

2014•2015  
FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN  
*master in de toegepaste economische wetenschappen*

## Masterproef

Economische haalbaarheid van investeringen in vorstbestrijding binnen de sector van de Haspengouwse fruitteelt

Promotor :  
Prof. dr. Ghislain HOUBEN

Pieter-Jan Strouven

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de toegepaste economische wetenschappen*

2014•2015  
FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE  
WETENSCHAPPEN  
*master in de toegepaste economische wetenschappen*

## Masterproef

Economische haalbaarheid van investeringen in  
vorstbestrijding binnen de sector van de Haspengouwse  
fruitteelt

Promotor :  
Prof. dr. Ghislain HOUBEN

Pieter-Jan Strouven

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de toegepaste economische wetenschappen*



## Woord vooraf

Deze masterproef is tot stand gekomen in het kader van mijn opleiding Toegepaste Economische Wetenschappen, met als afstudeerrichting Accountancy & Financiering, aan de Universiteit Hasselt. Deze masterproef was een geweldige en leerzame ervaring over een opkomende sector in Vlaanderen.

Het voorleggen van deze masterproef is een geschikt moment om mijn erkentelijkheid te betuigen ten aanzien van een aantal personen die het tot stand komen van deze masterproef hebben ondersteund.

Allereerst dank ik mijn promotor Prof. dr. Ghislain Houben voor zijn bijsturing, geduld en volstrekte medewerking. Ik apprecieerde de vrijheid waaronder mijn masterproef tot stand mocht komen.

Mijn dank gaat ook uit naar het Proefcentrum voor Fruitteelt, met name Kris Vandewyngaert. Hij heeft mij zeer goed ondersteund in de technische kant van mijn masterproef.

Het afgelopen jaar heb ik ook het genoegen gehad om in contact te komen met verschillende producenten van vorstbestrijdingsmechanismen. Ik dank hen dan ook via deze weg voor hun steun en kosteloze medewerking. Zonder deze experts was het onmogelijk geweest om deze masterproef te laten slagen.

Tenslotte wil ik via deze ook weg mijn ouders bedanken voor de steun en het vertrouwen. Zonder hen had ik nooit de kans gekregen om verder te studeren en deze ervaringen op te doen.

Pieter-Jan Strouven  
Mei 2015



# Inhoudsopgave

<i>Woord vooraf</i> .....	1
<i>Inhoudsopgave afbeeldingen</i> .....	7
<i>Inhoudsopgave tabellen</i> .....	9
<i>Samenvatting</i> .....	13
<b>1.1 Situering praktijkprobleem</b> .....	<b>15</b>
<b>1.2 Omschrijving praktijkprobleem</b> .....	<b>16</b>
<b>1.3 Onderzoeksdoel</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4 Centrale onderzoeksvraag</b> .....	<b>17</b>
<i>Deelvragen</i> .....	18
<b>1.6 Onderzoeksmethoden</b> .....	<b>19</b>
1.6.1 <i>Onderdeel 1 : Dataverzameling</i> .....	19
1.6.2 <i>Onderdeel 2 : Effectiviteit vorstbestrijdingsmiddelen</i> .....	19
Exploratieve studie .....	19
Dataverzameling .....	20
1.6.3 <i>Onderdeel 3 : Economisch haalbaarheidsonderzoek</i> .....	22
Dataverzameling .....	22
<b>2. Vorst in de wijnbouw</b> .....	<b>23</b>
2.1 <i>Inleiding</i> .....	23
2.3 <i>Fenologie &amp; ontwikkeling van de wijnrank</i> .....	26
2.4 <i>Schade door lentedachtvorst</i> .....	27
2.5 <i>Determinanten van vorstschade</i> .....	29
2.6 <i>Verlies aan wijnkwaliteit</i> .....	31
2.7 <i>Weerfenomeen vorst</i> .....	32
2.8 <i>Ontstaan van nachtvorst</i> .....	32
2.9 <i>Het inversieprincipe</i> .....	34
2.10 <i>Windvorst</i> .....	35
<b>3. Vorstbestrijdingsmiddelen</b> .....	<b>37</b>
3.1 <i>Passieve methoden</i> .....	38
3.1.1 <i>Geografische wijngaardselectie</i> .....	38
3.1.2 <i>Keuze druivensoort</i> .....	40
3.1.3 <i>Algemene toestand wijnrank</i> .....	40
3.1.4 <i>Tijdstip &amp; methode van snoeien</i> .....	40
3.1.5 <i>Bodemwaterbeheer</i> .....	41
3.1.6 <i>Zwartstroken, gras en grond-onderhoud</i> .....	41

3.2 Actieve methoden.....	43
3.2.1 Afdekken.....	43
3.2.2 Verwarmen.....	47
Voor-en nadelen antivrieskaarsen .....	48
Frostguard .....	49
Werking.....	50
Investering .....	51
Voor- en nadelen FrostGuard.....	51
3.2.3 Rook.....	52
3.2.4 Windmachines.....	53
Windmachines onder hoek & in combinatie met warmtebronnen.....	54
Geluidshinder .....	55
Oppervlakte .....	55
Start- en stoptijdstip .....	56
Mobiele windmachines .....	56
Vergunning .....	57
Milieuvoorwaarden .....	57
Geluid .....	57
Slagschaduw .....	58
Voor- en nadelen windmachine .....	58
3.2.5 Helikopter .....	59
3.2.6 Cold Air Drain .....	60
Voor -en nadelen Cold air Drain.....	62
3.2.7 Sproeistoffen .....	63
Voor -en nadelen sproeistoffen.....	63
3.2.8 Beregenen.....	64
Boven beregening .....	64
Microsproeisystemen .....	66
Onderberegening .....	66
Investering .....	67
Milieuaspect Grondwaterwinning .....	67
Vergunningen winning van grondwater .....	67
Heffingen oppervlaktewater.....	69
Voor- en nadelen beregening.....	70
4. Vorstbestrijding in België .....	71

<b>5. Economisch haalbaarheidsonderzoek.....</b>	<b>73</b>
5.1 Berekening vorstschade (stokuitval).....	73
5.2 Berekening vorstschade (afzetverlies) .....	74
5.3 Kostprijs paraffinepotten .....	78
5.4 Kostprijs Cold air Drain.....	81
5.5 Kostprijs windmachine .....	84
5.6 Kost Frostguard.....	87
5.8 Kostprijs berekening .....	90
<b>6. Conclusies &amp; aanbevelingen .....</b>	<b>93</b>
6.1 Break-even analyse .....	93
Paraffinepotten.....	93
Cold Air Drain.....	94
Windmachine .....	94
Frostguard .....	95
6.2 Terugverdientijd.....	97
<b>Literatuurlijst.....</b>	<b>101</b>
<b>Persoonlijke interviews.....</b>	<b>103</b>





## Inhoudsopgave afbeeldingen

<i>Afbeelding 1 : Dwarsdoorsnede knop .....</i>	<i>27</i>
<i>Afbeelding 2 : Misvorming van de bladeren .....</i>	<i>27</i>
<i>Afbeelding 3 : Inversievorst.....</i>	<i>33</i>
<i>Afbeelding 4 : Inversietemperaturen .....</i>	<i>34</i>
<i>Afbeelding 5 : Afdekken .....</i>	<i>44</i>
<i>Afbeelding 6 : Afdekken 2 .....</i>	<i>44</i>
<i>Afbeelding 7 : éénscharige ploeg .....</i>	<i>45</i>
<i>Afbeelding 8 : éénscharige ploeg 2 .....</i>	<i>45</i>
<i>Afbeelding 9 : Frostguard GC20.....</i>	<i>49</i>
<i>Afbeelding 10 : Frostguard Type GC30 .....</i>	<i>50</i>
<i>Afbeelding 11 : Rook als vorstbestrijding .....</i>	<i>52</i>
<i>Afbeelding 12 : Werking windmachine.....</i>	<i>53</i>
<i>Afbeelding 14 : Principe Cold Air Drain .....</i>	<i>60</i>
<i>Afbeelding 15 : Onderdelen Cold Air Drain .....</i>	<i>61</i>
<i>Afbeelding 16 : Bovenberekening .....</i>	<i>65</i>
<i>Afbeelding 17 : Bovenberekening 2 .....</i>	<i>65</i>
<i>Afbeelding 18 : Onderberekening .....</i>	<i>66</i>



## Inhoudsopgave tabellen

Tabel 1 : Grootste hindernis in Belgische wijnbouw .....	23
Tabel 2 : Aantal vorstdagen in België .....	24
Tabel 3 : Periode vorstdagen in België.....	26
Tabel 4 : Bud- temperaturen .....	29
Tabel 5 : Kritische temperaturen .....	30
Tabel 6 : Nachtvorst vs. windvorst.....	35
Tabel 7 : Passieve vs. actieve methoden .....	38
Tabel 8 : Zwartstrookonderhoud.....	42
Tabel 9 : frequentie vuurpotten.....	48
Tabel 10 : Rubriek 53.8 .....	68
Tabel 11 : Heffingen oppervlaktewater .....	69
Tabel 12 : Vorstbestrijding in België.....	71
Tabel 13 : Kost stokuival.....	73
Tabel 14 : Kost afzetverlies hoger rendement .....	74
Tabel 15 : Kost afzetverlies lager rendement .....	75
Tabel 16 : Scenario per hectare hoog rendement vs. laag rendement.....	76
Tabel 17 : Kostprijs paraffinepotten .....	78
Tabel 18 : Break-even laag rendement vs. Hoog rendement.....	79
Tabel 19 : Kostprijs per nacht .....	80
Tabel 20 : Vast vs. variabel .....	80
Tabel 21 : Kostprijs Cold Air Drain .....	81
Tabel 22 : Break-even hoog rendement vs. laag rendement.....	82
Tabel 23 : Kost per nacht .....	83
Tabel 24 : Vast vs. variabel .....	83
Tabel 25 : Kostprijs windmachine .....	84
Tabel 26 : Break-even hoog rendement vs. laag rendement.....	85
Tabel 27 : Kost per nacht .....	86
Tabel 28 : Vast vs. variabel .....	86
Tabel 29 : Kostprijs Frostguard .....	87
Tabel 30 : Break-even hoog rendement vs. laag rendement.....	88
Tabel 31 : Kost per nacht .....	89
Tabel 32 : Vast vs. variabel .....	89
Tabel 33 : Kostprijs beregening.....	90
Tabel 34 : Break-even hoog rendement vs. laag rendement.....	91
Tabel 35 : Kostprijs per nacht .....	92
Tabel 36 : Vast/Variabel.....	92
Tabel 37 : overzicht systemen .....	96

<i>Tabel 38 : Normale terugverdientijd hoog rendement.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabel 39 : Normale terugverdientijd laag rendement.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabel 40 : Verdisconteerde terugverdientijd hoog rendement.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabel 41 : Verdisconteerde terugverdientijd laag rendement.....</i>	<i>98</i>





## Samenvatting

Deze masterproef geeft een overzicht van vorstschade in de Belgische wijnbouw en onderzoekt de economische haalbaarheid van vorstbestrijdingsmiddelen. Vermits vorst de laatste jaren steeds frequenter optreedt, is het de bedoeling om de economische kant van dit probleem in beeld te brengen. De centrale onderzoeksvraag is dan ook : zijn de investeringen in vorstbestrijdingsmethodes economisch verantwoord binnen de sector van de Haspengouwse wijnbouw?

Er wordt eerst een kort overzicht gegeven van de (Belgische) wijnbouw. Dan volgt een er een omschrijving van het praktijkprobleem. Na de uiteenzetting van het praktijkprobleem wordt dieper ingegaan op de dataverwerking en de gebruikte methodologie.

In deze masterproef is vooral gebruikt gemaakt van kwalitatieve informatieverzameling. Wetenschappelijke literatuur en semi-gestructureerde interviews vormen de basis om de centrale onderzoeksvraag te ondersteunen.

De centrale onderzoeksvraag wordt vervolgens opgedeeld in 3 deelvragen.

De eerste deelvraag geeft een beter inzicht in het fenomeen vorst. De verschillende soorten vorst worden besproken en het effect van vorst op de gewassen en wijnkwaliteit. Deze deelvraag is uitermate belangrijk om de werking van de vorstbestrijdingsmechanismen juist te kunnen interpreteren.

De tweede deelvraag gaat de verschillende vorstbestrijdingssystemen na die vandaag de dag gebruikt worden en bespreekt ook kort de werking van deze systemen. Eventuele beperkingen worden ook aangegeven.

De derde en laatste deelvraag brengt de economische kant van vorstschade in beeld. Hier wordt er een duidelijk overzicht gegeven van enerzijds de financiële verliezen die door vorst veroorzaakt worden en anderzijds de investeringskost die de verschillende systemen met zich meebrengen.

Tot slot wordt er een conclusie gevormd waarin ook aanbevelingen worden gegeven. Deze masterproef probeert een overzicht te geven in welke omstandigheden bepaalde vorstbestrijdingsmechanismen optimaal blijken.





## 1.1 Situering praktijkprobleem

In contrast met wat de meesten denken, is de geschiedenis van de Belgische wijnbouw veel roemrijker dan gedacht. Vandaag de dag staan onze Belgische wijnen klaar om internationaal de erkenning te krijgen die ze verdienen bij het grote publiek. Belgische wijnen zijn aan een sterke opmars bezig in binnen- en buitenland.

Wijnbouw in België kent een geschiedenis van meer dan 2000 jaar. Het zijn vermoedelijk de Romeinen die voor de introductie van wijnbouw in West-Europa gezorgd hebben. Deze wijnen strekten zich tot alternatief voor water, omdat natuurlijk water nog niet drinkbaar was. Deze wijnen waren geenszins te vergelijken met de hedendaagse wijnen (Vin Sur 20, 2010).

In de Middeleeuwen werd wijnbouw in België groot, België begon zelfs wijn te exporteren naar de buurlanden, zelfs naar Frankrijk. In Frankrijk was namelijk de vraag naar wijn vele malen groter dan de binnenlandse productie.

Maar samen met de Middeleeuwen doofde de Belgische wijnbouw uit. De kleine ijstijd zorgde ervoor dat wijnbouw onmogelijk werd door de extreem lage temperaturen (Vin sur 20, 2010 ; benevit, 2012).

Vervolgens kende de wijnbouw in Haspengouw tot 1815 een heropflakking. Deze terugkeer werd abrupt tot een einde geroepen door een extreem weerfenomeen (Vin sur 20, 2010 , benevit, 2012). De vulkaan Tambora, gelegen in de Indonesische archipel, kwam tot uitbarsting en zorgde voor een verstoring in het wereldklimaat. De temperaturen daalden gemiddeld met 3° Celsius waardoor wijnbouw definitief onmogelijk werd in onze contreien. (benevit, 2012; wijnbouw in onze geschiedenis z.d.)

Het was wachten tot halfweg de 20<sup>ste</sup> eeuw vooraleer er terug wijnbouw plaatsvond in België. Sindsdien is de Belgische wijnbouw aan een exponentiële heropleving bezig. Het aantal hectare wijngaarden gaat in 2015 met 20% toenemen in België (benevit, 2012).

Wat de huidige kwaliteit van Belgische wijnen betreft, mag België zeer fier zijn. Er komt steeds vaker internationale erkenning voor Belgische wijnen. Vroeger leefde de idee dat Belgische wijnen een kwalitatief minderwaardig product waren. Het gevolg is dat Belgische wijnbouwers hun dubbel en dik moesten bewijzen om deze vooroordelen te weerleggen. Dit stigma is gelukkig weggewerkt, Belgische wijnen krijgen de erkenning die ze verdienen wat mede zorgt voor de heropleving (wijnbouwers in België, 2013).

Een andere belangrijke factor in de heropleving van Belgische wijnen is het semi gunstig klimaat dat onze Noordelijke gebieden treft. De klimaatopwarming zorgt ervoor dat druiven gemakkelijker rijpen door meer zon en warmte zonder hun zuurgehalte te verliezen. Enkel stevige vorstperiodes kunnen klimatologisch een spelbreker zijn in de heropleving van onze Belgische wijnen. Vorst kan namelijk een extreem negatieve invloed hebben op de oogst (benevit, 2012).

## 1.2 Omschrijving praktijkprobleem

Uit de geschiedenis komt voort dat weersomstandigheden een zeer belangrijke rol spelen voor land- en tuinbouwers. Laattijdige vorstperiodes, lange droogteperiodes en hevige windstoten zijn hier onder meer voorbeelden van. De opwarming van de aarde is een belangrijke oorzaak waarom wijnbouwers steeds vaker geconfronteerd worden met extreme weersomstandigheden zoals bijvoorbeeld intensieve hagelbuien en laattijdige vorstperiodes (Running, 2013).

Laattijdige en krachtige vorstperiodes in het voorjaar hebben de grootste impact op de fruitoogst. Vorst is in België vermoedelijk de grootste bedreiging voor wijnbouwers (Vandewyngaert, 2014). De schade die wordt veroorzaakt door nachtvorst blijft meestal niet beperkt tot één oogstjaar, de schade kan zich over meerdere jaren manifesteren (Zabadal et al, 2007). Vorstschade resulteert in rechtstreekse verliezen in de druivenoogst en zelfs nog grotere verliezen in de wijnproductie. Bijvoorbeeld, de directe vorstschade die in Amerika werd veroorzaakt door 1 nacht vorst werd geschat op 5,7 miljoen dollar maar het verlies aan inkomsten in de wijnproductie werd geschat op 41,5 miljoen dollar (Martinson and White, 2004). Hoewel de verliezen aan oogst voor wijnbouwers al een enorme impact kunnen hebben, kunnen er ook nog secundaire effecten optreden in de economie. Wanneer vorst enorm veel schade heeft aangericht en de oogst volledig tegenvalt, zullen er veel seizoensarbeiders zonder werk blijven. Deze arbeiders kunnen dan op hun beurt weer minder consumeren (Attaway 1997).

Net daarom proberen wijnbouwers zich te beschermen door preventieve maatregelen te nemen om vorstschade te voorkomen. De afgelopen jaren zijn er tal van technische oplossingen bijgekomen om de fruitteelt van nachtvorst te beschermen. Enkele voorbeelden hiervan zijn: warmtekanonnen die via tractors door de boomgaard gereden worden, sproeistoffen die verhinderen dat de knoppen bevriezen, windmachines die de verschillende luchtlagen met elkaar mengen. Naast deze recente technieken bestaan ook nog steeds de traditionele technieken zoals beregeningsinstallaties en paraffinepotten (Zabadal et al, 2007; vandewyngaert 2014).

Al deze verschillende technieken hebben zowel voor- als nadelen. Maar ze vergen in de eerste plaats een forse investering en de effectiviteit blijft in sommige gevallen zeer beperkt (PC Fruitteelt, 2000).

Deze masterproef heeft dus als doel dieper in te gaan op de effectiviteit en economische haalbaarheid van de investeringen.

Concreet wil dit zeggen dat de effectiviteit van de verschillende technieken op verschillende types van percelen wordt nagegaan. Vermits elk perceel verschillende kenmerken bezit zoals hoogte van het perceel, hellingsgraad, kwaliteit van de grond, nabijheid van een waterweg, moet er met al deze verschillende elementen rekening gehouden worden in de beslissingsfase.

### 1.3 Onderzoeksdoel

Het doel van dit onderzoek is tegemoetkomen aan de schade die nachtvorst met zich meebrengt in de wijnbouw. Zoals eerder aangehaald kan nachtvorst tot dramatische gevolgen leiden in de druivenoogst en in de opbrengsten van afgeleide producten zoals wijn. Daarom is het zeer belangrijk om gepast op nachtvorst te kunnen reageren.

### 1.4 Centrale onderzoeksvraag

Deze masterproef heeft als doel de economische haalbaarheid van investeringen in vorstbestrijding in de wijnbouw na te gaan. Daarom luidt de centrale onderzoeksvraag:

*“ Zijn de investeringen in vorstbestrijdingstechnieken economisch verantwoord binnen de sector van de Haspengouwse wijnbouw? ”*

Deze masterproef zal opgedeeld worden in 3 deelvragen.

In de eerste deelvraag wordt er aandacht besteed aan vorst en de impact die vorst heeft op de aanplantingen.

De tweede deelvraag gaat dieper in op welke vorstbestrijdingstechnieken er voorhanden zijn en de werking van elke methode.

De derde en laatste deelvraag wordt een economisch haalbaarheidsonderzoek of de investeringen rendabel zijn. In het laatste onderdeel zal dus het economische aspect van de centrale onderzoeksvraag ondersteund worden.

De centrale onderzoeksvraag zal ondersteund worden door meerdere deelvragen, die instaan voor een beter overzicht van de verschillende elementen in de centrale onderzoeksvraag.

## Deelvragen

Zoals in voorgaande paragraaf al werd aangehaald, wordt er gebruik gemaakt van deelvragen om het geheel overzichtelijker te houden. De deelvragen worden per onderdeel geformuleerd.

### Onderdeel 1 Vorst

- Wanneer spreken we van vorst?
- Zijn er verschillende soorten vorst?
- Blijft vorst beperkt tot één oogst?
- Welke biologische impact heeft vorst op de aanplantingen?
- Wat zijn de economische gevolgen van nachtvorst m.a.w. hoeveel verlies van oogst brengt vorst met zich mee?

### Onderdeel 2 Effectiviteit vorstbestrijdingstechnieken

- Welke verschillende technieken kunnen we onderscheiden?
- Zijn er beperkingen aan bepaalde technieken?
- Wat is de kostprijs van de implementatie en het gebruik van deze verschillende technieken?

### Onderdeel 3 Haalbaarheidsonderzoek

- Zijn de investeringen economisch verantwoord na de kosten-baten analyse?
- Hoeveel bedraagt de kost van vorstschade? Zowel uitval van de wijnstok als vermindering in productie?
- Wanneer wordt één bepaalde methode kost efficiënt?

## 1.6 Onderzoeksmethoden

### 1.6.1 Onderdeel 1 : Dataverzameling

In onderdeel 1 van deze masterproef wordt er enkel aandacht besteed aan vorst en de impact die vorst heeft op de aanplantingen.

Er zal enkel gebruik gemaakt worden van secundaire data, namelijk wetenschappelijke tijdschriften, studies en studiemateriaal dat de producenten van vorstbestrijdingsmechanismen ter hand stellen. De literatuur omtrent vorst is omvangrijk genoeg zodat er geen bijkomend onderzoek nodig is. Deze literatuur zal deels verstrekt worden door het Proefcentrum voor Fruitteelt te Sint-Truiden. Deze zullen mij dan ook ondersteunen in de technische kant van deze masterproef.

### 1.6.2 Onderdeel 2 : Effectiviteit vorstbestrijdingsmiddelen

#### Exploratieve studie

In onderdeel 2 van deze masterproef zal worden ingegaan op de effectiviteit van de verschillende vorstbestrijdingsmiddelen in de wijnbouw.

De masterproef zal hier een exploratief karakter hebben. Een exploratieve studie wordt meestal ontworpen om data te verzamelen die meer uitleg geven over een bepaalde situatie waar nog niet veel over bekend is, wat in deze studie betrekking heeft op de verschillende vorstbestrijdingsmethodes en hun economische haalbaarheid in de wijnbouw. De kennis omtrent effectiviteit en efficiëntie van vorstbestrijdingsmiddelen in de wijnbouw in de academische wereld is nog beperkt. Een exploratieve studie maakt doorgaans gebruik van (eventueel) beschikbare literatuur en kwalitatieve informatieverzameling.

## Dataverzameling

In eerste instantie zal dus gebruik gemaakt worden van een literatuurstudie, waar zoveel mogelijk beschikbare informatie wordt in opgenomen, voor zover deze informatie momenteel voorhanden is. De literatuur zal vooral bestaan uit wetenschappelijke tijdschriften en studies.

Een belangrijke verstrekker van deze tijdschriften en studies is het Proefcentrum voor fruitteelt te Sint-Truiden, zoals eerder aangegeven.

Daarenboven zal deze masterproef vooral gebruik maken van kwalitatieve informatieverzameling met betrekking tot de verschillende vorstbestrijdingsmethodes. Het kwalitatief onderzoek biedt in deze masterproef verschillende voordelen. Er is de mogelijkheid om de vraagstelling in de loop van interviews aan te passen, dit is onmogelijk bij kwantitatieve onderzoeken. Een kwalitatieve onderzoeksmethode biedt ook het voordeel dat we ideeën en opvattingen kunnen achterhalen. Dit is ook veel moeilijker in een kwantitatief onderzoek. Het gebruik maken van gestandaardiseerde vragenlijsten biedt dus geen meerwaarde voor deze studie omdat elke vorstbestrijdingstechniek op verschillende elementen beoordeeld wordt en omdat er bij gestandaardiseerde vragenlijsten geen diepte-interviews kunnen plaatsvinden met de experts.

Interviews zullen de belangrijkste bron van informatie zijn. De interviews zullen semi-gestructureerd zijn. De interviews zullen vooraf vastgelegde vragen bevatten maar er zal ook nog voldoende ruimte zijn om de geïnterviewden hun persoonlijke accenten te laten leggen. De vragen zijn dus voorbereid maar naarmate het interview vordert, kan er afgeweken worden van de vooropgestelde vragenlijst.

Semi-gestructureerde interviews bieden dus het voordeel dat er een leidraad is doorheen het interview maar dat er ook nog ruimte is voor de individuele accenten van elke geïnterviewde.

De interviews zullen slechts met een beperkt aantal experts afgenomen worden en zullen face-to-face gebeuren. Experts zijn o.a. wijnbouwers, producenten van vorstbestrijdingsmechanismen en werknemers van het Proefcentrum voor Fruitteelt.

Er moet natuurlijk altijd voorzichtig omgesprongen worden met de betrouwbaarheid van interviews en de vooringenomenheid van geïnterviewden. Het is belangrijk om interviews te kaderen in hun context (Sekaran & Bougie, 2013).

Zoals uit voorgaande blijkt, zal er vooral gebruik gemaakt worden van primaire data die verkregen wordt door de interviews met de experts maar er zal ook gebruik gemaakt worden van secundaire data. De secundaire data verwijzen naar informatie die het Proefcentrum voor fruitteelt beschikbaar zal stellen. Voor de elementen in deze masterproef, waarvoor het noodzakelijk is, zal zoveel mogelijk gebruik gemaakt worden van de meest recente literatuur.

Vermits een groot aantal van de verschillende vorstbestrijdingssystemen al geruime tijd in omloop zijn, wordt de betrouwbaarheid van de data omtrent de verschillende vorstbestrijdingsmethodes gegarandeerd.

Om de validiteit van dit onderzoek te garanderen, moet het onderzoek achterhalen wat daadwerkelijk nagegaan moet worden. De economische haalbaarheid nagaan is het doel van deze masterproef. Dit criterium wordt verzekerd door het derde onderdeel van deze masterproef.

Om al deze verschillende vorstbestrijdingsmethodes te kunnen evalueren en beoordelen zal een praktijkgerichte aanpak nodig zijn. Deze masterproef zal op bedrijfsniveau uitgevoerd worden.

Een onderzoek op bedrijfsniveau heeft als voordeel dat we meerdere percelen met verschillende kenmerken (hoogte, hellingsgraad, aanwezigheid van waterstroom, aangelegde gewassen) in ons onderzoek betrekken en proberen een juiste techniek per typologie van perceel toe te wijzen. Moest er geopteerd worden voor een onderzoek op perceelniveau kan slechts één perceel dienst doen als case wat ons onderzoek en resultaat zou beperken.



### 1.6.3 Onderdeel 3 : Economisch haalbaarheidsonderzoek

In onderdeel 3 van deze masterproef wordt verder ingegaan op het economische aspect van de onderzoeksvraag. Er wordt dus nagegaan via een kosten-batenanalyse of de investeringen die de verschillende vorstbestrijdingsmiddelen met zich meebrengen economisch verantwoord zijn voor de wijnbouwer. De exacte kostprijs van elke vorstbestrijdingstechniek zal afgewogen worden tegen de meeropbrengsten in oogst die deze techniek met zich meebrengt. Ratio's zoals break-evenoptimum en terugverdiëntijd zullen het haalbaarheidsonderzoek ondersteunen.

#### Dataverzameling

De data die in onderdeel 2 van deze masterproef ontwikkeld werden, zullen in het haalbaarheidsonderzoek getoetst worden aan de economische realiteit. De informatie over de exacte kostprijzen zal voornamelijk bij de producenten van vorstbestrijdingsmechanismen zelf opgevraagd worden, dit om afwijkingen te vermijden. Deze informatie zal dus uit de semi-gestructureerde interviews verzameld worden. De voordelen van semi-gestructureerde interviews werden al eerder besproken.

## 2. Vorst in de wijnbouw

### 2.1 Inleiding

Zoals eerder al aangegeven in de probleemstelling is vorstschade in het voorjaar één van de belangrijkste bedreigingen voor wijnbouwers. Dit komt ook voort uit de studie die het Proefcentrum voor fruitteelt in 2014 heeft uitgevoerd bij een 150-tal wijnbouwers uit België. Volgens de wijnbouwers komen ziekten en plagen op de eerste plaats, het gebrek aan gewasbeschermingsmiddelen op de tweede plaats en op de derde plaats het Belgische klimaat! Het is dus een thema dat zeer actueel is onder de Belgische wijnbouwers. Hieronder kan u de overzichtstabel vinden van de bedreigingen in de wijnbouw volgens de wijnbouwers.

Tabel 1 : Grootste hindernis in Belgische wijnbouw

<b><u>5. Grootste hindernis in Belgische wijnbouw</u></b>		
	<b>Professioneel</b>	<b>Amateurs</b>
Ziekten & Plagen	1	1
Gebrek aan B-erkende GWB-middelen	2	2
Het Belgisch klimaat (vorst, extremen,...)	3	4
Ongeschikte druivenrassen		3
Wettelijke verplichtingen (FAVV, FOD, Accijnzen,...)	4	

\*GWB = afkorting voor gewasbescherming

bron: Proefcentrum voor Fruitteelt (2015)

Het weerverschijnsel met de grootste impact op de fruitteelt & wijnbouw is nachtvorst in het voorjaar. Theoretisch gezien is het mogelijk om elke wijngaard te beschermen tegen elke vorm van vorst maar economische en praktische aspecten limiteren deze stelling. De schade die wordt aangericht blijft meestal ook niet beperkt tot de oogst van dat jaar maar kan ook een weerslag hebben op de volgende jaren. Het kan namelijk een onevenwicht veroorzaken tussen groei en vruchtbaarheid op lange termijn (Proefcentrum, 1999).

De minimale schade die kan optreden in de wijnbouw is dat de oogst een paar weken verlaat wordt. Dit kan naargelang de druivensoort, een kleine of een zwaardere impact hebben op de oogst.

De maximale schade die zich kan voordoen is het verliezen van de wijnstok, dit is natuurlijk een zwaar economisch verlies. De stok moet dan gerooid worden en een nieuwe stok moet ingeplant worden. De schade die het meest zal voorkomen, zal zich tussen deze 2 uitersten bevinden. Er zal meestal een reductie in productie plaatsvinden. In de literatuur wordt de ernst van vorstschade omschreven als een vermindering in de fruitproductie of een vermindering in fruitkwaliteit desondanks nachtvorst (Shaulis, N. 1971).

## 2.2 Vorstdagen

Eerst en vooral is het belangrijk te weten hoe vaak nachtvorst de voorbije jaren is voorgevallen om een objectief beeld te schetsen. Vermits het wereldklimaat wordt gekenmerkt door meer extremen, is het aannemelijk dat de wintermaanden koudere temperaturen met zich meebrengen en dat de kans op late nachtvorst groter wordt. Zo beschikken de KU Leuven en het PC fruitteelt over weergegevens van de afgelopen jaren.

Zo heeft het PC fruitteelt de afgelopen jaren de verschillende vorstdagen in het voorjaar (maart, april & mei) bijgehouden in de periode 2008-2013. De periode maart in 2013 is zéér opvallend met 4 zware opeenvolgende vorstnachten. Deze nachtvorst betekende voor vele fruittelers zeer zware verliezen.

Tabel 2 : Aantal vorstdagen in België

### Maart

	januari	februari	maart																																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
2008						-4													-1						-4	-2	-3									
2009	-23																																-4	-5		
2010																																				
2011																																				
2012	-15	-21																																	-3	
2013																																				-8 -10 -18 -12

April

	april																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2008																														
2009																														
2010																														
2011																														
2012	-2	-2	-1																											
2013	-1	-1	-2	-1	-2																									

Mei

	mei											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												

Er kan dus besloten worden dat maart gemiddeld 2,5 vorstdagen telt, april telt er gemiddeld 3,33 en in mei komt nachtvorst gemiddeld 0,83 keer voor over de periode 2008-2013.

De KU Leuven beschikt dan weer over weergegevens van het centrum van Vlaanderen en dit voor de periode van 1941 tot 1999. Deze gegevens zijn voor ongeveer 90% representatief over het Vlaamse grondgebied.

Tabel 3 : Periode vorstdagen in België

<b>Tijdstip</b>	<b>kans op nachtvorst</b>
16 - 31 mei	4 %
1 - 15 mei	10 %
16 - 30 april	38 %
1 - 15 april	32 %
16 - 31 maart	12 %
1 - 15 maart	4 %

Bron : Proefcentrum voor Fruitteelt, KU Leuven (1999) – economische studie oogstzekerheidsmaatregelen

Aan voorgaande tabel moet een cumulatieve interpretatie gegeven worden. Uit deze tabel kan afgeleid worden dat de kans dat het niet meer vriest na 1 mei 86% is, de kans dat het niet meer vriest na 1 april bedraagt slechts 16%! Verdere analyse van late voorjaarsvorst leert dat de laatste nachtvorst in het voorjaar werd opgetekend op 16 mei, dit zowel in 1941 als in 1944 (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999). De ijsheiligen (11 – 15 mei) worden dan ook vaak beschouwd als de laatste periode in het jaar wanneer nachtvorst optreedt.

### 2.3 Fenologie & ontwikkeling van de wijnrank

Het fenologisch stadium is een zeer belangrijke factor in de nachtvorstgevoeligheid, de gevoeligheid neemt toe naarmate de ontwikkeling vordert. Doordat er veel variatie in het klimaat kan ontstaan omwille van de temperatuur, zonintensiteit en de regenneerslag kan de ontwikkeling van de rank behoorlijk verschillen ten opzichte van de vooropgelegde data omtrent de fenologische stadia (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999).

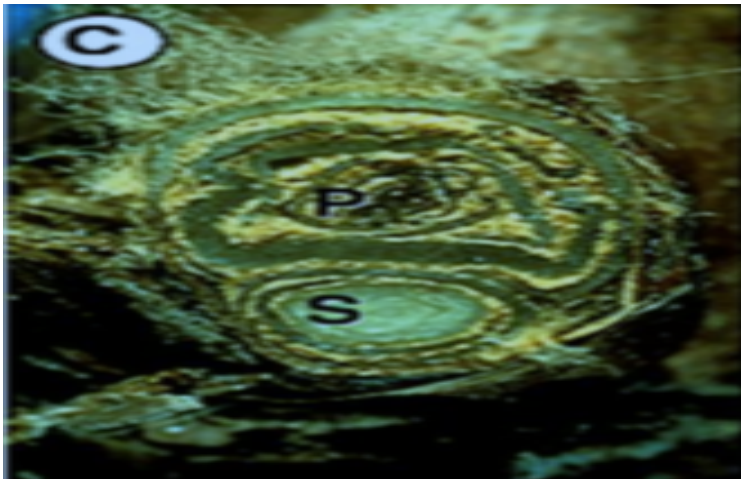
## 2.4 Schade door lentenachtvorst

De schade door lentenachtvorst ontstaat door het openbarsten van cellen onder invloed van de volumetoename van het celvocht. De volumetoename ontstaat omdat het water in de cel wordt omgezet tot ijskristallen. Hoe dichter planten zich tot de bloeifase begeven, hoe gevoeliger ze worden voor nachtvorst (KVLt, 1998).

De schade die veroorzaakt kan worden, heeft dus alles te maken met de waterhuishouding in de cel (Proefcentrum voor fruitteelt, 2014).

Er kunnen 2 groepen van schade onderscheiden worden die door vorst veroorzaakt worden, namelijk de misvorming van het jonge blad en in het ergste stadium een bevroren knop

Afbeelding 1 : Dwarsdoorsnede knop



bron : Proefcentrum voor Fruitteelt (2014)

Afbeelding 2 : Misvorming van de bladeren



bron: Proefcentrum voor Fruitteelt (2014)

Er is ook nog een derde vorm van schade, die zelden voorvalt. Deze schade treft de volledige wijnstok en zorgt ervoor dat er de komende jaren weinig tot geen vruchtzetting gaat plaatsvinden. De wijnstok is dan volledig beschadigd en zou in principe moeten vervangen worden! Gelukkig komt deze vorm van schade weinig voor (Proefcentrum voor Fruitteelt, 2014).

De effecten van de vorst zullen pas goed zichtbaar worden tegen het einde van de lente en begin van de zomer (Zabadal et al., 2007). In normale omstandigheden, dit wil zeggen in periodes zonder nachtvorst, ontwikkelt de primaire knop zich. Omdat de primaire knop gevoeliger is aan nachtvorst dan de secundaire en tertiaire knoppen, is de primaire knop een goede indicator om nachtvorst te detecteren. Als de secundaire knoppen zich beginnen te ontwikkelen, wijst dit erop dat de primaire knop aan vorstschade heeft geleden.

Van zodra de knop volledig beschadigd is, kunnen de secundaire en zelfs tertiaire knoppen zich ook niet meer ontwikkelen (Zabadal et al. 2007).

De schade door nachtvorst breidt zich uit door verschillende factoren. Zo wordt zware nachtvorstschade dikwijls geassocieerd met schade aan het vasculaire systeem van de wijnrank. De gezonde knoppen die dan nog overblijven na de zware nachtvorst zijn niet in staat om genoeg water en voedingsstoffen uit de plant te trekken om hun groei te stimuleren. Dit kan er toe leiden dat de knoppen pas afsterven op het einde van de lente of zelfs het begin van de zomer.

Een tweede vernielend effect bestaat eruit dat wijnranken die geleden hebben onder vorstschade, sneller vatbaar zijn voor ziektes.

Eens de plant schade heeft geleden door nachtvorst, zal de daaropvolgende oogst nadelen ondervinden. De schade zal dus afhankelijk zijn van verschillende factoren, zoals de snelheid van afkoeling, het fenologische stadia, de vochttoestand en het voorafgaand weertype (Glenn McGourty).

## 2.5 Determinanten van vorstschade

Zoals in voorgaande paragrafen aangegeven wordt, zijn er tal van determinanten die bepalen of er al dan niet schade gaat zijn en hoe zwaar de schade is. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen de planteigen determinanten en de intensiteit van de vorst.

1. De planteigen determinanten zijn determinanten die bepalen hoe resistent de wijnrank zelf is om nachtvorst te overwinnen. In de literatuur wordt dit begrip omschreven als de "cold hardiness". Hiermee wordt de overlevingscapaciteit van een bepaalde wijnsoort volgend op een periode van lage temperaturen bedoeld (Shaulis, N. 1971).

- De kritieke temperaturen en bloeitijdstippen zijn verschillend naargelang de druivensoort. In onderstaande tabel kunnen de kritieke temperaturen per soort terugvonden worden. Young (1966) omschreef de kritische temperatuur als de laagste temperatuur die een organisme kon verdragen gedurende 30 minuten zonder schade op te lopen. Met BUD 10,50 en 90 wordt respectievelijk bedoeld dat 10, 50 of 90% van de primaire knoppen afsterft.

Tabel 4 : Bud- temperaturen

Druivensoort	BUD10 °C	BUD50 °C	BUD90 °C
Merlot	-9,72	-11,39	-12,78
Chardonnay	-7,50	-8,61	-9,17
Pinot noir	-10,00	-10,83	-11,94
Pinot Gris	-12,78	-13,89	-16,11
Muscat blanc	-6,67	-7,50	-8,33
Green Veltliner	-7,78	-8,61	-9,72
Chenin blanc	-6,11	-7,50	-8,89
Riesling	-7,22	-8,06	-8,61
Gewurztraminer	-10,56	-11,39	-11,94

Bron: Proefcentrum voor Fruitteelt (2014)



Uit de enquête die onlangs werd uitgevoerd door het Proefcentrum voor Fruitteelt komt voort dat 75% van de totale gewassen in België bestaan uit Chardonnay, Pinot noir en Pinot gris (2014).

Tabel 5 : Kritische temperaturen

Vorstweerstand klasse	kritische temp. LT50	Soort	Variëteit voorbeelden
erg gevoelig	-15 °C <--> -20 °C	Vitis Vinifera	Merlot, Syrah, Chenin blanc
gevoelig	-17 °C <--> -22 °C	Vitis Vinifera	Chardonnay, Pinot gris, Pinot noir
matig gevoelig	-20 °C <--> -23 °C	Vitis Vinifera en sommige hybrides	Riesling, Cabernet Franc, Gamay
matig hard	-23 °C <--> -26 °C	meeste hybrides	Traminette, Seyval blanc,
hard	-26 °C <--> -28 °C	meeste Vitis Labrusca	Concord, Niagara
erg hard	-28 °C <--> -34 °C	Enkele hybrides	Frontenac, Foch

bron: Proefcentrum voor Fruitteelt (2014)

Uit bovenstaande tabel wordt er dus afgeleid dat de wijnsoorten die in België vooral gebruikt worden gevoelig zijn aan vorst. Daarom is het des te belangrijker om de meest effectieve manier van vorstbestrijding te bepalen.

- Een andere planteigen determinant is de meer algemene toestand van de wijnrank op zich, zoals de gezondheid, de positie, het ontwikkelingsstadium en de groeikracht van de struik.

2. De intensiteit van de vorst wordt dan ook weer door verschillende factoren beïnvloed ;

- de duur en ernst van de vorst (een langere vorstduur is nadeliger dan een korte) (Johnson and Howell, 1981) ;
- snelheid van temperatuurdaling (een snellere temperatuurdaling richt meer schade aan dan een trage);
- luchtvochtigheid  
de luchtvochtigheid is één van de meest onderschatte oorzaken. Een hoge luchtvochtigheid zal ervoor zorgen dat de warmte sneller afgegeven zal worden zodanig dat vorst sneller plaatsvindt (M. Polleunis, 2015) ;
- omgevingsfactoren (hoogte, kleur en structuur van de grond, ligging van het perceel) (Proefcentrum voor Fruitteelt,1999 ; Proebstring et al., 1978)

-De ligging en reliëf van het perceel is een zeer belangrijke factor, koude lucht is namelijk zwaarder dan warme lucht, dus deze koude luchtlagen verplaatsen zich naar de laagst mogelijke gedeelten van de terreinen. In een dal is de kans op nachtvorst dus groter (KVL,1998).

-Zo zorgt de aanwezigheid van grote wateroppervlakten voor een bijkomende bescherming tegen vorst. Een onbevoren wateroppervlakte voorziet in een lager gelegen gebied waar de koude lucht naartoe kan trekken. Water bezit een groter opslagcapaciteit van warmte dan de bodem of de lucht. De waterdamp die vrijkomt door een grote wateroppervlakte zorgt ervoor dat de relatieve vochtigheid stijgt en dit helpt te beschermen tegen plotse temperaturdaling omdat vochtige lucht de warmte sneller doorgeeft dan droge lucht (Howell, 2000).

- De kleur en structuur van de ondergrond spelen ook een belangrijke rol, is de grond niet proper of bedekt met onkruid of takken, kan de warmtegeleiding niet optimaal plaatsvinden. Van zodra de grond bedekt is, heeft dit een isolerende werking en kan de warmte niet benut worden. (Proefcentrum voor Fruitteelt,1999)

## 2.6 Verlies aan wijnkwaliteit

Dr. Bruce Zoecklein beweert dat ouderdom van de wijnrank één van de 6 belangrijkste bijdragen levert tot de smaak en ontwikkeling van de wijn (Zoecklein, 1996).

Van zodra er wijnranken moeten vervangen worden door vorstschade, wordt de kwaliteit van de wijn aangetast. Zo zijn de Fransen lang van mening geweest dat oudere wijnranken, kwalitatief betere wijnen voortbrachten. Op het wijndomein Chateau Margaux, beweert general manager Paul Pontallier dat ouderdom één van de belangrijkste factoren van de kwaliteit is. Enkel wijnranken met ouderdom zijn in staat om wijnen voort te brengen met een diepe smaak.

Hoewel het wetenschappelijk bewijs beperkt blijft, is er geen twijfel mogelijk over het feit dat het frequent vervangen van wijnranken een significant verschil in kwaliteit zal meebrengen (Ross,1999).

Het bestrijden van nachtvorst brengt dus niet enkel een economische insteek met zich mee maar de kwaliteit van wijn er ook onder kan lijden.

## 2.7 Weerfenomeen vorst

Volgens het KMI wordt er van nachtvorst gesproken als de temperatuur kort bij het aardoppervlak onder het vriespunt (0°C) komt. Het energieverlies door de warmtestraling resulteert dus in een temperatuursdaling tot onder de 0 °C. Nachtvorst komt vooral voor wanneer er een open hemel plaatsvindt met relatief weinig wind. Wanneer de aanvoer van polaire lucht ervoor zorgt dat de temperatuur onder het vriespunt gaat, wordt er niet meer van nachtvorst gesproken maar wel van windvorst (Zabadal et al., 2007).

Vorst kan ook ingedeeld worden naargelang het seizoen. Zo is er winter-vorst, lentenachtvorst en herfstvorst.

De winter-vorst richt voorlopig weinig tot geen schade aan omdat de wijnstokken dan in winterslaap zijn en de stok dus winterhard is. De stokken hebben dan een weerstand tot -20 °C/-25°C, afhankelijk van de soort. De laatste jaren is de temperatuur al enorm hard gezakt in de winter (januari & februari 2012), het is dus niet ondenkbaar dat wijnbouwers zich binnen enkele jaren ook moeten beschermen tegen wintervorst.

Uit voorgaande deelvraag blijkt lentenachtvorst zeer gevaarlijk te zijn voor schade op te lopen! Deze vorst vraagt dan ook voor de gepaste vorstbestrijdingsmiddelen! De herfst-vorst gaat net zoals de winter-vorst gepaard met weinig tot geen gevaar. De plant bereidt voor op om winterhard te worden (Proefcentrum voor Fruitteelt, 2014).

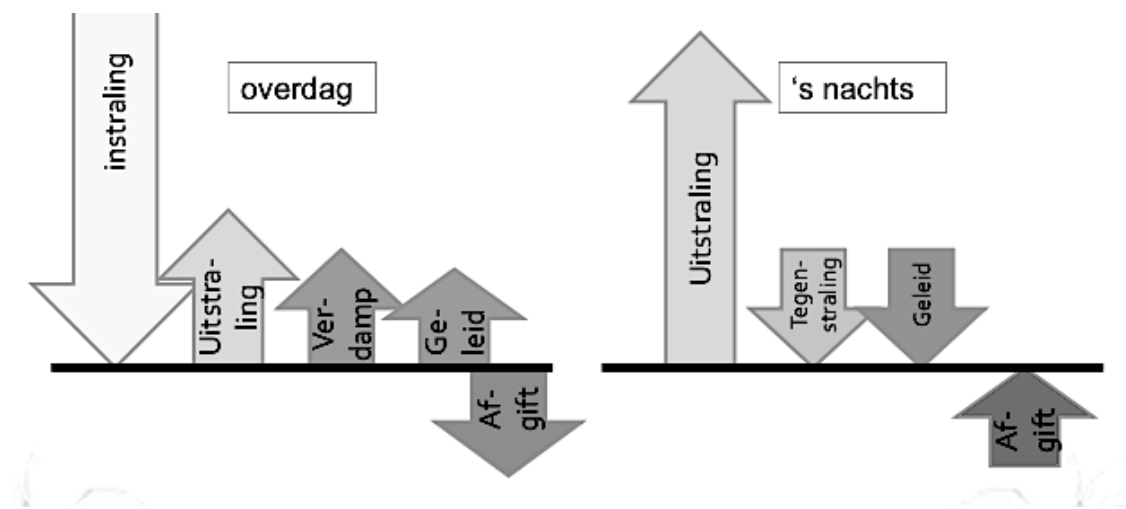
## 2.8 Ontstaan van nachtvorst

Om het proces achter nachtvorst te kunnen begrijpen, wordt er nagaan wat er zowel overdag als 's nacht gebeurt. Overdag zorgt de zon ervoor dat er een temperatuurwinst ontstaat door de instraling van de energie, dit fenomeen vindt ook plaats als er een bewolkte hemel is, hetzij minder krachtig. Een deel van deze energie die de zon uitstraalt, wordt opgeslagen in de bodem. Een belangrijke vereiste voor deze energieopname is dat de bodem proper en ietwat vochtig moet zijn! Overdag straalt er ook veel warmte weg omdat de temperatuur overdag hoger is dan 's nachts (KVLT, 1998). Er wordt eveneens energie gebruikt voor de verdamping van water en voor het opwarmen van de lucht en de grond. Overdag vindt er dus een temperatuurwinst plaats (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999).

De temperatuurwinst die overdag plaatsvindt, resulteert in een verlies 's nachts. De uitstraling van de opgeslagen energie is gebonden aan eventuele belemmeringen, deze komen meestal voor in de vorm van wolken. Wolken hebben de eigenschap om de uitstraling zeer sterk af te remmen, ze kunnen de warmte opnemen en stralen deze dan terug uit naar het aardoppervlak. Deze straling wordt tegenstraling genoemd.

(Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999)

Afbeelding 3 : Inversievorst



bron: Proefcentrum voor Fruitteelt (2014)

Alles wat zich boven het aardoppervlak bevindt, straalt warmte uit. Dit zijn zowel planten, gewassen en de grond. De uitstraling zorgt ervoor dat de planten energie verliezen, het verlies aan energie resulteert in een temperatuurdaling. De bodem en de planten koelen als eerste af en daarna pas de lucht! De temperatuur van de lucht blijft dus langer warm dan de planten! Het verschil tussen de lucht en de planten kan tot 2°C oplopen (KVL, 1998)! De lucht op zich is ook in staat om nog warmte af te geven. Van zodra er matige wind opsteekt, worden de hoger gelegen warme luchtlagen gemengd met lager gelegen koudere luchtlagen. Deze combinatie kan ervoor zorgen dat er een toevoer van warmere lucht ontstaat.

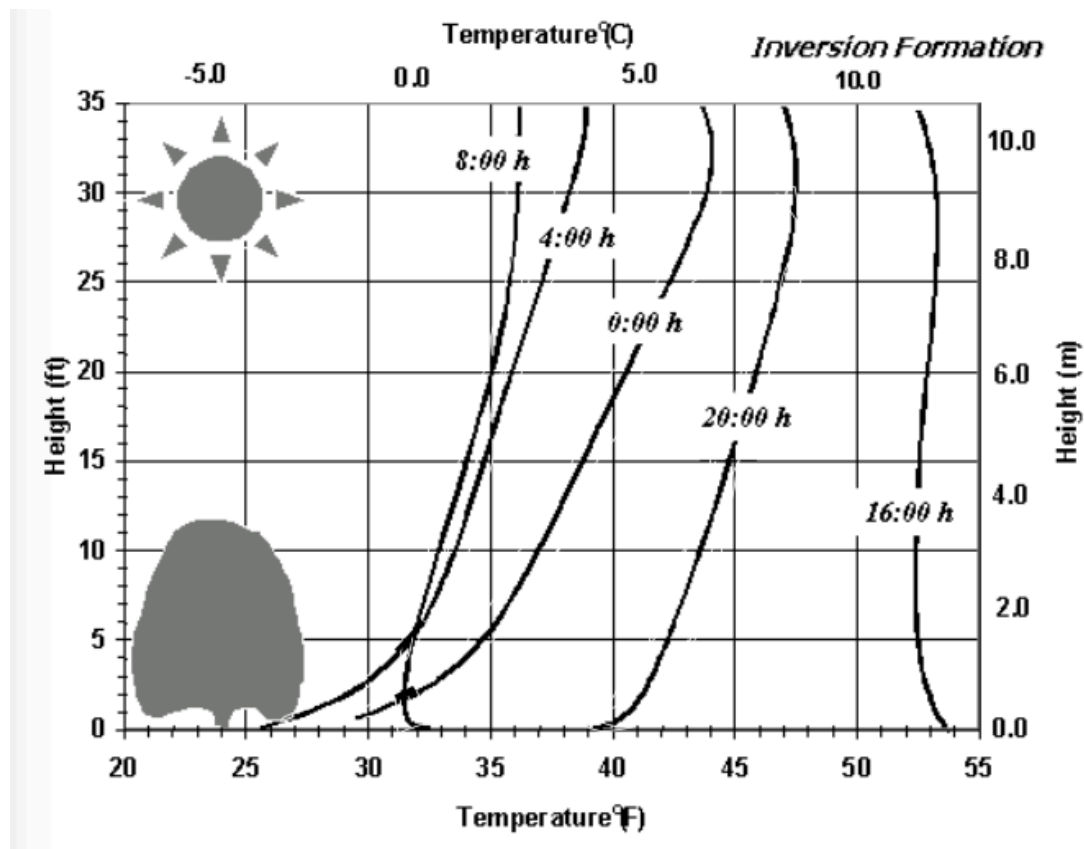
Zoals eerder aangegeven geeft de grond warmte af, het is dus van immens belang dat de grond proper en zuiver wordt gehouden om de warmte uitstraling zo optimaal mogelijk te laten verlopen (Proefcentrum voor fruitteelt, 1999).

In nachtvorst bestaan nog 2 subcategorieën namelijk de "witte" en de "zwarte" vorst. De witte vorst ontstaat wanneer waterdamp aan het aardoppervlak vastvriest en een witte laag van vorst vormt. De zwarte vorst ontstaat wanneer de temperatuur onder de 0°C valt en er geen witte vorstlaag tot stand komt, deze vorm van vorst komt vooral voor wanneer de luchtvochtigheid voldoende laag is. Omdat er warmte vrijkomt tijdens de vorstafzetting, veroorzaakt de witte vorst meestal minder schade dan de zwarte vorst

## 2.9 Het inversieprincipe

Zoals eerder al aangegeven is koude lucht zwaarder dan warme lucht. Dit betekent dat tijdens windstille nachten met een open hemel, de temperatuur zal stijgen naargelang de hoogte. Het stijgende temperatuurverloop gaat niet constant door, er is een bepaalde grens waar de temperatuur terug afneemt naargelang de hoogte. Deze grens is verschillend van nacht tot nacht, maar zit meestal in de buurt tussen 15 à 20 meter, dit is beter bekend als de inversiehoogte (Snyder, 2005). Het is dus perfect mogelijk om de verschillende luchtlagen (warme & koude) met elkaar te mengen met windsystemen, later meer hierover. Een zwakke inversie vindt plaats wanneer de temperatuurverschillen klein tot middelmatig zijn, een sterke inversie vindt plaats wanneer de temperatuurverschillen groot zijn. Een sterke inversie wordt meestal veroorzaakt wanneer er een warme, zonnige dag aan vooraf gegaan is (Snyder & Paulo, 2005). Vermits de koude luchtlagen zich naar onder verplaatsen, hebben lage gewassen meer kans op schade dan de hoge gewassen. Dus de kans op schade aan wijnstokken is groter dan aan hoger gelegen gewassen zoals hoogstambomen.

Afbeelding 4 : Inversietemperaturen



bron : Extreme Weather University of California (z.d.)

In bovenstaande figuur is duidelijk te zien hoe het temperatuursverloop verschilt naargelang de hoogte, ook wel het inversieëffect genoemd.

## 2.10 Windvorst

Windvorst wordt veroorzaakt door de aanvoer van grote hoeveelheden koude lucht, meestal vergezeld door een matige tot sterke wind en een lage luchtvochtigheid.

Het inversieprincipe is niet van toepassing op windvorst, de temperatuur van de lucht staat in negatief verband met toegenomen hoogte. Er kan dus ook geen menging van de verschillende luchtlagen plaatsvinden. De planten en lucht nemen dezelfde temperatuur aan. Omdat de meeste huidige bestrijdingssystemen effectiever zijn onder de inversie, veroorzaakt windvorst meer schade omdat het moeilijker te bestrijden is (McGourty).

Tabel 6 : Nachtvorst vs. windvorst

<b>Nachtvorst/ Stralingsnachtvorst</b>	<b>Windvorst</b>
Weinig tot geen wind	Middelmatige tot sterke wind
Open hemel	Wolken kunnen voorkomen
Koude luchtlaag tussen 10 tot 50m	Koude luchtlaag tussen 150 tot 1500m
Inversieontwikkeling	Geen inversie
Meer effectieve bestrijding mogelijk	Minder effectieve bestrijding mogelijk

Bron : Proefcentrum voor Fruitteelt (2014)



### 3. Vorstbestrijdingsmiddelen

Uit de vorige deelvraag kan afgeleid worden dat vorst zeer catastrofale gevolgen kan hebben voor de oogst en de daarbij horende gevolgen. De winst die de wijnbouwer realiseert op het commercialiseren van zijn wijn is uit micro-economisch standpunt de belangrijkste drijfveer. Het minimaliseren van vorstschade is op zich niet het belangrijkste doel maar het is van cruciaal belang dat de gepaste maatregelen worden getroffen om deze schade zoveel als mogelijk te voorkomen. Deze schade kan een enorme impact hebben op de winstgevendheid (Zabadal et al, 2007). In deze deelvraag wordt er dieper ingegaan op de mogelijke maatregelen die wijnbouwers kunnen treffen om schade te voorkomen. Het beschermen van wijngaarden tegen vorst bestaat al meer dan 2000 jaar. Zo beschermden de Romeinen hun gewassen al door middel van brandhaarden (Blanc et al. 1963).

De verschillende technieken om vorstschade te bestrijden worden zeer dikwijls ingedeeld in directe en indirecte technieken (Bagdonas, Georg and Gerber, 1978) ofwel in passieve en actieve technieken (Kalma et al., 1992).

- Passieve methoden hebben een meer preventieve insteek, ze worden aangewend voor langere periodes en hun positief effect komt naar voren wanneer vorstcondities zich voordoen. Passieve methoden worden meer in verband gebracht met biologische en ecologische technieken (Snyder & Paulo, 2005).
- Actieve methoden zijn tijdelijker en veel arbeids- of energie-intensiever. Deze methoden vereisen een grotere inspanning de dagen voorafgaand aan vorst of de nacht zelf (Zabadal, 2007). Hierbij moet rekening gehouden worden met het verloop van olie- en gasprijzen. Het is echter zeer moeilijk om te voorspellen hoe deze prijzen de komende jaren gaan evolueren.



In onderstaande tabel wordt er een classificatie terugvinden van de verschillende methoden.

Tabel 7 : Passieve vs. actieve methoden

Passieve methoden	<ul style="list-style-type: none"><li>- geografische wijngaardselectie</li><li>- keuze druivensoort</li><li>- verbeteren algemene toestand wijnrank</li><li>- tijdstip &amp; methode van snoeien</li><li>- bodemwaterbeheer</li><li>- zwartstroken, gras en grond-onderhoud</li></ul>
Actieve methoden	<ul style="list-style-type: none"><li>- afdekken</li><li>- verwarmen</li><li>- windmachines, helikopters &amp; cold air drain</li><li>- rook</li><li>- sproeistoffen</li><li>- beregenen</li></ul>

### 3.1 Passieve methoden

#### 3.1.1 Geografische wijngaardselectie

De geografische kenmerken van een terrein zijn één van de belangrijkste determinanten waar de wijnbouwer rekening mee moet houden bij aankoop van een terrein.

W.J. Humphreys, een gerenommeerde weerkundige en wijnliefhebber, liet in 1914 al optekenen dat bij de uitbouw van een wijngaard 3 factoren in rekening gebracht moesten worden: locatie, locatie & locatie. Deze stelling geldt vandaag de dag nog meer dan vroeger.

Van zodra er zich een helling bevindt, vindt het eerder genoemde fenomeen plaats, namelijk dat de koude lucht zal afvloeien naar het laagste punt. Daardoor kan de temperatuur op het laagste punt aanzienlijk lager zijn dan op hoger gelegen stukken (KVL, 1998). Dit betekent dat wijngaarden die op een flank zijn gelegen, sneller geconfronteerd worden met vorstschade dan andere. Reeds bij hellingen van 1 op 100 kan koude lucht afstromen (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999). Het is dus een logisch gevolg dat vorstschade slechts in één bepaald gebied van de wijngaard kan voorkomen. Er kan dus beter vermeden worden van het aanleggen van wijngaarden in lager gelegen gebieden tenzij een kost-effectieve methode wordt uitgezet op de lange termijn om vorstschade te beperken (Snyder & Paulo, 2005).

Het is dus van belang dat er genoeg informatie wordt ingewonnen over het gebied. Zo kunnen andere wijnbouwers een goed referentiepunt zijn om de vorstfrequentie in te schatten.

Het opgeven van een reeds aangekochte wijngaard moet soms ook in overweging genomen worden van zodra de vorstschade enorme proporties aanneemt.

Het type bodem is ook een belangrijk element. Droge, zanderige bodems kunnen warmte beter opnemen en afdragen dan zware kleigronden. De 2 voorgaande types van gronden zijn in elk geval nog beter dan de organische turfbodem. De eigenschappen om warmte beter op te nemen en af te dragen komen voort uit de structuur en densiteit van de grond. Turfbodems bevatten veel luchtholtes en vermits lucht niet in staat is om warmte langdurig vast te houden, worden turfbodems beter vermeden (Snyder & Paulo, 2005).

Zo zorgt de aanwezigheid van grote wateroppervlakten voor een bijkomende bescherming tegen vorst. Een onbevoren wateroppervlakte voorziet in een lager gelegen gebied waar de koude lucht naartoe kan trekken. De waterdamp die vrijkomt door een grote wateroppervlakte zorgt ervoor dat de relatieve vochtigheid stijgt en dit helpt te beschermen tegen plotse temperaturdaling omdat vochtige lucht de warmte sneller doorgeeft dan droge lucht (Howell, 2000).

De aanleg of aanwezigheid van bomen, struiken, hagen, bergen hooi en zelfs afspanningen worden gebruikt om de luchtstroom te beïnvloeden. Deze kunnen namelijk de stroom van koude lucht naar lager gelegen gebieden blokkeren en zo vorstschade voorkomen.

De redenering kan ook omgedraaid worden, zo kunnen barrières verplaatst worden om de luchtstroom te bevorderen en zo de opeenstapeling van koude lucht te verminderen. Er moet eerst een grondig inzicht verworven worden hoe de luchtstroom zich verplaatst over het gegeven gebied (Zabadal, 2007).

### 3.1.2 Keuze druivensoort

De keuze van de soort is een zeer 'eenvoudige' maatregel om vorstschade te beperken. Eens er wordt gekozen voor een soort die relatief laat bloeit, vermindert de kans op schade drastisch. Zo is de ene soort ook al resistenter dan de andere soort. Een Riesling is bijvoorbeeld minder gevoelig dan een Merlot. De keuze moet dus niet enkel gemaakt worden naargelang de voorkeur van de druivensoort maar de soort moet ook geschikt zijn voor de specifieke klimaatdeterminanten (Zabadal et al., 2007).

De consument speelt hier ook een zeer belangrijke rol in, consumenten hun voorkeur gaat vandaag nog altijd uit naar de meer traditionele (en minder vorstresistente) druivensoorten (Houben, 2015).

### 3.1.3 Algemene toestand wijnrank

Ongezonde wijnranken zijn veel gevoeliger voor vorstschade. Fertilisatie kan de algemene gezondheid van de plant verbeteren. Hoewel de literatuur rond deze relatie zeer beperkt en tegenstrijdig is, wordt er van uitgegaan dat stikstof en fosfor de gevoeligheid aan vorst vergroten! Dus wanneer vorstschade vermeden wilt worden, zou het toedienen van deze voedingsstoffen beperkt moeten worden (Snyder & Paulo, 2005).

### 3.1.4 Tijdstip & methode van snoeien

Er bestaan ook manieren om vorstschade te verminderen, gebruik makend van de natuurlijke groei van de wijnstokken. Wanneer er eenmalig gesnoeid wordt, is het aangeraden het snoeitijdstip zo laat mogelijk te zetten voor wijnranken die gevoelig zijn aan vorst. Zo wordt namelijk de groei- en bloeifase verlaat. Het is dus zeker niet aangeraden om in de herfst te snoeien, deze wijnstokken lopen dan meer schade op dan de wijnranken die niet gesnoeid zijn (Wolpert and Howell 1984; Shaulis N., 1971).

Er bestaat ook nog een tweede techniek, waarbij er tweemaal gesnoeid wordt. De eerst snoeibeurt gebeurt zeer vroeg in het stadium van de ontwikkeling en zorgt ervoor dat het aantal gewenste knoppen verdubbelt of verdrievoudigt. Als er dan geen vorstschade voorgevallen is, wordt met de tweede snoeibeurt het aantal gewenste knoppen bereikt. Indien er wel vorst optreedt, zal er een natuurlijke selectie zijn van de knoppen. Het komt erop neer dat de knoppen die vorstschade hebben opgelopen zullen weggesnoeid worden nadat het gevaar op vorstschade is gepasseerd (Zabadal et al., 2007). Wanneer deze techniek toegepast wordt, worden de overbodige of beschadigde knoppen weggesnoeid.

Volgens recente bevindingen van het DWI (2015) wordt het effect van het tijdstip van snoeien ruim overschat. De bloeitijd zal nooit substantieel verlaat kunnen worden door later te snoeien. Het effect blijft beperkt tot maximum enkele dagen en niet tot de verhoopte weken.

### 3.1.5 Bodemwaterbeheer

Wanneer de bodem zeer droog is, bevinden zich meer luchtholtes in de bodem. Deze luchtholtes verhinderen de warmte opname/opslag. Daarom is het aan te raden wanneer de bodem zeer droog is, deze nat te maken. Het doen toenemen van de vochtigheid verbetert het vermogen van de bodem om warmte op te nemen en op te houden. Ten eerste reflecteert een natte grond minder van de zoninstraling overdag en ten tweede zal de aanwezigheid van water in de bodem de warmtecapaciteit doen toenemen. Een bodem met volumetrisch vochtgehalte van 0,2 (20% water per volume) kan 2 maal zoveel warmte vasthouden per eenheid volume als een droge bodem (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999). Het is voldoende om de bovenste laag van de bodem nat te maken omdat de warmte opname/opslag in de bovenste 30cm gebeurt (Snyder & Paulo, 2005). Wanneer deze techniek toepast wordt, is het belangrijk de grond geruime tijd op voorhand te bevochtigen voor de vorst plaatsvindt. De planten moeten droog zijn voor de avond invalt. Er is een temperatuurwinst van 1 à 2 °C mogelijk (KVL,1998).

### 3.1.6 Zwartstroken, gras en grond-onderhoud

Het zuiver houden van de zwartstroken en het gras kort houden is één van de meest gebruikte technieken om vorstschade te voorkomen. Het kan een temperatuurwinst van 2 à 3°C opleveren! Dit is een substantiële temperatuurwinst die bekomen kan worden door relatief weinig moeite en investeringen! Het loont dus zeker de moeite om de zwartstroken zuiver te houden en het gras zeer kort te maaien (Snyder & Paulo, 2005). Het verbouwen van de bodem (graafwerken, ploegen,..) in de aanloop naar vorstperiodes wordt ook best vermeden. Het verbouwen van de bodem creëert luchtholtes in de bodem en dit benadeelt de warmtegeleiding. Als het verbouwen van de bodem niet uitgesteld kan worden, wordt er aanbevolen de bodem terug zo compact mogelijk te maken en eventueel wat te bevochtigen.

Zo heeft het Proefcentrum verschillende metingen gedaan onder verschillende omstandigheden op 10 cm hoogte. In onderstaande tabel kunnen de resultaten afgelezen worden.

Tabel 8 : Zwartstrookonderhoud

<b>Omstandigheden</b>	<b>Temperatuur °C</b>
Zwartstrook volledig bedekt (niet onderhouden)	-4,1
Grasmat	-3,3
Zwartstrook met lichte onkruidbezetting (semi-onderhouden)	-2,1
Naakte, droge grond	-1,7
Naakte & vochtige grond	-1,2

Bron: Proefcentrum voor fruitteelt (1999)

## 3.2 Actieve methoden

Actieve methoden zijn tijdelijker en veel arbeids- of energie-intensiever. Deze methoden vereisen een grotere inspanning de dagen voorafgaand aan vorst of de nacht zelf (Zabadal, 2007). De actieve methoden worden hieronder besproken.

### 3.2.1 Afdekken

Het afdekken is wellicht de oudste methode die vandaag de dag nog steeds gebruikt wordt. Het afdekken gebeurt niet enkel met plastic maar ook met andere materialen zoals hooi/stro, bladeren, mest, grasafval en grond (Zabadal, 2007). Uit onderzoek blijkt dat doorschijnende plastic een grotere effectiviteit heeft dan zwarte plastic (Snyder & Paulo, 2005).

Het beschermen van de wijnranken door het afdekprincipe wordt enkel toegepast op onderste gebieden van de wijnrank, zelden worden de knoppen afgedekt om vorstschade te voorkomen (McGourty).

Er is echter één belangrijk nadeel aan het afdekprincipe. Van zodra er meer vegetatieve materialen gebruikt worden om de bodem af te dekken, wordt de opname van warmte in de bodem ook geblokkeerd (Snyder & Paulo, 2005). Het bedekken is ook moeilijk praktisch uitvoerbaar tegen lentedonnvorst. Wanneer het afdek materiaal voor een langere periode aanwezig mag zijn (winterdonnvorst), kan afdekken wel een interessante piste zijn (Proefcentrum voor Fruitteelt, 2014).

Het afdekken van de onderstam met aarde is ook een veelgebruikte techniek in Canada. Aarde heeft namelijk zeer goede isolatiekenmerken en er is genoeg aarde op elke wijngaard aanwezig om de wijnstokken te bedekken.

Maar deze techniek heeft ook verschillende beperkingen. Zo is het zeer moeilijk om geschikt materiaal te vinden om het bedekken vlot te laten verlopen, het weghalen van de grond is een zeer arbeidsintensieve opdracht, potentieel gevaar voor gronderosie en het beschadigen van de wijnstokken. Deze methode kan dus wel geschikt zijn om winterdonnvorstschade te beperken.

In onderstaande foto's kan u een afgedekte onderstam zien.

#### Afbeelding 5 : Afdekken



bron: Proefcentrum voor Fruitteelt (2014)

#### Afbeelding 6 : Afdekken 2



bron: Zabadal et al. (2007)

Desondanks verschillende beperkingen is het bedekken met aarde een kost effectieve aanpak. Recente berekeningen schatten de kost op het aanbrengen van de grond op 78 euro per hectare en het verwijderen van de grond op 135 euro per hectare (White, 2005). Deze kost van 78 en 135 euro is berekend in 2005, na indexatie bedraagt deze kost respectievelijk 95,78 euro en 165,76 euro per hectare. (basisjaar 2005 = 100, maart 2015= 122,79 ; FOD economie).

De hogere kost voor het verwijderen van de grond is te wijten aan de hogere arbeidsintensiviteit, het tempo waaraan de aarde verwijderd kan worden ligt veel lager dan het aanvullen (Zabadal et al., 2007).

Er is verschillend materieel ontwikkeld om deze methode toe te passen, zo zijn er bijvoorbeeld de éénscharige ploegen. Een mogelijk nadeel van deze ploeg is dat deze ploeg te diep moet gaan om voldoende grond om te gooien en zo schade kan aanrichten aan de wortels.

Daarvoor is het aangewezen om een ploeg met meerdere scharen te gebruiken, deze moeten namelijk minder diep ploegen om de gewenste aarde om te gooien (Zabadal et al., 2007).

In onderstaande foto's kan u het principe van de éénscharige ploeg terugvinden.

Afbeelding 7 : éénscharige ploeg



bron: Zabadal et al. (2007)

Afbeelding 8 : éénscharige ploeg 2



bronnen : Zabadal et al. (2007)



Het bedekken van de wijnstokken zou best in november gebeuren onder relatief droge omstandigheden. Het verwijderen van de grond zou best in mei moeten gebeuren zodat er geen achterstand ontstaat met het bodemmanagement zoals herbicide bestrijding (Zabadal, 2007).

Een variatie op het traditioneel afdekken is de Canadese methode. De wijnstokken worden tegen een hoek van 45°-55° graden ingepland en het vruchtbare gedeelte wordt ondergedekt door aarde, deze laag beschermt de planten tegen vorstschade.

#### Voordelen

- Lage investeringskost
- Milieuvriendelijk
- Kosteffectief

#### Nadelen

- Kan warmteopname van de grond verhinderen
- Te diep ploegen kan wortelschade en gronderosie veroorzaken

### 3.2.2 Verwarmen

Het verwarmingsprincipe steunt op 2 mechanismen ;

- de warme uitstoot verwarmt de lucht en zorgt zo voor een convectiestroming tot aan het inversieplafond. De koude lucht die zich onderaan bevindt, wordt dan opgewarmd en stijgt. Koudere lucht neemt de plaats onderaan in en wordt op zijn beurt weer opgewarmd;
- anderzijds is er ook een deel direct stralingswarmte van de bron naar de dichtst bijstaande plant (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999).

Twee verschillende technieken worden onderscheiden in het verwarmen van de wijngaard namelijk de traditionele antivrieskaarsen (paraffinepotten) en het meer moderne systeem van de mobiele warmtekanonnen.

De antivrieskaarsen zijn al geruime tijd in omloop en hebben hun effectiviteit bewezen onder nachtvorst. Maar van zodra er een matige tot sterke wind opsteekt, neemt de effectiviteit exponentieel af omdat de warmte dan wordt weggeblazen. Voor België lijkt toepassing op kleinere percelen, in situaties waar watervoorziening een probleem is of in combinatie met luchtcirculatie (volgt later) interessant (KVLT,1998). Er wordt ook aangeraden om aanvullende kaarsen aan de rand van het perceel te plaatsen. De warme lucht die in het midden van de wijngaard opstijgt, produceert een inflow van koude lucht. Deze koude lucht wordt aangetrokken aan de rand van het perceel. Daarom wordt deze best opgewarmd om schade te voorkomen (Perry et al. 1977).

De kaarsen hebben een werking van minstens 10 uur, dus kunnen ze over 2 vorstnachten gebruikt worden. De samenstelling van de kaars is op basis van petroleum maar de producenten garanderen een milieuvriendelijke samenstelling en werking. Deze antivrieskaarsen worden vooral geadviseerd aan telers die slecht een beperkte oppervlakte in hectare moeten beschermen. Als de oppervlakte te groot wordt, is het nog zeer moeilijk om dit praktisch uit te voeren. De hoge aanschafprijs is een kost waarmee zeker rekening mee gehouden moet worden, deze bedraagt +/- 9 euro exclusief BTW. (Fyto Vrankan, 2015). Er moet ook gewezen worden op de milieugevolgen die antivrieskaarsen met zich meebrengen, de lucht wordt sterk vervuild door de verbranding, ondanks de harde inspanningen om deze methode milieuvriendelijker te maken.

De intensiteit van de vorst kan opgevangen worden naargelang meer of minder kaarsen worden ingezet. In onderstaande tabel kan u de gewenste hoeveelheden aflezen.

Tabel 9 : frequentie vuurpotten

<b>Temperatuur</b>	-2°C	-3°C	-4°C	-5°C	-6 à 7 °C
<b>Aantal kaarsen per ha</b>	200	200-250	300-350	350-400	400-500

Bron: Fyto Vranken (2015)

### Voor -en nadelen antivrieskaarsen

#### Voordelen

- zéér eenvoudige methode
- geschikt voor kleinere percelen
- adaptief systeem, nl. sterkere vorst kan opgevangen worden door meer kaarsen te zetten
- vrij van vergunning

#### Nadelen

- zéér arbeidsintensief (plaatsing, aansteken, doven)
- Voldoende opslag en voorraad nodig, er wordt een minimumvoorraad van 3 nachten aanbevolen
- Milieuschade

Vroeger werden er ook zeer grote vuren aangestoken om de koude uit de wijngaarden te verdringen. Deze techniek blijkt volledig achterhaald te zijn omdat ten eerste de inversielaag gebroken kan worden door de enorme warmte die deze vuren produceren en ten tweede hebben vuren van een zeer grote omvang ook een zeer groot aanzuigeffect. Via dit aanzuigeffect wordt koude lucht de wijngaard ingetrokken, wat de schade kan vergroten!

## Frostguard

Een tweede systeem bestaat uit verspreiden van warmte via een warmtekanon. Deze techniek komt overwaaien uit Chili. In 1997 werd de eerste warmtemachine, voorloper van de Frostguard & Frostbuster, op de markt gebracht. In Zuid-Amerika zijn warmtekanonnen vaak gebruikt maar in Europa en Noord-Amerika zijn deze minder gangbaar door de relatief hoge kost van brandstof.

De Frostguard is het meest bekende en best ontwikkelde systeem dat momenteel op de markt te verkrijgen is. De Frostguard GC30 is een warmtekanon dat bovenaan over een rotatie uitlaatsysteem beschikt. Deze wordt dan ook aangeraden voor wijngaarden. De GC30 heeft een gasbrander en een krachtige ventilator om de warmte te verspreiden, aangedreven door een benzine- of gasmotor. Er wordt meestal gebruik gemaakt van een gasmotor. Zo hoeft er maar één bronvloeistof (gas) gebruikt te worden voor zowel de aandrijving als het warmtekanon. De Frostguard beschikt ook over een automatisch start/stop systeem.

Het beschermde oppervlak wordt geschat op een diameter van 100 tot 120 meter. Het aantal geproduceerde decibels is ook verminderd wat het voor omliggende bewoners aangenamer maakt. De machine maakt op een afstand van 70 meter een geluid van 44,4 dB (Agrofrost, 2015). De installatie of werking van de Frostguard vraagt geen vergunningen.

Afbeelding 9 : Frostguard GC20



bron : [www.agrofrost.eu](http://www.agrofrost.eu) (2015)

Afbeelding 10 : Frostguard Type GC30



bron : [www.agrofrost.eu](http://www.agrofrost.eu) (2015)

Voor wijngaarden wordt de GC30 aangeraden. De uitlaat bevindt zich hier boven de machine en zou daarom een grotere effectiviteit in de wijngaard behalen. Agrofrost maakt zich sterk dat temperaturen tot  $-5^{\circ}\text{C}$  kunnen opgevangen worden zowel bij stralingsvorst als windvorst. Er moet wel opgemerkt worden dat het resultaat sterk afhankelijk is van de sterkte en temperatuur van de wind (Agrofrost, 2015).

### Werking

De werking van de Frostguard steunt grotendeels op de werking van de Frostbuster. Door ten eerste temperatuurschommelingen te veroorzaken en ten tweede een verlaging van de luchtvochtigheid ontstaat er minder schade.

De temperatuurschommelingen worden veroorzaakt door de warme luchtstroom. De temperatuur wordt tijdelijk verhoogt om nadien weer te dalen. Deze fluctuaties verhinderen dat de knoppen bevriezen, steunend op de fysische eigenschappen van water. De vorming van ijskristallen wordt dus sterk gereduceerd.

De tweede belangrijke factor is het inspelen op de verlaging van de luchtvochtigheid. Van zodra de relatieve vochtigheidsgraad daalt, wordt het dauwpunt veel later bereikt. Daarenboven zullen voorwerpen welke nat of vochtig zijn sneller bevriezen dan droge voorwerpen.

Het is belangrijk om de machine op te starten voor de temperatuur onder de  $0^{\circ}\text{C}$  duikt. Er dient een reactietijd van 30 minuten ingepland te worden, het duurt met andere woorden 30 minuten eer de machine zijn volledige operationele efficiëntie bereikt.

## Investering

De aankoop en het verbruik van zulke machines brengt natuurlijk een investeringskost met zich mee, De aanschafprijs voor een full-option Frostguard bedraagt 6500 euro. Het gasverbruik om de warmte te produceren en de motor aan te drijven ligt tussen de 10 en 15 kilogram per uur (Agrofrost, 2015). Veel telers plaatsen één grote ton voor gasopslag per perceel die wordt aangesloten op de Frostguard. Zodoende moet er niet meer met kleinere gasflessen gewerkt worden. De levensduur wordt minimaal geschat op 20 jaar.

## Voor- en nadelen FrostGuard

### Voordelen

- voor intensieve teelten met een hogere opbrengst per hectare kan de machine rendabel worden vanaf 1ha (Agrofrost, 2015)
- het systeem werkt niet alleen bij stralingsvorst maar ook bij windvorst
- gebruiksvriendelijk, snel en gemakkelijk inzetbaar en uitschakelbaar
- milieuvriendelijk: geen schadelijke uitlaatgassen

### Nadelen

- regelmatig nieuwe gasflessen aanhangen om de verbranding niet laten stil te vallen
- kans op een zeer lichte verbranding van de blaadjes

### 3.2.3 Rook

Vroeger werd er van uitgegaan dat de rook die door vuurpotten ontwikkeld werd, de aanplantingen beschermde tegen nachtvorst. Daarom dat er intensief getest is geweest met rookmachines, zonder positief gevolg. Deze rookmachines werden in de wijngaarden geplaatst en produceerden enorm veel rook.

Rookontwikkeling heeft nauwelijks effect om nachtvorstschade te bestrijden. De deeltjesgrootte van rook is overwegend niet voldoende om de warmte uitstraling tegen te houden. Rook wordt daarenboven snel weggeblazen. Rook heeft dus geen enkele toekomst meer als vorstbeschermer in de wijnbouw (LWG, 2012).

In onderstaande foto wordt het principe van rookmachines duidelijker

Afbeelding 11 : Rook als vorstbestrijding



### 3.2.4 Windmachines

Windmachines hebben ruime tijd geleden hun intrede gemaakt in de Verenigde Staten & Canada. Deze techniek is daar veel gebruikt, zelfs in combinatie met verwarming.

De windmachines hun werking speelt in op het inversieprincipe dat eerder al uitgelegd werd. Via de verplaatsing van luchtlagen en de aanzuiging van warme luchtlagen proberen deze de warme luchtlagen met de onderste koude luchtlagen te mengen en zo de temperatuur op te krikken (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999). Vooraleer een wijnbouwer wilt investeren in een windmachine, moet de wijnbouwer zeker zijn dat de inversie plaatsvindt tussen de 3 en 15 meter en op z'n minst een temperatuurverschil van 1,5°C teweeg kan brengen om optimaal gebruik te kunnen maken van de windmachine (Snyder & Paulo, 2005).

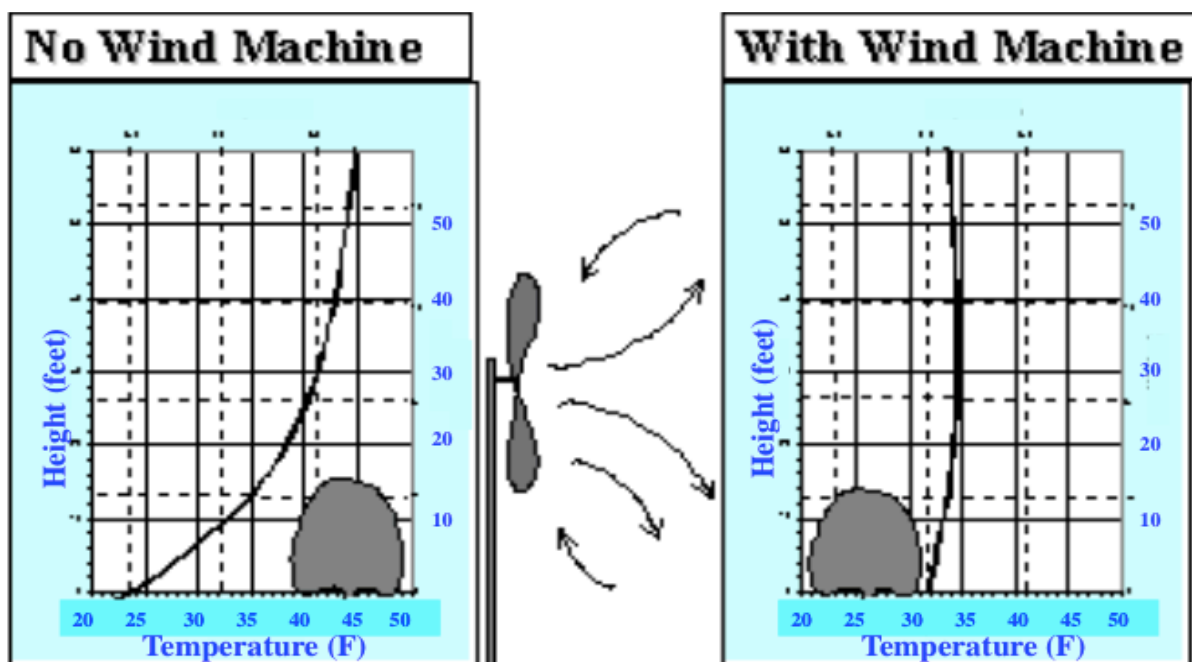
Windmachines worden niet aanbevolen wanneer er windvorst plaatsvindt of wanneer er een matige wind opsteekt. Maar deze tweede toestand komt in de praktijk niet voor omdat het tijdens stralingsnachtvorst meestal volledig windstil is (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999).

Wanneer er windvorst optreedt, hebben de knoppen van de wijnstokken een hogere temperatuur dan de lucht.

Van zodra de windmachine wordt geactiveerd onder windvorst, gaat de windmachine het afkoelingsproces van de knoppen versnellen. Wanneer het afkoelingsproces versneld wordt, gaat er meer schade zijn!

De werking van een windmachine wordt hieronder weergegeven.

Afbeelding 12 : Werking windmachine



bron : Extreme Weather University of California (z.d.)



## Aandrijving

De aandrijving van de windmachines kan gebeuren op 3 verschillende manieren, ten eerste door middel van de traditionele dieselmotoren, ten tweede door een elektrische aandrijving en als laatste door motoren aangedreven op gas. Wanneer de aandrijving elektrisch gebeurt, wordt de teler meestal een "standby"-fee aangerekend, deze dekt installatie -en onderhoudskost, de windmachines die aangedreven zijn op elektriciteit zijn eerder zeer beperkt.

De windmachines die aangedreven worden door een diesel- of gasmotor zijn in het algemeen meer kosteffectief maar ze vragen meer werkings-en onderhoudskosten, de investeringskost zal zich rond de 35 000 euro bevinden (Snyder & Paulo, 2005).

De aandrijving op gas wordt vandaag de dag het meeste gebruikt volgens Orchard rite. Orchard rite is de wereldmarktleider in het ontwikkelen en plaatsen van windmachines. De gasmotoren zijn ten eerste fors goedkoper (+/- 5000 euro) en ten tweede veel minder aantrekkelijk om onderdelen van te stelen. Het gebeurt frequent dat telers tot de vaststelling komen dat enkele onderdelen uit hun dieselmotor verdwenen zijn. Deze motoren bevinden zich meestal ver van de bewoonde wereld wat hun tot aantrekkelijke doelwitten maakt.

Het nadeel van deze gasmotoren is dan weer dat reserve onderdelen minder gemakkelijk te verkrijgen zijn. Gasmotoren worden namelijk minder vaak gebruikt zodat er minder reserve onderdelen aangehouden worden door de producenten.

## Windmachines onder hoek & in combinatie met warmtebronnen

Vermits wijngaarden dikwijls een glooiend of oplopend profiel hebben, kunnen de schoepen van de windmachine ook onder een hoek geplaatst worden om het reliëf van de wijngaard beter te volgen en zo de effectiviteit te vergroten. Hieronder kunt u een foto zien van een schoepen die onder een hoek geplaatst worden.

Afbeelding 13 : Windmachine onder hoek



Duidelijke kromming waar te nemen

bron: [www.orchard-rite.com](http://www.orchard-rite.com) (2015)

Wanneer er een sterk hellende wijngaard beschermd moet worden, wordt er aangeraden om windmachines in combinatie met verwarming te gebruiken. Op het uiteinde van de wijngaarden worden dan warmtebronnen geplaatst en deze zorgen voor een synergie tussen enerzijds de warmte geproduceerd door de warmtebronnen en anderzijds de luchtstroming geproduceerd door de windmachine. Enkel een windmachine kan temperaturen tot  $-4^{\circ}\text{C}$  opvangen, gecombineerd met warmtebronnen kan dit oplopen tot  $-6^{\circ}\text{C}$ .

Als er een zwakke inversie plaatsvindt, dan is de beschermingsgraad ook niet effectief genoeg. Het combineren van een verwarmingsinstallatie aan de windmachine of plaatsing van diverse warmtebronnen kunnen dan ook een verbetering betekenen. Het toevoegen van een warmtebron aan een windmachine maakt de nachtvorstbestrijding efficiënter, door middel van de warmtebron wordt de temperatuur verhoogd met ongeveer  $2^{\circ}\text{C}$  tot  $3^{\circ}\text{C}$ .

De warmte die dan boven het perceel uitstijgt wordt opgevangen door de windmachine en terug verdeeld (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999).

### Geluidshinder

Het werkingslawaai van deze windmachines is echter nog een zeer groot probleem. Indien een wijngaard dichtbij omliggende bewoners ligt, moet er sterk overwogen worden om een windmachine te plaatsen omwille van de geluidshinder. De geproduceerde decibels op enkele meters van de windmachine kunnen oplopen tot 80 dB (McGourty).

Dit vertaalt zich in een geluidsterkte van 44,4 dB op 600 meter afstand (Ghent Supply N.V., z.d.). Later volgt er meer over de milieuwetgeving omtrent deze windmachines.

### Oppervlakte

Uit onderzoek blijkt dat een moderne windmachine een oppervlakte van 4 tot 7ha kunnen beschermen, bij een inversietemperatuur van  $4^{\circ}\text{C}$  zal de temperatuurwinst van de lucht ongeveer  $1^{\circ}\text{C}$  à  $1,5^{\circ}\text{C}$  zijn. De inversietemperatuur is het verschil in temperatuur aan de grond en de temperatuur bij het inversieplafond. Zelfs zonder inversie zal er een lichte winst in temperatuur van de knop en bloemen zijn, omwille van het minimaliseren van de warmte uitstraling (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999).

Een nadeel ontstaat echter wel uit de vorm van de luchtcirculatie en de vorm van de wijngaarden. De luchtcirculatie zorgt ervoor dat een cirkelvormige of ovaalvormige oppervlakte beschermd wordt maar de meeste wijngaarden hebben eerder een vierkante of rechthoekige vorm (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999).

### Start- en stoptijdstip

Wat betreft het tijdstip van starten en stoppen van de windmachine wordt aanbevolen dat de windmachine wordt gestart net voor de temperatuur onder de 2°C duikt, idealiter zou dit tussen de 1,6°C en 1,8°C moeten zijn. In de praktijk zien we dat windmachines pas onder de 0,5°C worden gestart. Gebruikers van windmachines kiezen er voor om zo laat mogelijk te starten omwille van de geluidsoverlast en niet omwille van de operationele kosten.

Er moet wel op gelet worden wanneer de luchtvochtigheid relatief laag is, er door de windmachine een zekere verdamping plaatsvindt, een koelend effect kan ontstaan. Om dit negatief effect tegen te gaan kan er best gestart worden op een temperatuur rond de 2,5°C. De windmachine kan gestopt worden van zodra de temperatuur terug boven de 0°C stijgt (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999).

### Investering

Zoals eerder al aangegeven is een windmachine een grote investering voor kleine wijnbouwers. De volledige installatiekost voor een Orchard Rite full option (beveiliging, automatisch start/stop,..) bedraagt 35 000 euro, plaatsing inbegrepen. Deze Orchard Rite beschikt over een 180 pk sterke motor, die een gebied van 7ha kan beschermen. De operationele kosten worden ongeveer op 1080 euro per jaar gerekend (30kg gas/uur over 30 uur per jaar, gasprijs +/- 1,2 euro per kg). De onderhoudskosten worden geraamd op 300 euro tweejaarlijks. Windmachines worden pas aanbevolen wanneer de minimum beschermbare oppervlakte tussen de 3 en 4 hectare ligt (Barclay Polling, 2008).

### Mobiele windmachines

Sinds enkele jaren maken mobiele windmachines hun opmars, deze kunnen in de percelen geplaatst worden wanneer er nachtvorst verwacht wordt. Zo beschikt Orchard Rite ook al enkele jaren over een mobiele windmachine, die eveneens over alle nodige veiligheidscertificaten beschikt. Deze mobiele windmachine wordt aangedreven door dezelfde gasmotor als de stationaire windmachine en kan een gebied dekken van 4ha. De investeringskost van deze mobiele windmachine bedraagt 45 000 euro.

## Vergunning

Er moet ook rekening houden met de nodige vergunningen die verkregen moeten worden. Er moet zowel een milieuvergunning als een bouwvergunning aangevraagd worden!

## Milieuvoorwaarden

### Geluid

Vermits de laatste jaren windturbines een enorme opmars hebben gemaakt, is er sinds 2011 een nieuwe wetgeving ontwikkeld rond de milieuvoorwaarden voor windturbines. Het departement Leefmilieu, natuur & energie tracht met dit besluit een meer rechts zeker kader te creëren voor zowel de omwonenden, exploitanten als vergunningsverleners bij de inplanting en exploitatie van (groot)schalige windturbines in Vlaanderen (Ine, 2014).

De aanvaardbare geluidsnormen zijn vanaf 2011 in staffelvorm opgesteld, deze huidige wetgeving breekt volledig met de vorige geluidsregel. Vroeger werd er gebruik gemaakt van een afstandsregel, deze stelde dat geluidshinder op een afstand van meer dan 250 meter acceptabel was.

De maximale geluidsnormen worden nu bepaald door het gebied waar de windturbine geplaatst zal worden.

- Het strengste niveau wordt toegepast in woongebieden, de maximale waarden overdag bedragen 44 dB en 's nachts 39 dB.
- Het minst strenge niveau wordt toegepast in industriegebieden, de maximale waarden overdag bedragen 60 dB en 's nachts 55 dB.
- De agrarische gebieden vallen net tussen beide niveaus in. Overdag mag de maximale waarde 48 dB bedragen en 's nachts 43 dB (Ine, 2014).

Er is dus een duidelijk verschil wat de windturbines werkelijk produceren, wat soms kan oplopen tot 80 dB (meer verouderde systemen) en de maximale toegelaten decibels die deze nieuwe wet ons oplegt. Het is dus zeer belangrijk dat de wijnbouwer rekening houdt met dit gegeven om niet in overtreding te zijn met de wet. Windmachines moeten dus minstens 600 meter van een woongebied geplaatst worden om volledig uniform met de regelgeving in Vlaanderen te zijn. Deze geluidsnormen zijn ontwikkeld op een continu geluid over de hele dag of nacht, windmachines werken natuurlijk maar enkele uren per jaar (+/- 30 uur per jaar) of de Vlaamse overheid hieraan wilt werken is nog onduidelijk (Ine, 2015).

## Slagschaduw

De norm omtrent slagschaduw is ook aanzienlijk verstrengd onder de nieuwe wet. De norm van slagschaduw wordt verlaagd van maximaal 30 uur per jaar naar maximaal 8 uur per jaar en maximaal 30 minuten per dag.

Voor elk slagschaduwgevoelig object is er echter wel een individuele aanpak mogelijk. De exploitant moet om de 2 jaar een rapport opstellen waarin hij aangeeft hoeveel effectieve slagschaduw plaatsvindt en welke maatregelen hij getroffen heeft om deze slagschaduw te verminderen (Ine, 2014).

Er moet echter wel een kanttekening bij deze vorm van regelgeving geplaatst worden. Vermits de meeste windturbines in deze context in uitgestrekte agrarische gebieden geplaatst gaan worden, zou slagschaduw geen grote bezorgdheid moeten zijn voor de wijnbouwer. De windmachines zullen overwegend 's nachts actief zijn, wat de kans op slagschaduw minimaliseert.

## Voor- en nadelen windmachine

### Voordelen

- Makkelijk op te starten en te stoppen, soms zelfs uitgerust met automatisch start/stop systeem.
- Weinig arbeid.
- Effectiviteit.
- Geen nadraaitijd.
- Kan gecombineerd worden met andere methoden.

### Nadelen

- Minder bescherming aan de randen van de percelen.
- Geluidsoverlast.
- Nodige vergunningen.
- De windmachine moet perfect gepositioneerd worden om een zo groot mogelijk rendement te halen, dit is niet altijd even simpel.

### 3.2.5 Helikopter

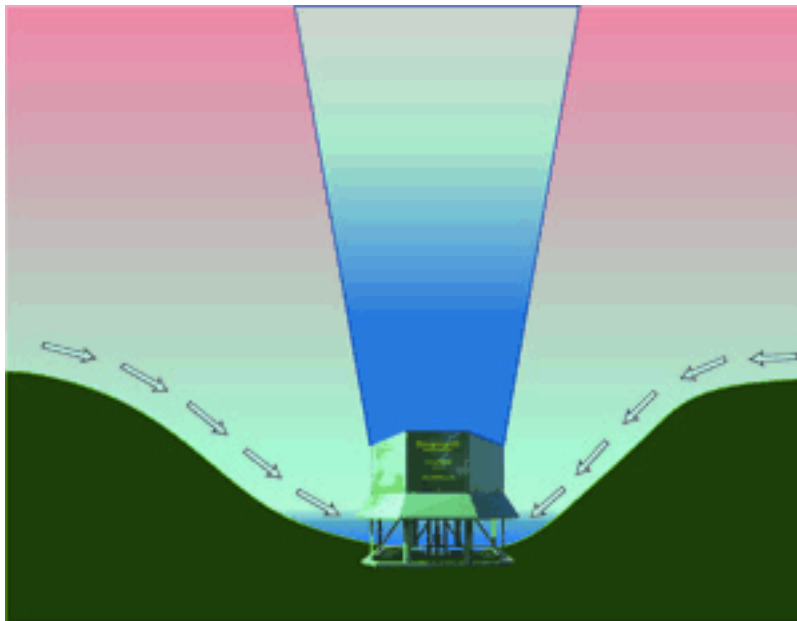
De luchtverplaatsing die helikopters voortbrengen, hebben ongeveer hetzelfde effect als de windmachines. Ze drukken de warme lucht naar beneden zodat deze zich kan mengen met de koude lucht. De oppervlakte die een helikopter kan bestrijken is vele malen groter dan die van een windmachine. Het geschatte bereik zou tussen de 22 en 44 ha liggen waar de helikopter tussen de 30 en 60 minuten zou moeten passeren (Snyder & Paulo, 2005). De optimale vlieghoogte is tussen de 20 en 30 meter. Helikopters kunnen wel effectiever worden ingezet dan windmachines. Helikopters kunnen hun vlieghoogte aanpassen aan de inversiehoogte (Evans, 2000).

Er moet ook rekening gehouden worden met de nodige vergunningen, in bebouwde gebieden is het onwaarschijnlijk dat telers een vergunning krijgen voor het overvliegen omwille van de geluidsoverlast. Een tweede element waar rekening mee gehouden moet worden is veiligheid. Er vallen jaarlijks slachtoffers met deze techniek, door de beperkte zichtbaarheid 's nachts en de lage vlieghoogte worden de piloten zwaar op de proef gesteld! Naast de problemen die zich kunnen voordoen om een vergunning te verkrijgen en de problemen omtrent veiligheid, moet vermeld worden dat het inzetten van helikopters tegen minder strenge nachtvorsten niet economisch verantwoord is (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999) en zeker niet voor de relatief kleine oppervlakten die wijnbouwers moeten beschermen. Zoals eerder aangegeven is het inzetten van helikopters niet rendabel voor kleine oppervlakten (<20ha). De kosten kunnen oplopen tot 1500 euro per uur (LWG, 2012).

### 3.2.6 Cold Air Drain

De Cold Air Drain is een stand alone systeem dat ook inspeelt op inversievorst. Zoals eerder al aangehaald zal de koude lucht zich in de onderste luchtlagen bevinden, de Cold Air Drain zal deze koude lucht omhoog blazen door middel van ventilatoren. Vermits de koude lucht omhoog wordt gestuurd door de warmere luchtlagen zal de koude lucht opwarmen en niet meer zakken. De Cold Air Drain wordt dus het best geïnstalleerd op het laagste punt in een wijngaard, de beschermde oppervlakte ligt tussen de 1,5ha en 4ha (LWG, 2012). Het gebruik van deze Cold Air Drain is dus zeer geschikt voor terreinen die oplopend zijn en valleien. In onderstaande grafiek wordt de werking duidelijker.

Afbeelding 14 : Principe Cold Air Drain



bron : [www.shurfarms.com](http://www.shurfarms.com) (2015)

Afbeelding 15 : Onderdelen Cold Air Drain



bron: [www.shurfarms.com](http://www.shurfarms.com) (2015)

In voorgaande afbeelding is de Cold Air Drain duidelijker te zien. Bovenaan bevindt zich de propeller die de luchtverplaatsing mogelijk maakt. Onderaan wordt de motor aangesloten op de overbrenging. Onderaan bevinden zich ook de lift brackets. Deze zorgen ervoor dat het systeem makkelijk verplaatsbaar is door een tractor uitgerust met een liftstelsel. De Cold Air Drain beschikt ook over een automatisch start/stop systeem.

De Cold Air Drain heeft wel enkele voordelen ten opzichte van de traditionele windmachines. Het is veel sneller en gemakkelijker te installeren en het kan verplaatst worden. De operationele -en onderhoudskosten zijn ook veel lager, de Cold Air Drain verbruikt tussen de 3,5 en 4 liter diesel per uur. Voor zware dieselmotoren die traditionele windmachines moeten aandrijven kan het verbruik oplopen tot 30 à 40 liter per uur! Het werkingsgeluid van de Cold Air Drain ligt rond de 60 dB wat opmerkelijk lager is dan de traditionele windmachines. De hoge investeringskost die tussen de 10 000 euro en 20 000 euro ligt en de beperkte levensduur ten opzichte van de windmachines zijn belangrijke nadelen. De Cold Air Drain kan maximum 20 jaar operatief zijn waar een windmachine gemakkelijk 50 jaar operatief kan zijn (LWG, 2012).



## Voor –en nadelen Cold air Drain

### Voordelen

- Snel en gemakkelijk te installeren.
- Lage onderhoudskosten.
- Geen vergunningen.

### Nadelen

- Levensduur beperkt ten opzichte van windmachine.
- Hoge investeringskost.
- Relatief beperkte werking.

### 3.2.7 Sproeistoffen

Sproeistoffen worden ook ingezet om vorstschade te vermijden, ze worden echter niet op grote schaal toegepast. Het zijn meer enkelingen, die sproeistoffen zoals Frozil, gebruiken om hun gewassen te beschermen tegen vorstschade. De effectiviteit van sproeistoffen is echter zeer beperkt, het zal nooit volledig schade kunnen voorkomen. Het zal eerder de schade voor 30% tot 40% beperken (Lieven Deruyter, 2015). De werking van deze sproeistoffen is nog niet uitgetest op wijnstokken enkel op appel – en perenbomen. Dus het blijft gissen achter een correcte kost effectiviteit. De richtprijs ligt rond de 200 euro per hectare (Globachem, 2015). Vermits er zo weinig bekend is omtrent dit middel en de effectiviteitsgraad, is dit middel niet aan te raden om de wijngaard enkel mee te beschermen.

#### Voor –en nadelen sproeistoffen

##### Voordelen

- Gemakkelijke werkwijze.
- Geen grote investeringskost.

##### Nadelen

- Effectiviteit is onbekend.
- Moet samen met een andere methode toegepast worden.

### 3.2.8 Beregenen

#### Boven beregening

Als laatste methode wordt de beregeningsinstallatie besproken. Er wordt geopperd dat beregening de effectiefste manier is om nachtvorst te bestrijden. Maar het aanleggen van een nachtvorstberegening is meestal maatwerk, wat vertaald wordt in een hoge aanschafkost. Anderzijds is het energieverbruik bij beregening beduidend lager dan bij verwarmingssystemen of windsystemen, wat maakt dat de operationele kosten deels lager zijn. Het nadeel in dit type van bestrijding ligt dan weer in de moeilijkheid om genoeg water uit de bodem of uit waterlopen te onttrekken. In vele cases waar de watervoorraad beperkt is, wordt beregening uitgesloten. Er moet ook rekening gehouden worden met de waterverhouding van de bodem, als elk jaar een substantiële hoeveelheid water onttrokken wordt uit de bodem, kan dit de continuïteit en de vruchtbaarheid van de bodem onderbreken (Snyder & Paulo, 2005).

Het principe rust op de fysische eigenschappen van water. Warmte is een vorm van energie die planten kan beschermen tegen lage temperaturen. Water heeft de mogelijkheid om warmte aan te voeren, op te slaan en zelfs om warmte af te geven. Van zodra deze omvormingsprocessen van water onder controle gebracht kunnen worden, kan water gebruikt worden om een warmteafgifte te bekomen. Van zodra water naar ijs vervormt, ontstaat er stollingswarmte. Het water geeft dus warmte af. Deze warmte wordt dan gebruikt om de planten en knoppen te beschermen tegen vorstschade. Het doel is dus om een ijsomgeving rond de knoppen te bekomen. De beregening wordt optimaal gebruikt onder inversievorst, als er dus winderige omstandigheden zijn, wordt beregening minder efficiënt. Dan kan deze methode zelfs nog ergere schade aanrichten! Deze techniek biedt dan onvoldoende bescherming omdat een groot deel van de stollingswarmte direct wordt afgevoerd door de wind (Snyder & Paulo, 2005).

Boven beregening is al succesvol gebruikt geweest in omstandigheden rond de  $-6^{\circ}\text{C}$ . Het grote gevaar van beregening bestaat erin als het systeem in het midden van de nacht niet meer functioneert om welke reden dan ook.

Eens de beregening wordt gestart, moet er beregend blijven worden tot de temperaturen boven de  $0^{\circ}\text{C}$  stijgen. Van zodra de beregening te vroeg wordt beëindigd, kan dit catastrofale gevolgen hebben.

In onderstaande foto's kan u een boven beregeningsinstallatie terugvinden.

Afbeelding 16 : Bovenberegening



bron : LWG (2012)

Afbeelding 17 : Bovenberegening 2



bron : LWG (2012)

Het is zeer belangrijk om een stabiele en adequate waterverdeling te verkrijgen! Zulke systemen verbruiken tussen de 20 000 en 30 000 liter per uur per hectare. Dit verschilt naarmate de temperatuur, windsnelheid en sproeierinterval. Zoals eerder aangegeven verbruikt dit systeem enorme hoeveelheden water en moet er rekening gehouden worden met de milieuaspecten. Om water uit de bodem te onttrekken, moet de wijnbouwer de nodige vergunning aanvragen (Minton & Howerton, 2010).

## Microsproeisystemen

Sinds enkele jaren bestaan er ook microsproeisystemen. Deze verbruiken ongeveer 1/3<sup>de</sup> van de hoeveelheid water van de traditionele beregeningsystemen. Deze systemen brengen enkel water aan op de wijnstokken en niet over de hele wijngaard. Deze systemen hebben ook een lagere druk nodig dan de boven beregening dankzij een interne drukkamer in de sproeier. De installatiekosten vallen meestal lager uit dan boven beregening. Deze installaties kunnen geïnstalleerd worden op een bevoeiingssysteem. Er moeten dan geen nieuwe waterleidingen aangelegd worden. De microsproeiers vragen echter wel meer onderhoud, ze zijn niet uit zulke duurzame materialen gebouwd als boven beregening. De microsproeisystemen zijn meestal opgebouwd uit plastic of kunststof waar de traditionele systemen uit duurzame ijzers worden gemaakt. Het is echter nog afwachten wanneer deze systemen op de Belgische markt te verkrijgen zullen zijn (Minton & Howerton, 2010).

## Onderberegening

Onder beregening systemen kunnen enkel gebruikt worden in klimaatzones waar de minimumtemperaturen slechts enkele graden onder 0°C duiken. Deze systemen bieden minder bescherming omdat er zeer moeilijk een ijsvorming rond de knoppen gecreëerd kan worden. Dit systeem kan dus niet in België gebruikt worden, in 2013 werd er 2 nachten na elkaar temperaturen onder de -10°C gemeten (Proefcentrum voor Fruitteelt, 1999). In onderstaande foto kan u het principe van een onder beregening zien.

Afbeelding 18 : Onderberegening



bron : Zabadal et al. (2008)

## Investering

De investeringskost die gepaard gaat met een volledig automatische beregeningsinstallatie is zeer moeilijk in te schatten. Er zijn verschillende factoren per perceel, die een substantiële invloed hebben op de kostprijs. Indien wijnbouwers geïnteresseerd zijn om dergelijke te installeren, is het aangewezen om een expert in berekening te contacteren. De investering kunnen tussen de 40 000 euro en 80 000 euro per hectare schommelen. Dhr. Robby Penxten, directeur bij Automatic Spraying Systems, heeft mij de nodige informatie bezorgd om een duidelijk beeld te krijgen van de investeringskost.

## Milieuaspect Grondwaterwinning

Van zodra grondwater gebruikt wordt om de beregeningsinstallaties te voorzien van water, moet de wijnbouwer ook de juiste vergunningen bezitten. Vermits er steeds meer aandacht wordt besteed aan het in stand houden van onze waterbodem zijn de regels de laatste jaren aanzienlijk aangescherpt. Omwille van het grote waterverbruik dat nachtvorstberegening met zich mee brengt, worden de wijnbouwers hier ook door getroffen. Vermits deze regelgeving constant veranderingen ondergaat, is het aangewezen om als teler zelf voldoende informatie over in te winnen.

## Vergunningen winning van grondwater

De wettelijke bepalingen die op grondwaterwinning rusten, worden bepaald door VLAREM rubriek 53.8 "Andere grondwaterwinningsputten". De rubriek wordt onderverdeeld in 3 subrubrieken naargelang het verbruikte debiet.

Wanneer er op jaarbasis een totaal van minder dan 5000 kubieke meter wordt opgepompt en het dieptecriterium wordt niet overgeschreden, is een klasse 3 vergunning voldoende, dit houdt in dat er enkel een melding moet gebeuren bij de Vlaamse milieumaatschappij.

Het dieptecriterium is een bijkomstig criterium dat nog niet zo lang geleden is ingevoerd in de wetgeving. Het is bedoeld om de wetgeving rond grondwaterwinning te versterken omdat de laatste jaren het grondwater sterk afgenomen is. Het dieptecriterium verschilt van locatie tot locatie en moet geraadpleegd worden via de Vlaamse databank ondergrond.

Praktisch voorbeeld: Het verbruik blijft onder de 5000 kubieke meter en het dieptecriterium wordt vastgelegd op 5m maar de boring om grondwater te bekomen is minstens 10m diep. Dan wordt het dieptecriterium overschreden en moet er een klasse 2 vergunning aangevraagd worden. Dus voor een klasse 3 vergunning is veel afhankelijk van de diepte van de diepste grondwaterwinning van het bedrijf.

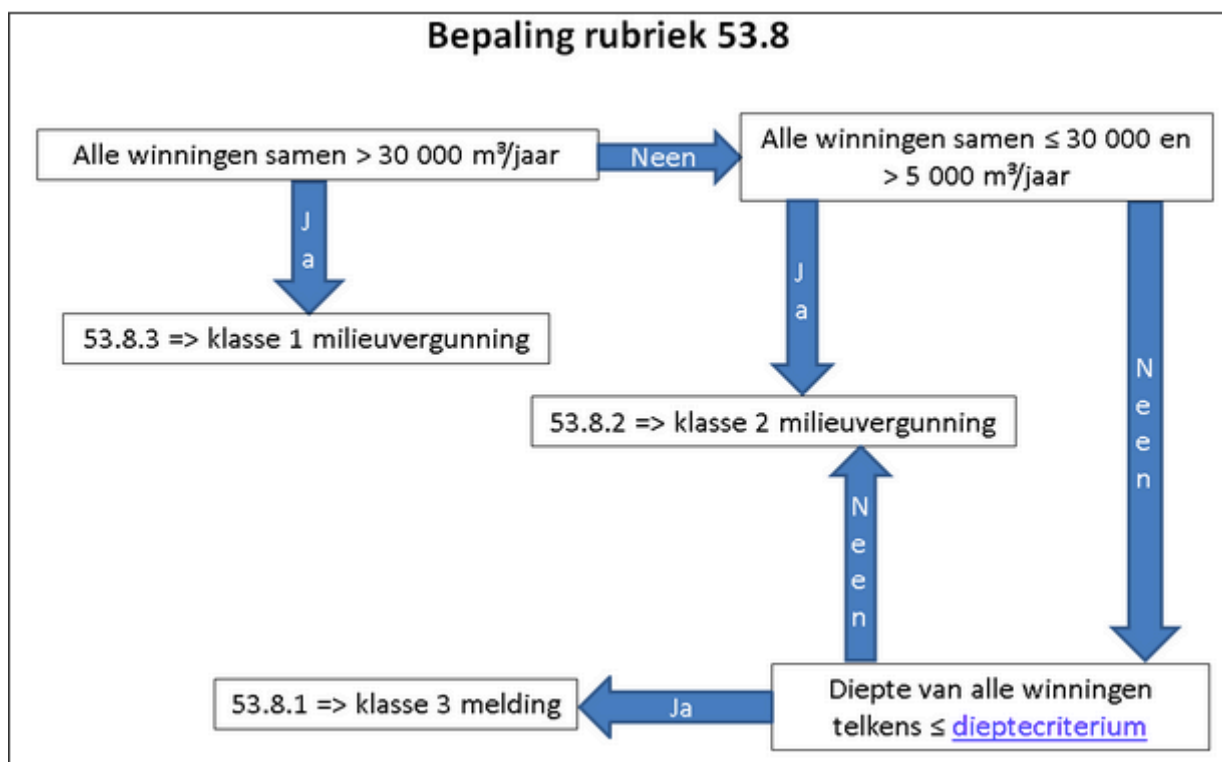
Indien er op jaarbasis tussen de 5000 en 30 000 kubieke meter wordt opgepompt, is er een milieuvergunning klasse 2 vereist of als het dieptecriterium in klasse 3 wordt overschreden zoals eerder aangegeven.

Van zodra er per jaar meer dan 30 000 kubieke meter wordt opgepompt, is de strengste klasse 1 geldig (vmm, 2015).

Uit historische data blijkt dat wijnbouwers & fruittelers grotendeels over een klasse 2 vergunning beschikken. De kost van het aanvragen van dergelijke vergunningen bedraagt 125 euro per jaar.

In onderstaande tabel kan u een schematisch overzicht vinden.

Tabel 10 : Rubriek 53.8



### Heffingen winning van grondwater

De heffingen schommelen tussen de 0,019 en 0,0219 euro per kubieke meter. Dit is afhankelijk van de bovengemeentelijke heffing (vmm, 2015).

### Vergunning voor oppervlaktewaterwinning

Voor oppervlaktewaterwinning, zoals Vlaamse bevaarbare waterlopen, kanalen en havens, wordt min of meer hetzelfde principe toegepast als grondwaterwinning. Van zodra er per jaar meer dan 500 kubieke meter wordt opgepompt, volstaat de meldingsplicht niet meer. Er is dan een vergunning nodig, die afgeleverd wordt door de waterwegbeheer Vlaanderen.

Van zodra er water wordt onttrokken uit onbevaarbare waterlopen is er geen meldings- en ook geen vergunningsplicht zolang de oevereigenaar het water uit de onbevaarbare waterloop haalt zonder daarvoor vaste constructies of bouwwerken op te richten. Als dit wel gebeurt, moet er een vergunning afgeleverd worden door de waterbeheerder en zelfs een bouwvergunning bekomen worden!

### Heffingen oppervlaktewater

In onderstaande tabel kan u de huidige heffingen terugvinden met betrekking tot het onttrekken van oppervlaktewater.

Tabel 11 : Heffingen oppervlaktewater

Jaarlijkse retributie	
Waterafname in m <sup>3</sup> /jaar	Kanalen en havens
schijf van minder dan 1.000.000 m <sup>3</sup>	0,063149 EUR/m <sup>3</sup>
schijf van 1.000.000 tot 9.999.999 m <sup>3</sup>	0,036626 EUR/m <sup>3</sup>
schijf van 10.000.000 tot 99.999.999 m <sup>3</sup>	0,019336 EUR/m <sup>3</sup>
schijf boven 99.999.999 m <sup>3</sup>	0,003820 EUR/m <sup>3</sup>

bron: vmm (2015)



Voor captaties waarbij het water na gebruik teruggelooft wordt, kan een vermindering worden toegekend. Er is een apart debietmetingsysteem vereist om de exacte waterhoeveelheden kunnen na te gaan (vmm, 2015).

### Voor- en nadelen beregning

#### Voordelen

- Effectiviteit.
- Kan voor andere doeleinden gebruikt worden, bv. Besproeiing van de gewassen of droogteberegning.
- Duurzaam.

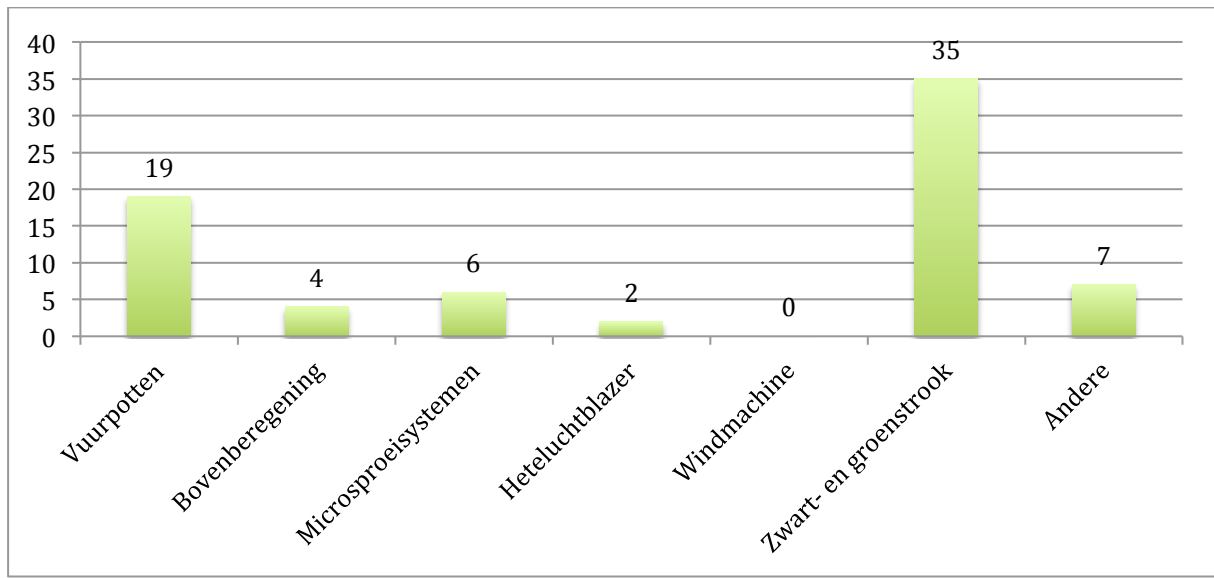
#### Nadelen

- Wettelijke vergunningen.
- Groot waterverbruik.
- Kans op infecties vergroot
- Hoge investeringskost

#### 4. Vorstbestrijding in België

Nu de verschillende methoden besproken zijn, kan op onderstaande grafiek afgelezen worden welke methoden het meest gebruikt worden in België.

Tabel 12 : Vorstbestrijding in België



Bron: Proefcentrum voor Fruitteelt (2014)

Van de 83 respondenten zijn er:

- 19 die vuurpotten gebruiken
- 4 die boven beregening gebruiken
- 6 die microsproeisystemen gebruiken
- 2 die heteluchtblazers gebruiken
- 35 die zwart –en groenstrookonderhoud gebruiken
- en 7 die andere methoden gebruiken.

De andere methoden hebben betrekking op geografische wijngaardselectie.



## 5. Economisch haalbaarheidsonderzoek

Om de haalbaarheid van voorgaande investeringen na te kunnen gaan, moet er eerst een duidelijk beeld gevormd worden van de kosten die veroorzaakt worden door vorstschade. De kostprijs wordt berekend door zowel de verliezen in de wijngaard als de verliezen aan wijninkomsten op te tellen, wanneer er een stokuitval is. In onderstaande tabel kan u een uitgebreide kostenanalyse vinden met betrekking tot de vorstschade.

### 5.1 Berekening vorstschade (stokuitval)

Tabel 13 : Kost stokuitval

<b>Verliezen in de wijngaard</b>	
stokken per hectare	4090
opbrengst (ton/ha)	7,5
opbrengst (liter/ha)	5500 (20% afval)
waarde van de oogst/ha in €	26250 (aannname 3,5 €/kg)
jaarlijkse waarde per stok	6,41809291
4 jaar verlies	23,26119711
arbeidskost herplant	8
wijnstokkost herplant	2
Totaal verlies per stok	<b>33,26119711</b>
<b>Verliezen aan wijninkomsten</b>	
aantal flessen per ha	5867 (80% van persing, 75cl/fles)
winstmarge/fles in €	2 (aannname)
aantal flessen/stok per ha	1,43
waarde van de wijnoogst/ha	11733,3
verlieswaarde per stok in €	2,87
Totaal over 4 jaar	<b>11,48</b>
Opportunitetskost renteverlies (0,5%)	verwaarloosbaar in huidige economische context
<b>Totale kost per stok</b>	<b>44,74</b>

In bovenstaande tabel wordt de totale kost per stok berekend op 44,74 euro (Proefcentrum voor Fruitteelt, 2015).

## 5.2 Berekening vorstschade (afzetverlies)

Voorgaande tabel gaat er van uit dat er zich een verlies van de wijnstok voordoet, dit valt echter niet zo vaak voor. Het is realistischer dat vorstschade gaat resulteren in een vermindering van productie. Daarom worden in onderstaande tabellen 4 scenario's uitgewerkt die respectievelijk 15%, 25%, 35% en 50% schade weergeven. Een normale wijngaard brengt 7,5 ton per hectare voort, met 15% vorstschade zal dit 6,375 (7,5ton x 85%) ton per hectare worden.

Er wordt ook nog een onderverdeling gemaakt in rendement. Wijnen met een hoge kwaliteit worden verondersteld maximum (+/-) 3500 liter per hectare te produceren na persing. Wijnen met een hogere kwaliteit hebben dus een lager rendement per hectare. Wijnen die over een lagere kwaliteit beschikken, worden verondersteld maximum (+/-) 5500 liter per hectare voort te brengen. Deze wijnen hebben dus een hoger rendement per hectare. De winstmarges zullen dan ook verschillend zijn naargelang het kwaliteitsniveau. Er wordt verondersteld dat de winstmarges respectievelijk op 4 euro & 2 euro per fles gezet worden.

Tabel 14 : Kost afzetverlies hoger rendement

### berekening vorstschade (afzetverlies)

#### Hoger Rendement

stokken per hectare	4090	
opbrengst (ton/ha)	7,5	
opbrengst (liter/ha)	<b>5500</b>	
aantal flessen per ha	5867	(75 cl/fles, 80% persing)
winstmarge/fles in €	2	(aannname)

scenario analyse	scenario 1 (15% schade)	scenario 2 (25%schade)
opbrengst (ton/ha)	6,375	5,625
opbrengst (liter/ha)	4675	4125
verlies in opbrengst (liter/ha)	825	1375
verlies aan aantal flessen per ha	880	1466,7
winstmarge/fles in €	2	2
Totaal verlies aan winst per ha in €	<b>1760</b>	<b>2933,3</b>

scenario analyse	scenario 3 (35% schade)	scenario 4 (50% schade)
opbrengst (ton/ha)	4,875	3,75
opbrengst (liter/ha)	3575	2750
verlies in opbrengst (liter/ha)	1925	2750
verlies aan aantal flessen per ha	2053,3	2933,3
winstmarge/fles in €	2	2
Totaal verlies aan winst per ha in €	<b>4106,7</b>	<b>5866,7</b>

Tabel 15 : Kost afzetverlies lager rendement

#### Lager Rendement

stokken per hectare	4090	
opbrengst (ton/ha)	7,5	
opbrengst (liter/ha)	<b>3500</b>	
aantal flessen per ha	3733	(75 cl/fles 80% persing)
winstmarge/fles in €	4	(aannname)

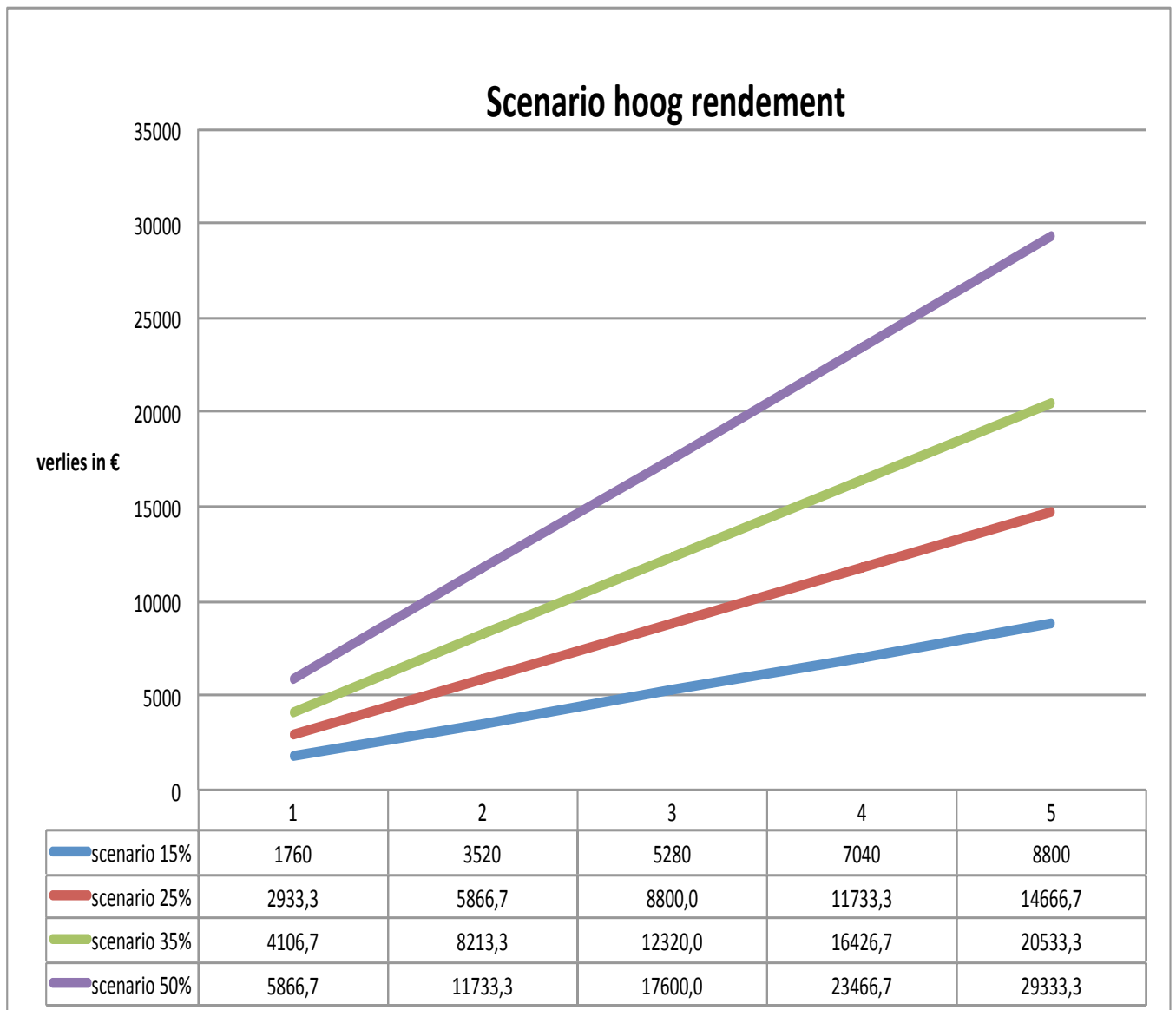
scenario analyse	scenario 1 (15% schade)	scenario 2 (25%schade)
opbrengst (ton/ha)	6,375	5,625
opbrengst (liter/ha)	2975	2625
verlies in opbrengst (liter/ha)	525	875
verlies aan aantal flessen per ha	560	933,3
winstmarge/fles in €	4	4
Totaal verlies aan winst per ha in €	<b>2240</b>	<b>3733,3</b>

scenario analyse	scenario 3 (35% schade)	scenario 4 (50% schade)
opbrengst (ton/ha)	4,875	3,75
opbrengst (liter/ha)	2275	1750
verlies in opbrengst (liter/ha)	1225	1750
verlies aan aantal flessen per ha	1306,7	1866,7
winstmarge/fles in €	4	4
Totaal verlies aan winst per ha in €	<b>5226,7</b>	<b>7466,7</b>

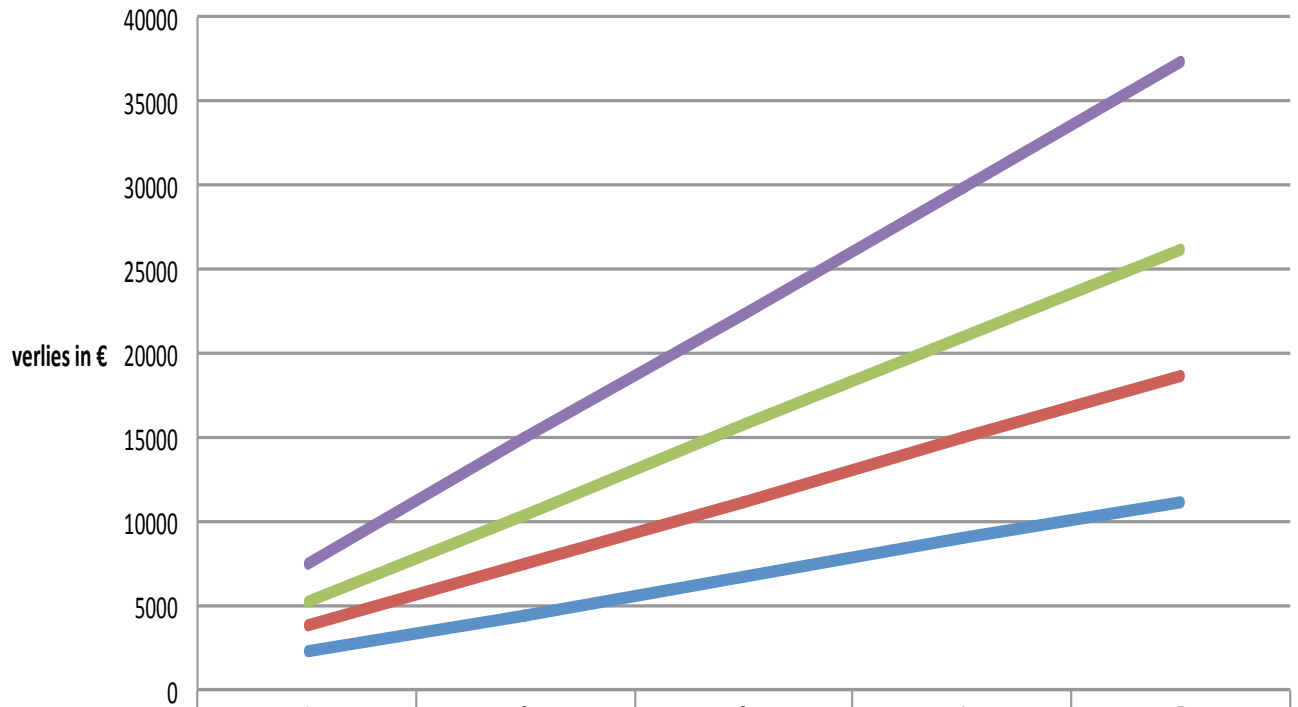
In bovenstaande scenario's wordt er nog steeds uitgegaan van 20% afval bij de oogst en dat 80% van het aantal liters op fles kan worden getrokken.

In onderstaande tabellen wordt er een overzicht gegeven die de schade per hectare weergeeft naargelang elk scenario (15%, 25%, 35% en 50% schade). Er is zowel een tabel voor wijnerpcelen met een hoog rendement als een tabel voor wijnen met een laag rendement.

Tabel 16 : Scenario per hectare hoog rendement vs. laag rendement



## Scenario laag rendement



	1	2	3	4	5
scenario 15%	2240	4480	6720	8960	11200
scenario 25%	3733,3	7466,7	11200,0	14933,3	18666,7
scenario 35%	5226,7	10453,3	15680,0	20906,7	26133,3
scenario 50%	7466,7	14933,3	22400,0	29866,7	37333,3



Om een break-even analyse kunnen uit te voeren moeten de kostprijzen van de verschillende systemen ook in kaart gebracht worden. Dit zal in volgende paragrafen gebeuren.

De volgende berekeningen maken gebruik van vaste waarden voor enkele parameters, dit om een vergelijking mogelijk te maken.

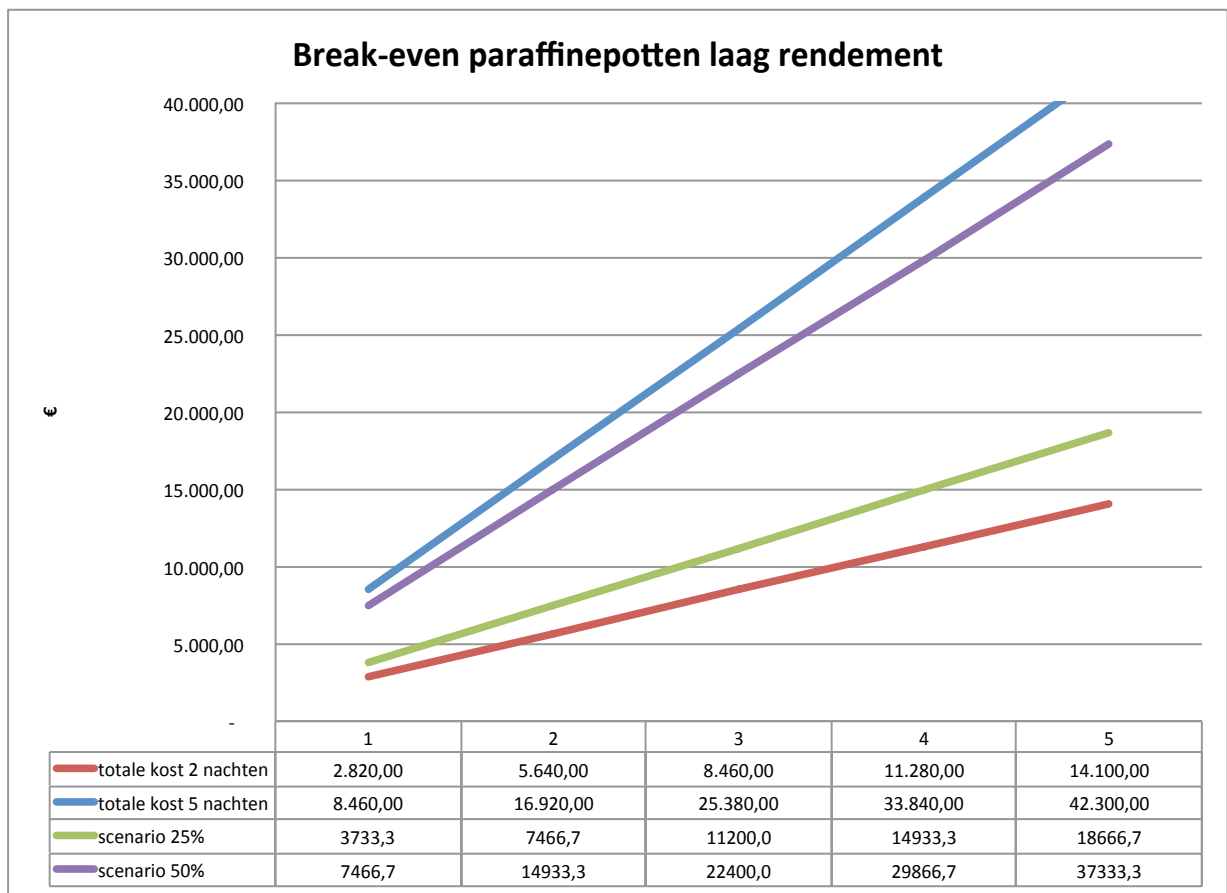
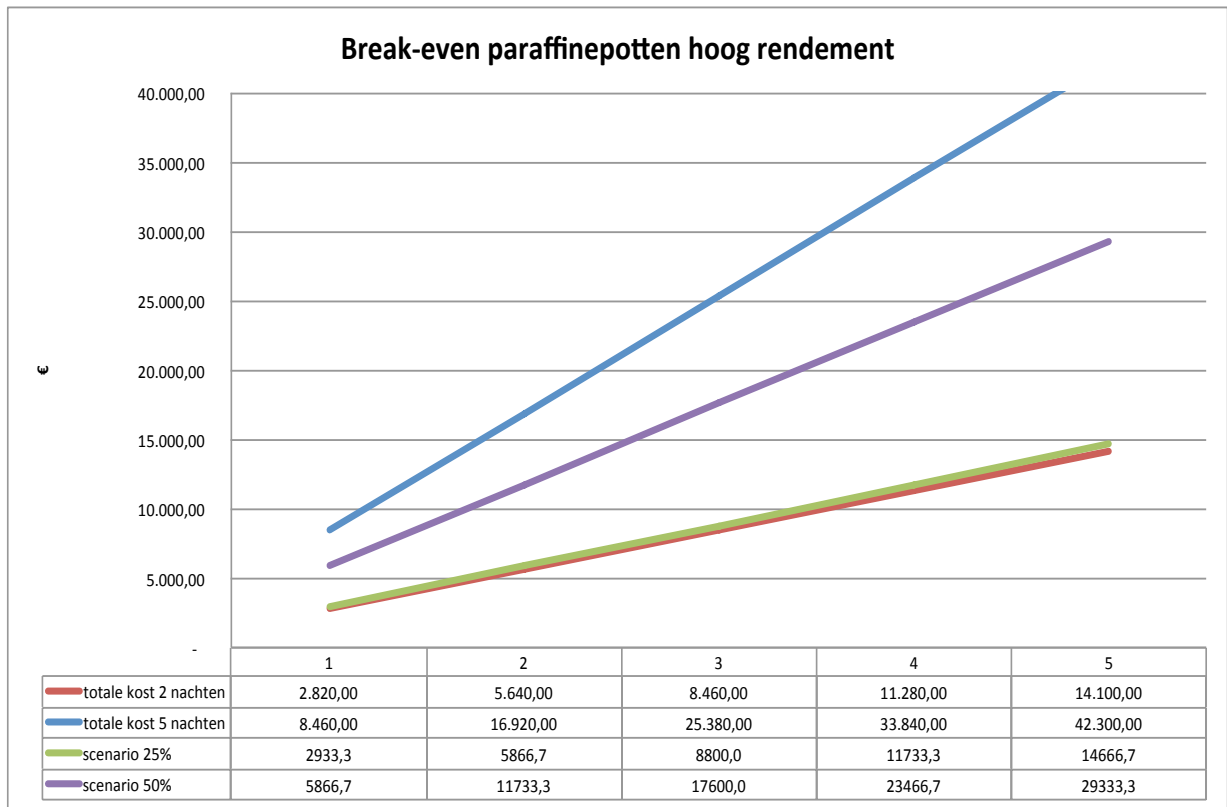
- De bruto loonkost is 15 euro per uur.
- Prijzen worden uitgedrukt in €.
- Het aantal uren per nacht dat het systeem actief is, wordt geschat op 8 uur.
- Er bevinden zich 4090 stokken per hectare.
- Kosten zijn exclusief BTW (de meeste wijnbouwers maken immers gebruik van een vennootschap)
- De grafiek vast vs. variabel gaat uit van een gebied van minstens 1 hectare per nacht.

### 5.3 Kostprijs paraffinepotten

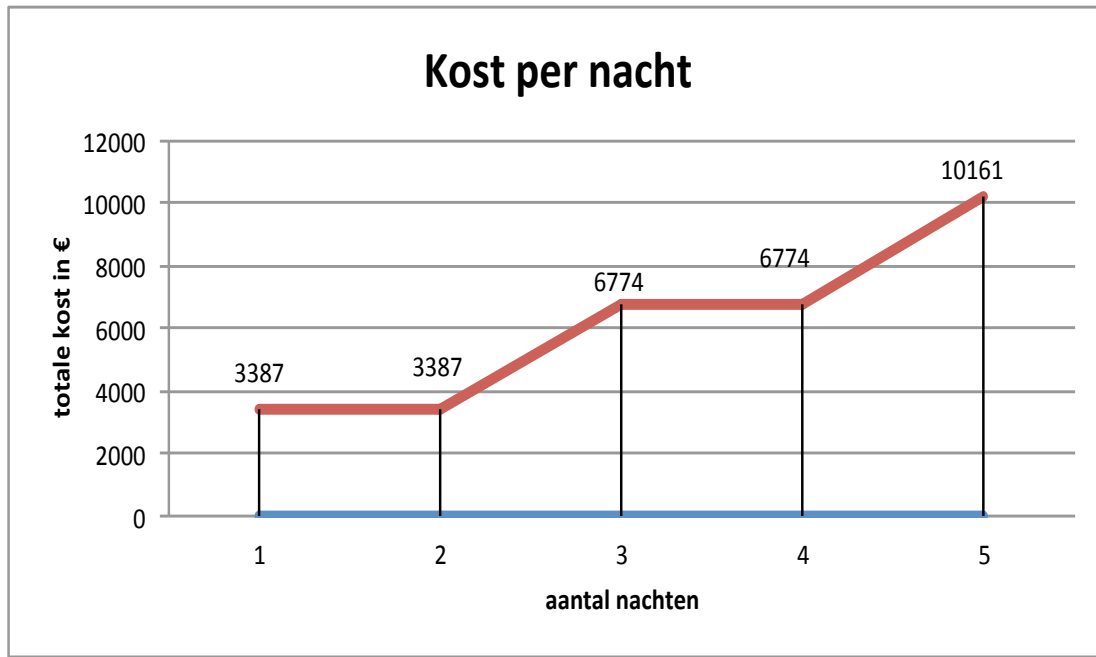
Tabel 17 : Kostprijs paraffinepotten

Berekening Paraffinepotten	
<b>Aankoop</b>	
Prijs vuurpotten in €	9,00
aantal per hectare bij -2°C tot -3°C	300,00
Totaal (De paraffinepotten kunnen 2 nachten gebruikt worden) per nacht per hectare	2.700,00 <b>1.350,00</b>
<b>Operationele kosten</b>	
Arbeid ( plaatsen, aansteken, doven, weghalen)	
bruto kost per uur in €	15,00
aantal uren per nacht	8,00
per nacht per hectare	<b>120,00</b>
Totaal kost per nacht per wijnstok	<b>0,36</b>

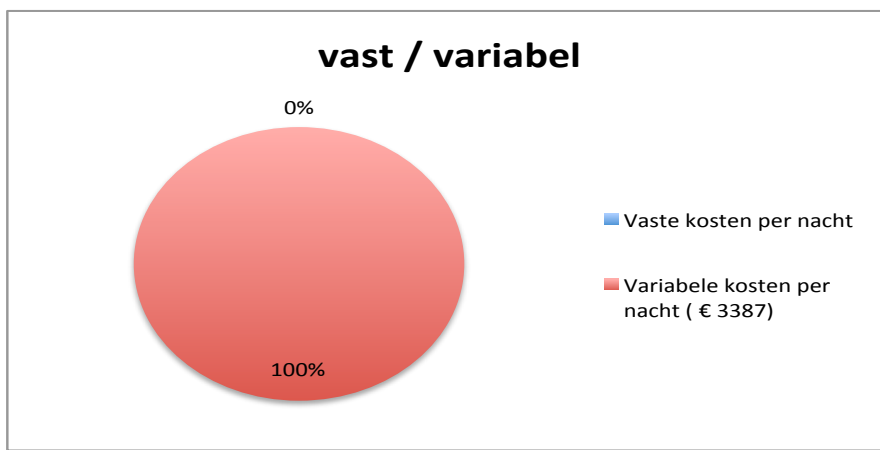
Tabel 18 : Break-even laag rendement vs. Hoog rendement



Tabel 19 : Kostprijs per nacht



Tabel 20 : Vast vs. variabel



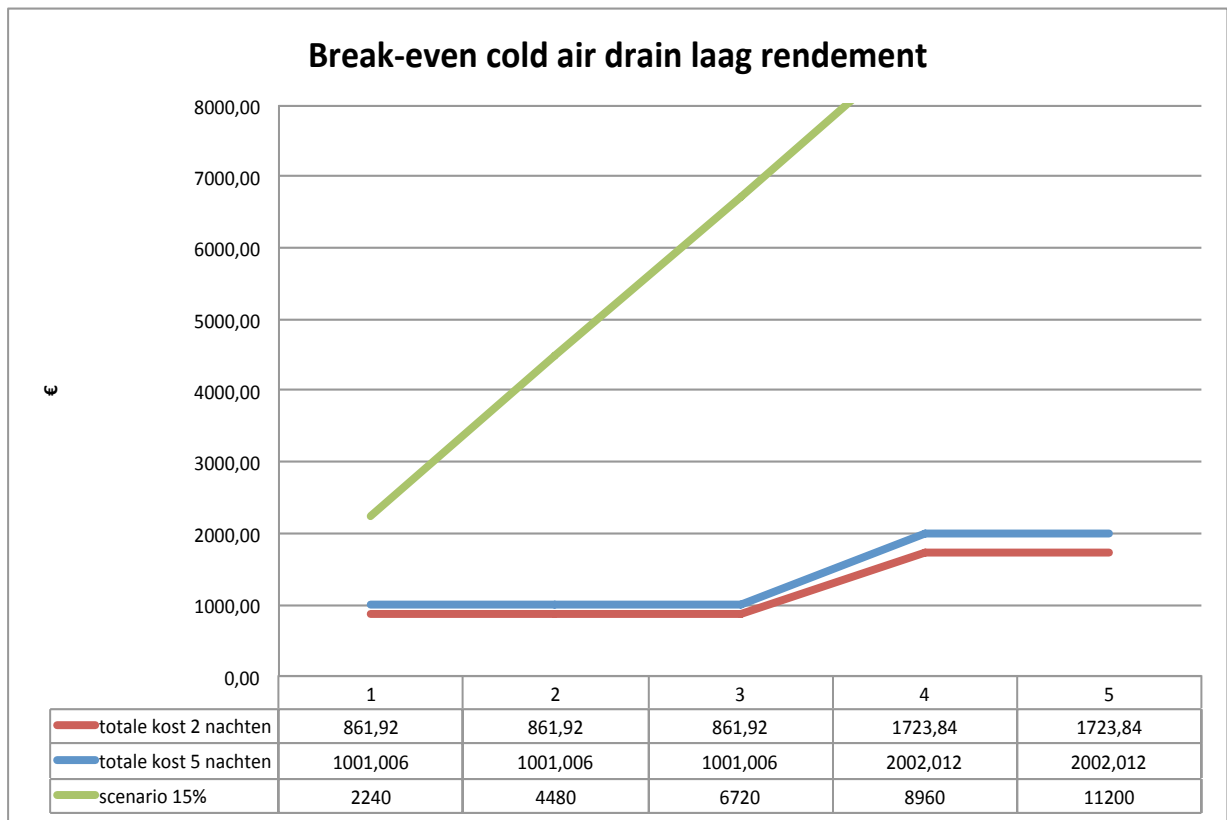
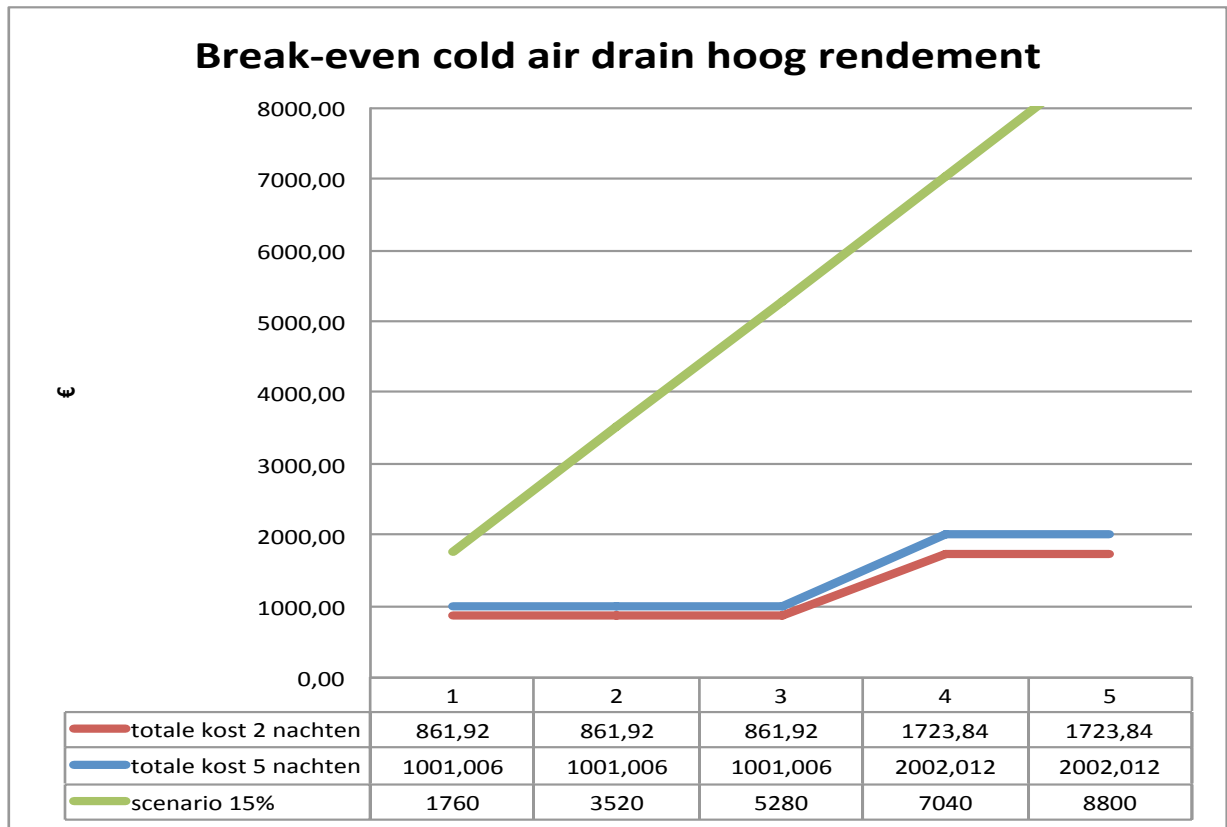
\* Het is belangrijk om te benadrukken dat paraffinepotten over 2 nachten gebruikt kunnen worden!

## 5.4 Kostprijs Cold air Drain

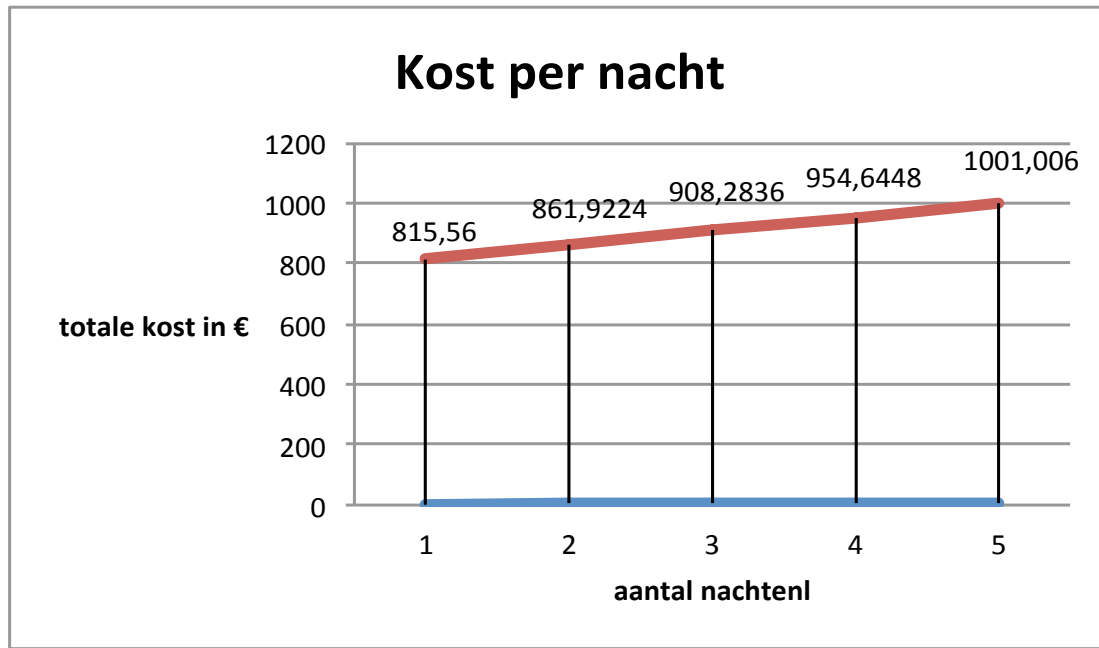
Tabel 21 : Kostprijs Cold Air Drain

berekening Cold air drain	
<b>Aankoop</b>	
Cold air drain (type#1550, dekt gebied van 2 tot 3 ha) in €	12820,00
afschrijvingskost per jaar 5%	641,00
Onderhoudskost 1% per jaar van aankoop	128,2
Jaarlijkse vaste kost	769,20
<b>Operationele kosten (variabele kosten)</b>	
verbruik liter per uur	3,70
prijs per liter in € (excl. Btw)	1,06
aantal uren per nacht	8,00
arbeidskosten (1uur)	15,00
Totaal per nacht over 2,5ha	46,36
Totale variabele kost per nacht per wijnstok	0,004534103

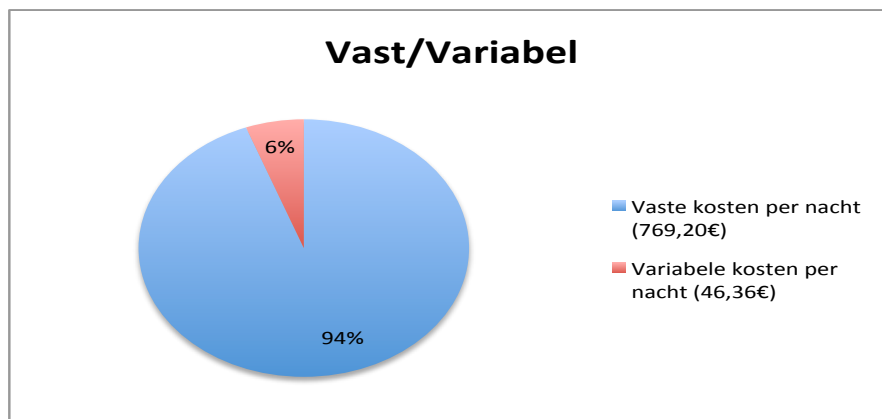
Tabel 22 : Break-even hoog rendement vs. laag rendement



Tabel 23 : Kost per nacht



Tabel 24 : Vast vs. variabel

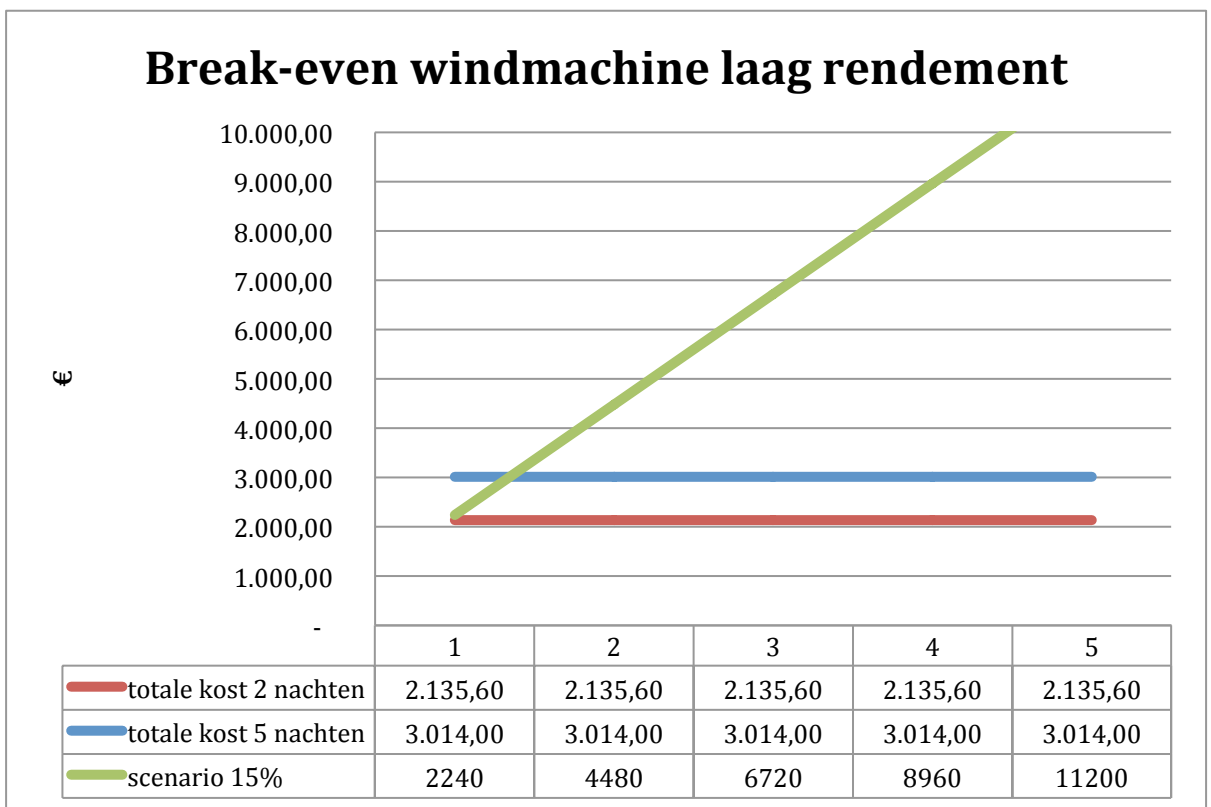
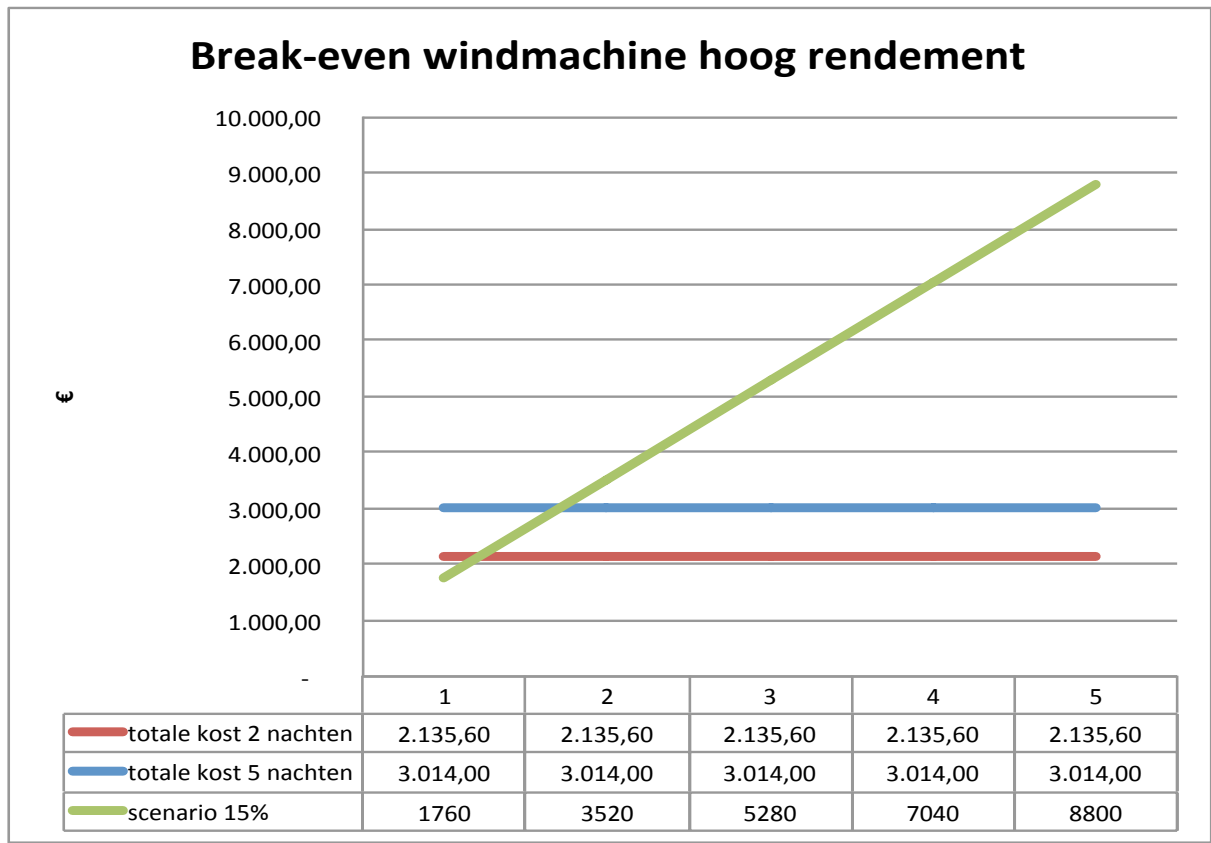


## 5.5 Kostprijs windmachine

Tabel 25 : Kostprijs windmachine

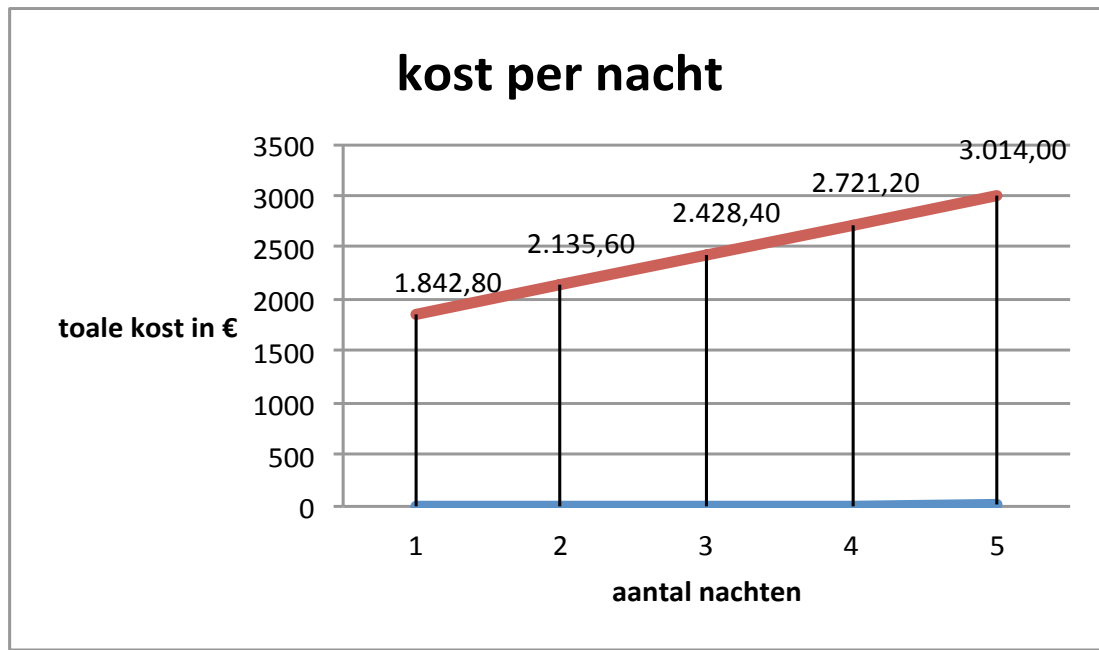
berekening windmachine	
<b>Aankoop</b>	
orchard-rite 180 hp full option	35.000,00
afschrijvingskost 4% per jaar	1.400,00
onderhoudskost per jaar	150,00
jaarlijkse vaste kost	1.550,00
<b>operationele kosten</b>	
verbruik kg per uur	30,00
prijs per kg (excl BTW)	1,22
aantal uren per nacht (+/-)	8,00
Totaal per nacht over 7ha	292,80
Totale variabele kost per nacht per wijnstok	0,07159

Tabel 26 : Break-even hoog rendement vs. laag rendement

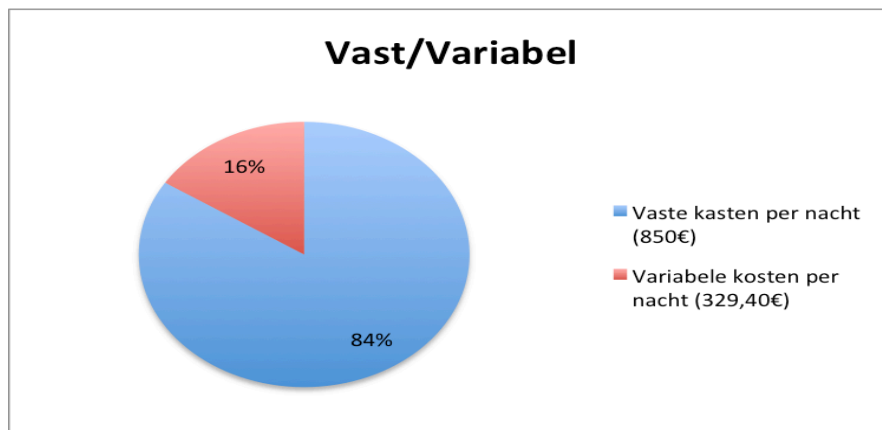




Tabel 27 : Kost per nacht



Tabel 28 : Vast vs. variabel

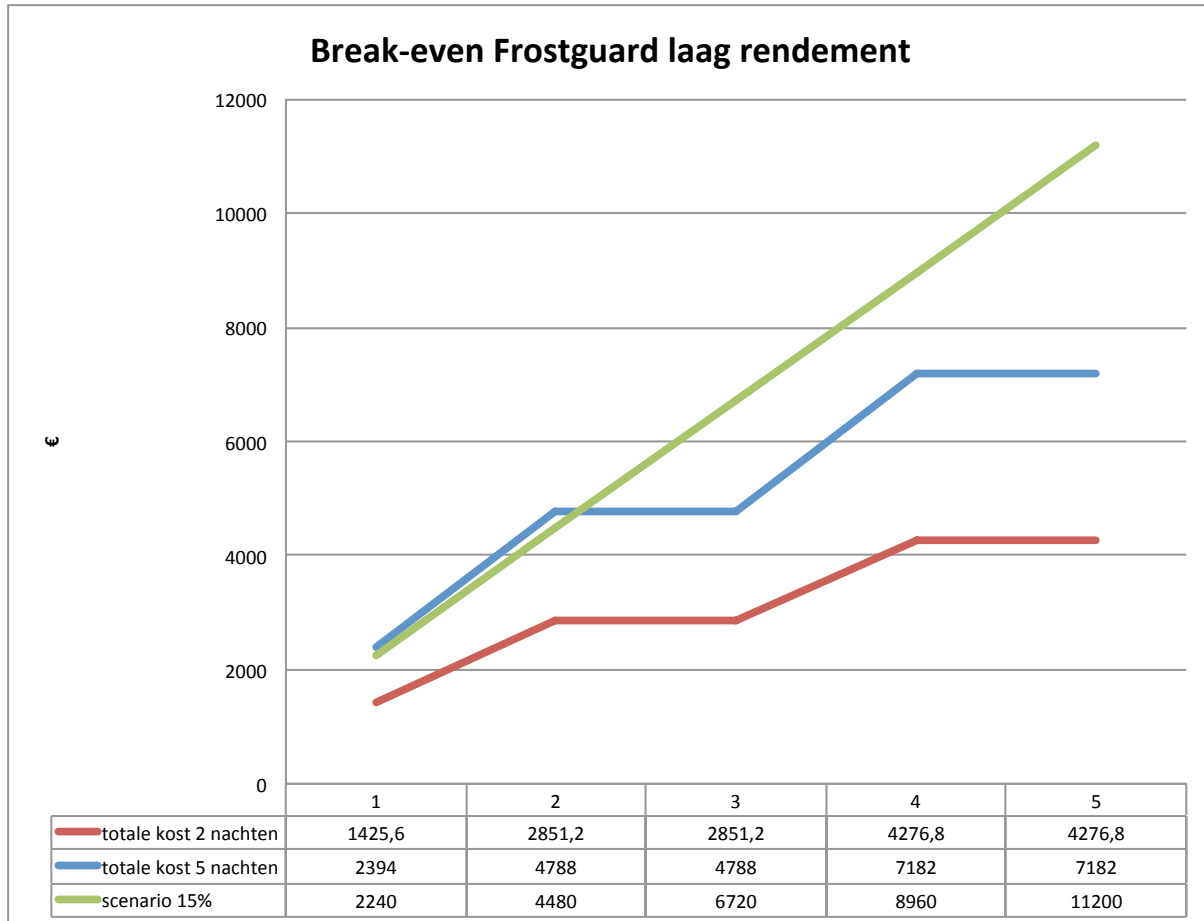
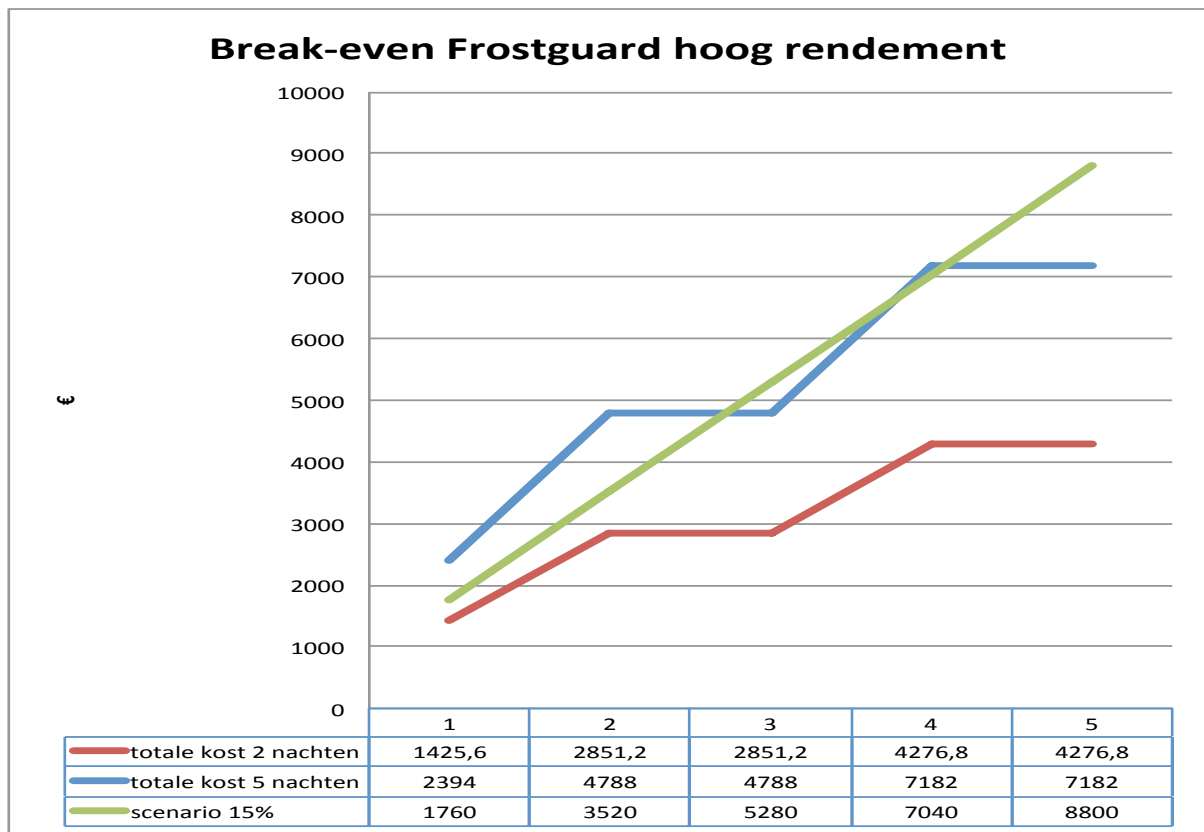


## 5.6 Kost Frostguard

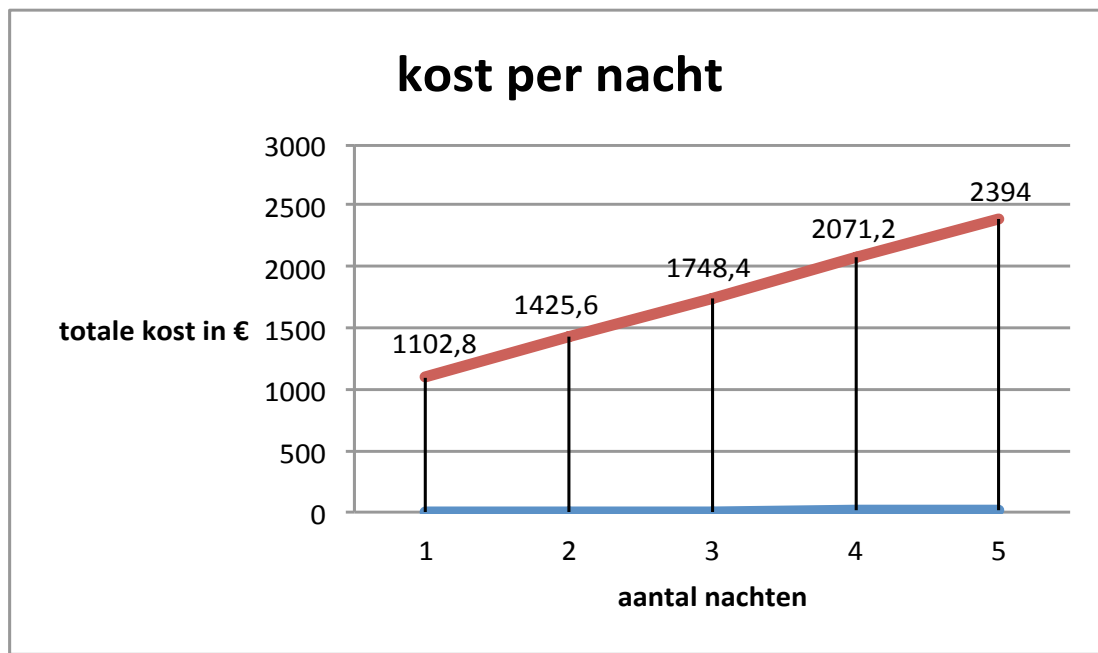
Tabel 29 : Kostprijs Frostguard

berekening frostguard	
<b>aankoop</b>	
frostguard GC30	6500
afschrijvingskost 5% per jaar	325
onderhoudskost 1% per jaar	65
jaarlijkse vaste kost	390
<b>operationele kosten</b>	
verbruik kg per uur	15
prijs per kg propaan	1,22
aantal uren per nacht (+/-)	8
arbeidskosten (1uur)	15
Totaal per nacht over 0,75ha	161,4
Totaal variabele kost per nacht per wijnsto	0,0395

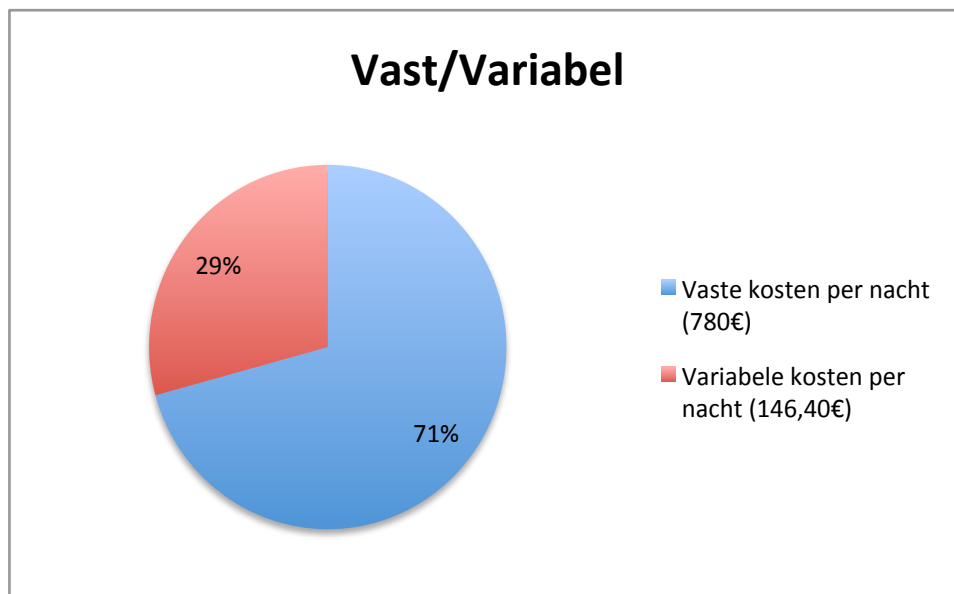
Tabel 30 : Break-even hoog rendement vs. laag rendement



Tabel 31 : Kost per nacht



Tabel 32 : Vast vs. variabel

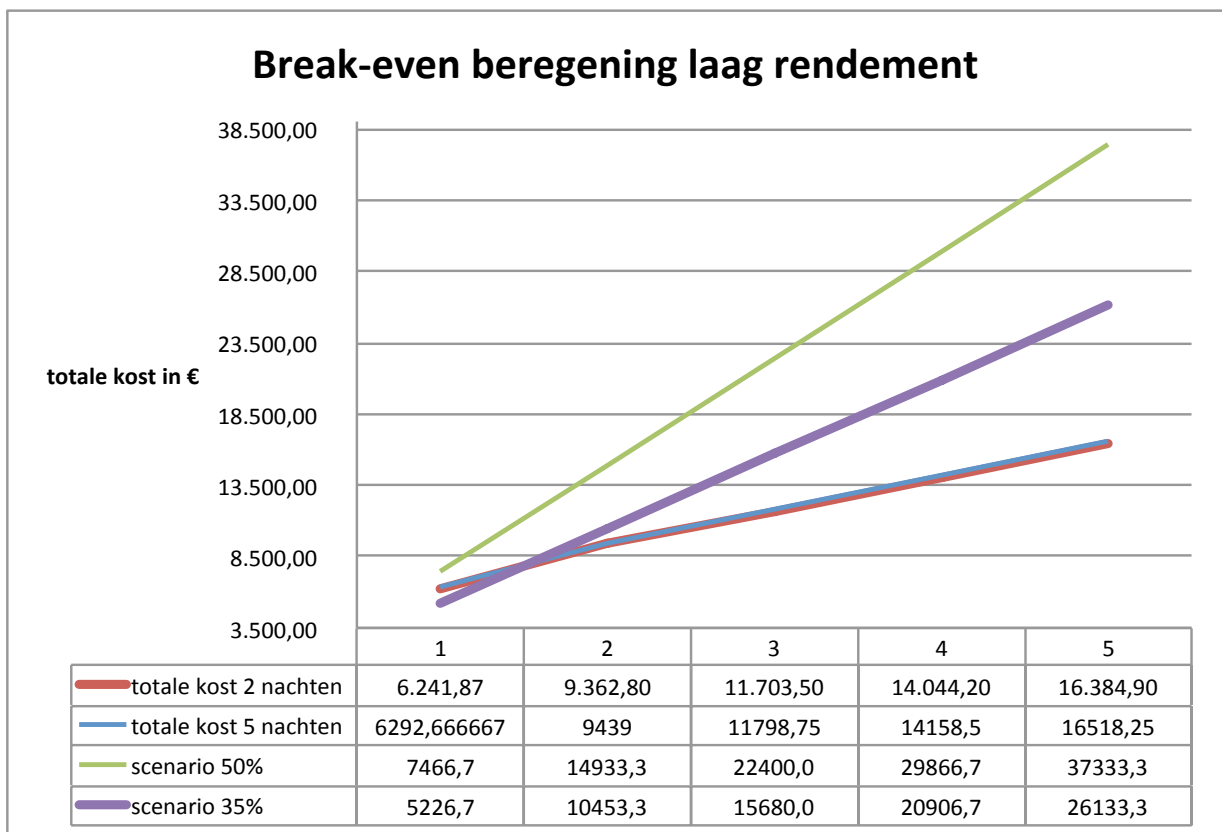
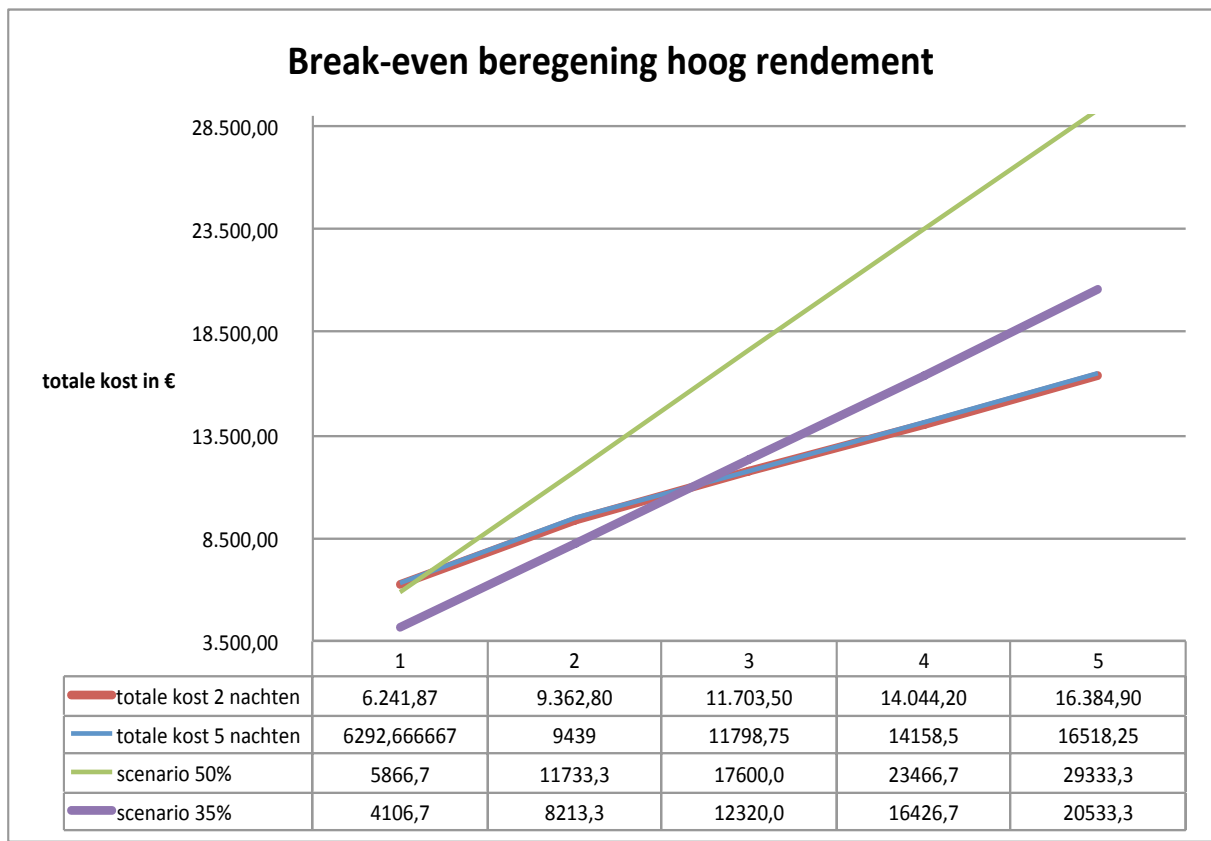


## 5.8 Kostprijs berekening

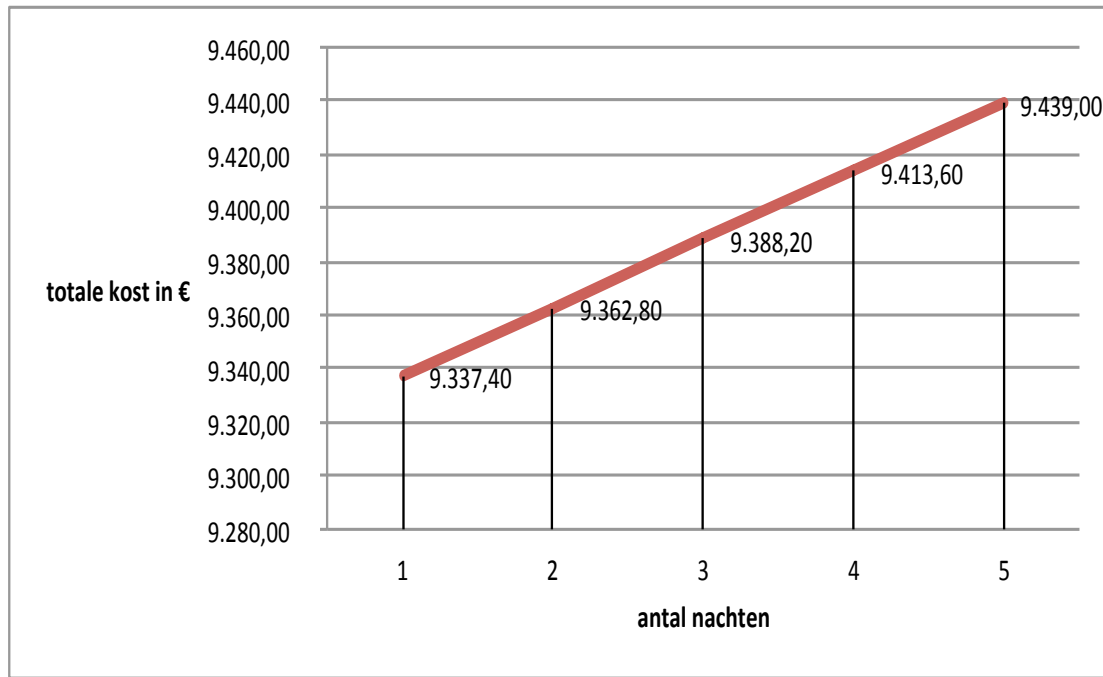
Tabel 33 : Kostprijs berekening

berekening berekening	
<b>aankoop</b>	
volledig beregeningssysteem (+/- 2ha)	137.800,00
afschrijvingskost 4% per jaar	5.512,00
onderhoudskost per jaar	3.800,00
jaarlijkse vaste kost	9.312,00
<b>operationele kosten (2ha)</b>	
elektriciteit	
elektriciteit pompen (+/- 10KWh)	11,00
water	
verbruik per ha (m <sup>3</sup> /h )	60,00
prijs per liter (m <sup>3</sup> )	0,03
aantal uren	8,00
totaal per nacht over 2ha	25,40
totaal variabele kost per wijnstok per nacht per wijnstok	0,003105134

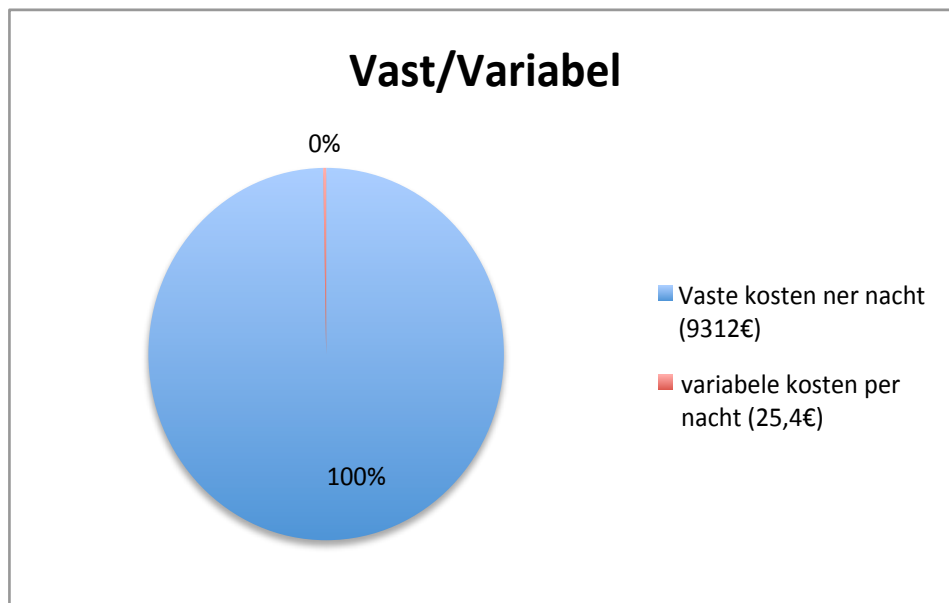
Tabel 34 : Break-even hoog rendement vs. laag rendement



Tabel 35 : Kostprijs per nacht



Tabel 36 : Vast/Variabel



## 6. Conclusies & aanbevelingen

### 6.1 Break-even analyse

De break-even analyses in voorgaande tabellen zijn steeds onder dezelfde parameters tot stand gebracht. De kost per hectare wordt afgezet tegen het schadeverlies. Het geeft dus een overzicht van wanneer welke methode efficiënt wordt. Van zodra het schadescenario boven de kostencurves uitstijgt, is de methode economisch efficiënt. Een belangrijk nadeel van deze methode is dat er verondersteld wordt elk jaar vorstschade te ondervinden.

### Paraffinepotten

Paraffinepotten zijn in België veruit de meest gebruikte methode om nachtvorst te bestrijden onder wijnbouwers (Tabel 12). Tabel 17 toont aan dat deze kostprijs 0,36 cent per nacht per wijnstok bedraagt. Het voordeel van deze paraffinepotten bestaat eruit dat er geen vaste kosten per jaar gemaakt moeten worden (enkel opslagkosten die verwaarloosbaar zijn). De potten kunnen in de aanloop van vorstnachten aangekocht worden zodat er geen gigantische voorraden aangehouden moeten worden. Het is toch aangewezen om deze potten enige tijd op voorhand te kopen zodat er geen onaangename verrassingen plaatsvinden.

Wanneer paraffinepotten grote oppervlakten moeten beschermen (> 3 hectare), wordt deze methode praktisch niet haalbaar en zeer duur (> € 10 000). Dan zou er best overwogen worden om naar meer structurele oplossingen te kijken.

De break-even tabel van paraffinepotten bevestigt de eerdere conclusies. Het wordt namelijk zéér inefficiënt om paraffinepotten over meer dan 3 nachten te gebruiken.

Er is minstens een scenario van 25% schade nodig om deze investering te rechtvaardigen bij hoog renderende percelen. De groene curve (scenario 25%) loopt gelijk met de totale kost over 2 nachten.

Bij laag renderende percelen valt dit net onder de 25%. Hier bevindt de groene lijn (scenario 25% schade) zich net boven de totale kost voor 2 nachten. Dit betekent dus dat het economisch efficiënt is om paraffinepotten te gebruiken voor percelen met een laag rendement. Wanneer er grote oppervlakten beschermd moeten worden, zou er best ook nog rekening gehouden worden met anderen factoren zoals onder andere praktische haalbaarheid. Er moet een zodanig grote hoeveelheid aangekocht worden dat de financiering in gedrang kan komen.



## Cold Air Drain

De Cold Air Drain is een systeem dat wordt gepromoot om bepaalde reliëfvormen, die steeds vorstschade veroorzaken, op te vangen. Het gebied dat beschermd wordt is relatief beperkt (tussen de 2 en 3 hectare) ten opzichte van windmachines maar kan dus ideaal zijn voor wijnbouwers in België. De kost per nacht bestaat uit een jaarlijkse vaste kost (afschrijving & onderhoud) en uit de operationele verbruikskosten. De kost per nacht bedraagt € 815,56. Het grootste deel van deze kost (€ 769,20) zijn de vaste kosten. De andere kosten (€ 46,36) zijn operationele kosten per nacht, die toenemen naarmate de Cold Air Drain meerdere nachten actief moet zijn (tabel 23). Uit de break-even analyse blijkt dat deze methode kostefficiënt is, zowel voor percelen met een hoog als laag rendement. De groene curve (scenario 15%) bevindt zich overal boven de 2 kostencurves.

## Windmachine

Het plaatsen van een windmachine is een intensieve investering voor relatief kleine wijnbouwers. De lange levensduur van een windmachine (+/- 50 jaar) en het grote bereik van een windmachine zijn dan weer voordelen. Een windmachine kan eventueel gebruikt worden in combinatie met andere systemen (beregening, verwarming) maar dit vergt een nog grotere investering. Voor wijnbouwers die veel aaneensluitende wijngaarden bezitten, kan een windmachine een goede oplossing bieden. De totale kost voor 1 nacht komt neer op € 1842,80, bestaande uit € 1550 vaste kosten en € 292,80 operationele kosten per nacht. Uit tabel 26 blijkt dat het plaatsen van een windmachine pas rendabel wordt vanaf circa 1,5 tot 2ha aaneensluitende percelen, afhankelijk van een hoog of laag rendement. Het grote bereik van een windmachine zorgt ervoor dat de kostenstructuur zeer vlak blijft.

## Frostguard

De Frostguard zet ,net zoals de paraffinepotten, in op het verwarmingsprincipe. In tegenstelling tot de paraffinepotten is deze methode veel minder arbeidsintensiever. De Frostguard kan simpel in de wijngaard geplaatst en verwijderd worden door middel van een hefmas. Voor één hectare voldoende te beschermen, worden er best 2 Frostguards geplaatst per hectare. Dit beïnvloedt de kosten substantieel. De kost per nacht per hectare bedraagt € 1102,8 ; bestaande uit €780 vaste kosten en €322,8 variabele kosten per nacht. De hoge operationele kosten zijn wel een belangrijk gegeven waar op gelet moet worden. Van zodra de oppervlakte toeneemt, wordt het efficiënter om de Frostguard te gebruiken in percelen met een laag rendement. De groene curve snijdt bij een laag rendement de kostencurve (5nachten) eerder dan bij een hoog rendement. Wanneer de Frostguard slechts 2 nachten operatief moet zijn, is deze in beide gevallen economisch efficiënt.

## Boven berekening

De laatste methode is de beregeningsmethode. De investeringskost (\$137 800) zal veel wijnbouwers afschrikken. Uit onderzoek blijkt echter wel dat beregening de effectiefste methode is om vorstschade te voorkomen maar hier wordt geen rekening gehouden met de economische efficiëntie. Het verschil in kosten tussen 2 nachten en 5 nachten is praktisch verwaarloosbaar. De voornaamste kostendrijvers zijn de jaarlijkse afschrijvingskost (€9312) en de onderhoudskost (€1900) per jaar. Dit zorgt ervoor dat de kostencurves bijna identiek zijn tussen 2 en 5 nachten beregenen. Uit de break-even analyse blijkt dat er jaarlijks een schade van 35% moet voorvallen om de beregening kostefficiënt te maken (waar de paarse en blauwe lijn elkaar kruisen) over een perceel van minstens 2 tot 2,5 hectare. Van zodra het mogelijk is om beregening voor meerdere doeleinden (besproeiing met water & beschermingsmiddelen) te gebruiken, kan dit de economische haalbaarheid sterk beïnvloeden maar dit is nog niet mogelijk met de huidige systemen.

Het is zeer moeilijk om één bepaalde methode vooruit te schuiven. Wanneer er slechts zeer zelden en beperkt vorstschade optreedt, is het aangewezen om systemen te kiezen die slechts weinig vaste kosten hebben en grotere operationele kosten (paraffinepotten). Wanneer er systematisch vorstschade plaatsvindt, is het aanbevolen om een meer structurele aanpak zoals windmachines, Frostguard, Cold Air Drain.

Tabel 37 : overzicht systemen

<b>Methode</b>	<b>Stralingsvorst</b>	<b>Windvorst</b>	<b>Commentaar</b>
windmachine	Zeer effectief	Niet effectief	In geval van windvorst kan schade vergroten
bovenberegening	Zeer effectief	Minder effectief	Fout gebruik kan schade drastisch verhogen!
verwarmen	Effectief	Effectief	
Cold Air Drain	Effectief	Niet effectief	Effectief onder bepaalde reliëfomstandigheden

Bron : Evans (2000)

Zoals uit voorgaande blijkt, is het zeer moeilijk om één methode aan te bevelen en te beweren dat deze methode het meest sluitend en efficiënt is voor elk type wijngaard. De ligging en typische eigenschappen van het perceel spelen een zeer belangrijke rol in de keuze voor één bepaalde vorstbestrijding. De verschillende methoden moeten dus nauwkeurig onderzocht worden maar er moet altijd vooropgesteld worden dat de economische haalbaarheid, één van de belangrijkste factoren is waarop de keuze gebaseerd wordt (Trought et al.,1999).

Een wijnbouwer moet echter wel de economische als de praktische kant overwegen wanneer deze wilt investeren in vorstbestrijding. Er zijn namelijk moeilijke trade-offs tussen de verschillende systemen. Zo is volgens Evans (2000) boven beregening het systeem dat de beste bescherming voorziet maar het is dikwijls niet haalbaar omwille van ten eerste de substantiële hoeveelheden water die nodig zijn en ten tweede de zeer hoge investeringskost. Deze stelling komt ook overeen met de break-even analyse die uitgevoerd werd.

## 6.2 Terugverdiëntijd

Om het economische luik van deze masterproef verder te ondersteunen, wordt er nog een tweede criterium bijgevoegd om de haalbaarheid verder in kaart te brengen. Dit criterium is de terugverdiëntijd. De terugverdiëntijd wordt berekend door de initiële investering (aankoop) te delen door de kasstromen die deze investering veroorzaakt. De kasstromen worden afgeleid uit Tabel 14 & 15, verminderd met de operationele kosten en onderhoudskosten.

De terugverdiëntijd biedt deels een oplossing voor het belangrijke nadeel van de break-even analyse. De terugverdiëntijd geeft de tijd weer wanneer de methode terugbetaald is volgens zijn gegenereerde cashflows. De terugverdiëntijd wordt voor elke methode berekend, enkel voor de paraffinepotten niet. De kosten van paraffinepotten worden volledig ten belopen van het boekjaar opgenomen.

In de eerste fase wordt de normale terugverdiëntijd berekend om vervolgens de verdisconteerde terugverdiëntijd te berekenen. Bij de verdisconteerde terugverdiëntijd wordt er een kapitaalkost van 7% vooropgesteld. Dit zou een goede benadering moeten zijn van het gemiddelde in deze sector.

Analoog met de vorige becijferingen zal hier ook een onderscheid gemaakt worden tussen percelen met een hoog en laag rendement.

Tabel 38 : Normale terugverdiëntijd hoog rendement

<b>Methode</b>	<b>Terugverdiëntijd in jaren</b>	<b>Terugverdiëntijd in jaren</b>
	2 nachten operatief	5 nachten operatief
Cold air Drain	3,07	3,17
Windmachine	3,57	3,92
Frostguard	6,97	14,51
Berekening	>25	>25

Tabel 39 : Normale terugverdiëntijd laag rendement

<b>Methode</b>	<b>Terugverdiëntijd in jaren</b>	<b>Terugverdiëntijd in jaren</b>
	2 nachten operatief	5 nachten operatief
Cold air Drain	2,38	2,45
Windmachine	2,75	2,96
Frostguard	5,03	8,04
Berekening	>25	>25

Tabel 40 : Verdisconteerde terugverdientijd hoog rendement

<b>Methode</b>	<b>Terugverdientijd in jaren</b>	<b>Terugverdientijd in jaren</b>
	2 nachten operatief	5 nachten operatief
Cold air Drain	2,38	2,45
Windmachine	2,75	2,96
Frostguard	5,03	8,04
Berekening	>25	>25

Tabel 41 : Verdisconteerde terugverdientijd laag rendement

<b>Methode</b>	<b>Terugverdientijd in jaren</b>	<b>Terugverdientijd in jaren</b>
	2 nachten operatief	5 nachten operatief
Cold air Drain	2,71	2,79
Windmachine	3,17	3,44
Frostguard	6,43	12,25
Berekening	>25	>25

De Cold Air Drain heeft in alle scenario's de kortste terugverdientijd, zowel bij de normale als de geactualiseerde terugverdientijd. Dit is te danken aan enerzijds het relatief lage kostenpatroon en anderzijds het relatief grote gebied dat de Cold Air Drain kan dekken.

Deze 2 elementen zorgen ervoor dat de Frostguard een zeer lange terugverdientijd heeft. Ten eerste zijn de operationele kosten relatief hoog ten opzichte van de vaste kosten en ten tweede het gebied dat beschermd wordt (0,75ha), is eerder beperkt.

De relatief lage terugverdientijd van een windmachine is dan weer te danken aan het zeer grote gebied (+/- 7ha) dat beschermd kan worden. Er moet wel rekening mee gehouden worden dat deze percelen aaneensluitend moeten zijn!

Berekening heeft een zeer lange terugverdientijd, dit is natuurlijk te wijten aan de zeer hoge investeringskost.





## Literatuurlijst

- Attaway, J.A. (1997). *A history of Florida citrus freezes*. Florida Science Source, Inc.
- Bagdonas, A., Georg, J.C. & Gerber, J.F. (1978). *Techniques of frost protection and methods of frost and cold protection*. World Meteorological Organization Technile Note Vol. 157, p 160.
- Belga/EE. (2014) Recordtemperaturen 2013 bewijs voor opwarming aarde. Opgevraagd op 15 oktober, 2014, via <http://www.knack.be/nieuws/belgie/recordtemperaturen-2013-zijn-bewijs-voor-opwarming-van-de-aarde/article-normal-127493.html>.
- Blanc, M.L., Geslin, H., Holzberg I.A., Mason,B. (1963). *Protection against frost damages*. WMO Tech Note Vol. 52, p 1-62.
- Bougie, R., & Sekaran, U. (2010). *Research Methods for Business: A Skill Building Approach, 5<sup>th</sup> Edition*. Wiley Publisher.
- Evans, R.G. (2000). *Proc. ASEV 50<sup>th</sup> Anniversera Annual Mtg (19-23 June Seattle WA), The art of protecting grapevines from low temperature injury*. p. 60-72.
- Howell, K.M. (2000). *An overview*. P 82-92.
- Johnson, D.E. & G.S. Howell. (1981). *Factors influencing critical temperatures for spring freeze damage to developing primary shoots of Concord grapevines*. Am. J. Enol. Vitic Vol. 32, p 144-149.
- McGourty, G. (z.d.). *Extreme Weather*. University of California.
- Minton, V. & Howerton, H. (2010). *Vineyard Frost Protection*. Santa Rosa: Sotoyome RCD.
- Proebstring, E.L. (1978). *Deciduous fruit freeze survival*. Academic Press, New York, p 273.
- Proefcentrum voor Fruitteelt, *Economische studie oogstzekerheidsmaatregelen en bedrijfsrendement*.(2000) p 1-10.
- Running, K. (2013) *World Citizenship and Concern for Global Warming: Building the Case for a Strong International Civil Society*. *Social Forces*, Vol. 92 issue 1, p 377-399.
- Shaulis, N. (1971) *Response of 'Sultanta' vines to training on a dividend canopy and to shoot crowding*. AM. K. Enol. Vitic Vol. 22, p 15 -22.
- Scheidtweiler, J. (2013) *Belgische wijndroom bekroond*. *De Tijd*. ) 15-18.
- Shur Farms Frost Protection. (z.d.) Opgevraagd op 28 februari, 2015 via <http://www.shurfarms.com/CADvWM12010.html>.
- Snyder, R. & Paulo de Melo-Abrue,J. (2005) *Frost protection: fundamentals, practice & economics*. Rome: Publishing Management Service.
- Schwappach, P. (2012) *Frostabwehr im Weinbau*. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau.



- Swinnen, G. (2014) *2863 Masterproef TEW: Leidraad voor de masterproef*, Universiteit Hasselt.
- Trought, M.C.T, Howel, G.S. & Cherry, N. (1999). Practical considerations for recuding frost damage in vineyards (Lincoln University, New Zealand).
- Vandewyngaert,K. (2014) *Vorstschade in de druiventeelt*. Opgevraagd op 16 oktober, 2014 via [http://login.pcfruit.be/content/pcfruit\\_dat/uploads/docs/20140905\\_01\\_Vorst.pdf](http://login.pcfruit.be/content/pcfruit_dat/uploads/docs/20140905_01_Vorst.pdf).
- Vandewyngaert,K. & Proefcentrum voor Fruitteelt (2015) *Wijnbouw-enquête 2014*. Opgevraagd op 12 februari 2015 via [http://login.pcfruit.be/content/pcfruit\\_dat/uploads/docs/20150130-4-Wijnbouw-enqu%C3%A4te-2014.pdf](http://login.pcfruit.be/content/pcfruit_dat/uploads/docs/20150130-4-Wijnbouw-enqu%C3%A4te-2014.pdf).
- Van Imschoot, G. (2010). *Belgische wijnen: degustatieverslag*. Opgevraagd op 15 oktober 2014 via <http://www.vinsur20.be/Downloads/Verslagen/0910/20100115%20-%20Degustatieverslag.pdf>.
- *wijnbouw in onze geschiedenis*. (z.d.). Opgevraagd op 14 oktober, 2014, via <http://www.benevit.org/historische-wijnbouw-in-vlaanderen.html>.
- Wolpert, J.A. & Howell, G.S. (1984). *Effects of cane lengt hand dormant season pruning date on cold hardiness and water content of concord bud and cane tissue*. *AM. J. Enol. Vitic., Vol 25, p 237-241*.
- Young, R.H. (1966). *Freezing points and lethal temperatures of citrus leaves*. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. Vol. 88*.
- Zabadal, T.J, Dami, I.E., Goffinet, M.C., Martinson, T.E., & Chien, M.L. (2007) *Winter injury to grapevines and methods of protection*. *Michigan State university extension, E2930, 1-101*.

## Persoonlijke interviews

- Bedrijfsbezoek, wijndomein Hoenshof (1 maart 2015)
- Bedrijfsbezoek Fyto Vrancken (13 februari 2015)
- Bosmans Jan, eigenaar Ghent Supply NV (24 april 2015)
- Penxten Robby, eigenaar Automatic Spraying Systems (6 april 2015)
- Polleunis Marc, eigenaar WP Agro systems (1 mei 2015)
- Vandenwyngaert Kris, werknemer Proefcentrum voor Fruitteelt & wijnbouwer (ondersteuning volledig academiejaar)

## Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

**Economische haalbaarheid van investeringen in vorstbestrijding binnen de sector van de Haspengouwse fruitteelt**

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen-accountancy en financiering**

Jaar: **2015**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

**Strouven, Pieter-Jan**

Datum: **15/06/2015**