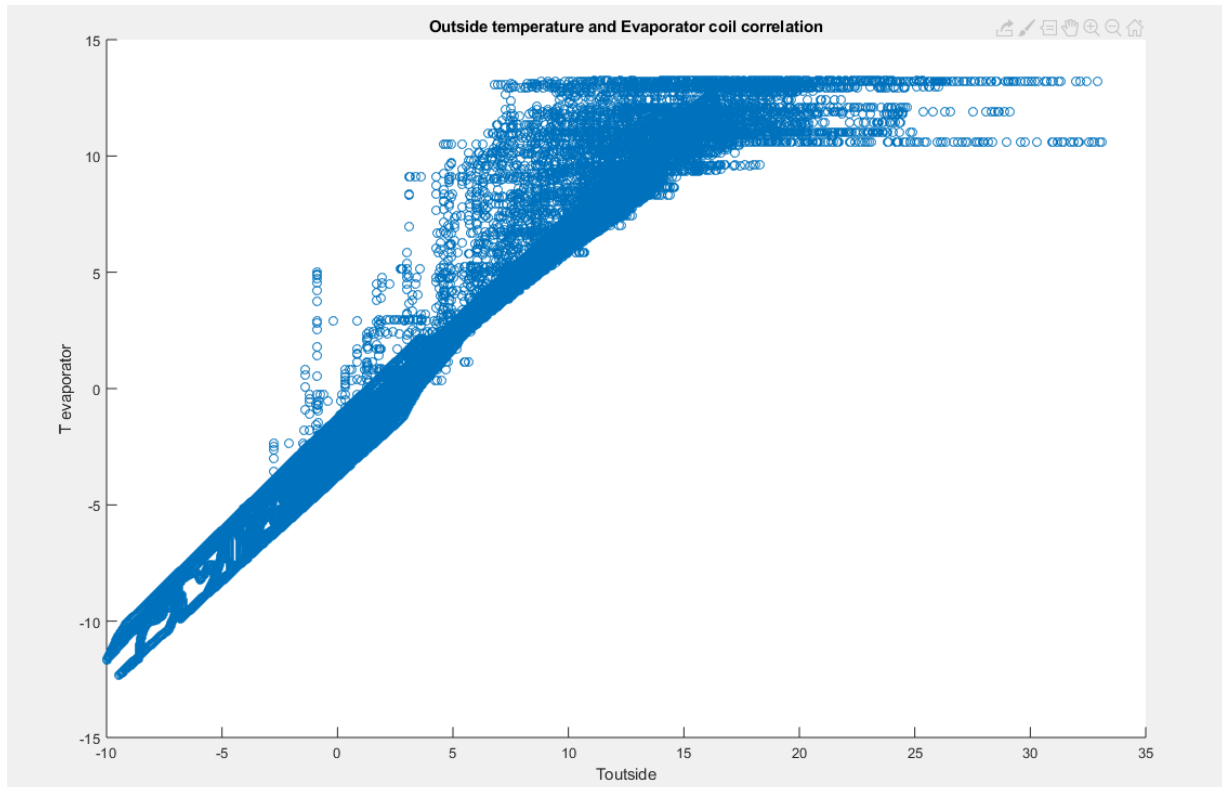
## Literatuur:

1. Zhu, J., Sun, Y., Wang, W., Ge, Y., Li, L., & Liu, J. (2015). A novel Temperature–Humidity–Time defrosting control method based on a frosting map for air-source heat pumps. *International Journal of Refrigeration*, 54, 45-54.

## Appendix A

Met behulp van het simulatiemodel is de verdampertemperatuur bepaald ten opzichte van de buitentemperatuur (zie figuur hieronder). Op de x-as is de buitentemperatuur te zien, en op de y-as de verdampertemperatuur. Door een trendlijn te trekken van alle punten onder de 8 graden buitentemperatuur, is er een formule te bepalen. De formule die eruit komt is:

$$T_{\text{verdamer}} = T_{\text{buiten}} * 1.16 - 6.4$$



## Appendix B

### Het dynamische model

In het dynamische model zijn de volgende variabelen van belang: De buitentemperatuur, de relatieve luchtvochtigheid, de capaciteit van de verdamper, het lucht debiet, de oppervlakte van de verdamper, de warmtedoorgangs coëfficiënt van de verdamper, en de tijdsinterval waarover bepaald wordt hoeveel rijp er op de verdamper is gekomen.

Allereerst wordt er gekeken naar hoeveel energie er uit de lucht gehaald moet worden om de capaciteit van de verdamper te bereiken.

En deel van de energie die uit de lucht gehaald wordt, komt door verlaging van de buitentemperatuur, en een deel door het onttrekken van vocht uit de lucht. De verhouding hiervan is afhankelijk van de verdampertemperatuur. Dit is helaas niet direct uit te rekenen. Door in het model elke keer de verdampertemperatuur iets aan te passen, kan er ingeschat worden hoe deze verhouding daadwerkelijk is, vandaar de naam dynamisch model. Op deze manier is te bepalen hoeveel vocht er uit de lucht wordt gehaald, en als rijp op de verdamper terecht komt.

De dichtheid van de rijp die uiteindelijk op de verdamper neerslaat is niet constant. Hoe groter het verschil tussen het dauwpuntstemperatuur en de verdampertemperatuur, hoe kleiner de dichtheid van de rijp is.

Door totale massa van de rijp te delen door de dichtheid van de rijp in combinatie met het oppervlak van de verdamper is de dikte te bepalen van de rijp. Is de dikte  $\frac{1}{4}$  van de lamelafstand, dan is het reden om te ontdooien.