

Verslag Doormeting

Invloed van ijsvorming in koelcellen op elektriciteitsverbruik en productkwaliteit

Auteur: Jasper Somers (NPW)

1 Proefopzet

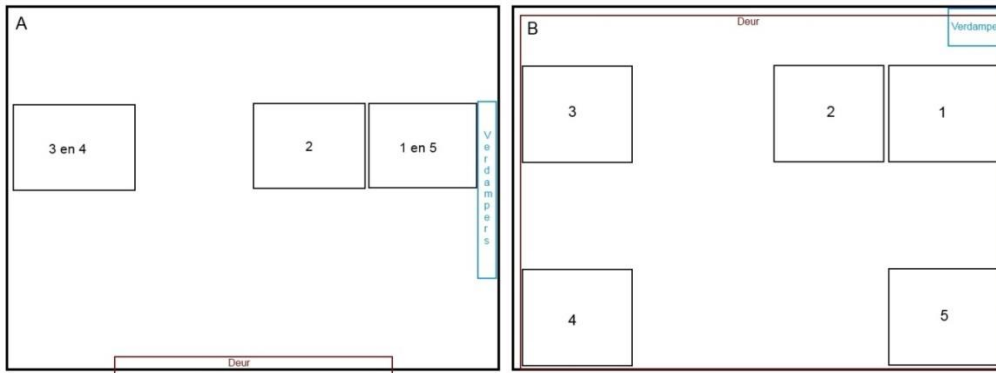
Voor het behoud van de kwaliteit van witloofwortels, tijdens de bewaring in koelcellen, moet er extra vocht worden aangebracht. Dikwijls wordt er een overmaat aan vocht in de koelcellen gebracht, waardoor er sterke ijsvorming ontstaat op de bovenste pallozen. Hierdoor zal de luchtcirculatie in de koelcel minder optimaal verlopen. Door een minder goede luchtcirculatie zal het koelproces ook minder optimaal zijn, waardoor er grotere temperatuurverschillen in de koelcel ontstaan en/of waardoor er meer energie nodig is om de gewenste temperatuur te bereiken.

Bij deze doormeting hebben we 2 gelijkaardige koelcellen op 2 verschillende locaties vergeleken: een koelcel van Belorta te Zellik en een koelcel van de Nationale Proeftuin voor Witloof (NPW) te Herent. De koelcel van Belorta wordt bevochtigd met een automatisch vernevelingssysteem. De koelcel van de NPW wordt op vaste tijdstippen manueel bevochtigd.

2 Materiaal en methode

2.1 Plaatsing van de palloxen

In beide koelcellen (Belorta en NPW) werden 5 palloxen meer in detail opgevolgd. We hebben deze 5 palloxen zo gekozen dat het effect van een mogelijke ijslaag opgevolgd kon worden (figuur 1). 3 palloxen bevinden zich op de bovenste rij en 2 op de onderste rij. Er is ook rekening gehouden met de relatieve afstand ten opzichte van de verdamper. Het volume per pallox is 1,2 m³.



Figuur 1: Plaatsing van de opgevolgde palloxen in de koelcellen. Bovenaanzicht (A) en zijaanzicht (B). De palloxen zijn genummerd afhankelijk van de afstand van de verdamper (rekening houdend met de afgelegde weg van de koudestroom). Pallox nummer 1 bevindt zich het dichtst bij de verdamper en 5 het verst.

2.2 Opvolging tijdens het koelproces

De witloofwortels waren gedurende 10 maanden (van begin december 2015 tot en met eind september 2016) ingekoeld op -2°C. De wortels van de NPW werden iets later ingekoeld. Gedurende het koelproces werden er enkele parameters opgevolgd; namelijk de temperatuur, de relatieve vochtigheidsgraad en het energieverbruik.

2.2.1 Temperatuur

Het temperatuurverloop in de koelcel werd, gedurende de gehele koelperiode, opgevolgd met behulp van temperatuurloggers. We hebben op 10 locaties per koelcel temperatuurloggers geplaatst tussen de wortels, namelijk boven- en onderaan elke pallox (figuur 2). Er werd met een frequentie van 1 uur gelogd.



Figuur 2: Temperatuurloggers tussen de witloofwortels

2.2.2 Relatieve vochtigheid

De relatieve vochtigheidsgraad in de koelcel werd, gedurende de gehele koelperiode, opgevolgd met behulp van relatieve vochtigheidsloggers (figuur 3). We hebben 1 logger gebruikt per koelcel en er werd met een frequentie van 1 uur gelogd.



Figuur 3: Relatieve vochtigheidslogger

2.2.3 Energieverbruik

Het energieverbruik per koelcel kan worden ingeschat door rekening te houden met de draaiuren en het koelvermogen.

2.3 Opvolging na het koelproces

2.3.1 Ijsvorming

Net na de bewaring werd de ijsvorming bij elke koelcel geëvalueerd door de grootte en dikte van de ijslaag op te meten.

2.3.2 Productbeoordeling

Met deze beoordeling wilden we nagaan of de ijsvorming een belangrijke invloed heeft op de productiviteit en op de kropkwaliteit van het witloof. Voor deze proef zijn wortels van het ras Top model van het zaadhuis Hoquet gebruikt. Na de bewaring werden de wortels ontdooid door al de palloxen enkele dagen in de loods van de NPW te plaatsen. Na het ontdooiproces werden alle objecten eind september 2016 meteen ingezet en half oktober geogst. Voor de opbrengst en kwaliteit zijn er 4 wortelobjecten per pallox onderzocht; namelijk boven en onder elke pallox, plus een herhaling. Per object werden er 100 wortels geforceerd, waarna de witloofkroppen werden opgemeten en beoordeeld:

- nettorendement en sortering in de verschillende opbrengstklassen (Flandria Q, Flandria, Klasse 2 en Klasse 3);
- beoordeling van de bewaarbaarheid (15 kroppen) na een bewaring van 1 week op 12°C. De volgende kenmerken werden beoordeeld : gewicht (g), de diameter (mm), de lengte (mm) en de pitlengte (mm) . Het voorkomen van bruine pit, appelpit, glazige pit, holle pit en rode pit en de inwendige roodverkleuring werd beoordeeld op een schaal van 0 tot 5. Ook het opengroeien van de krop, de aanwezigheid van bacterierot en de bladrand werd geëvalueerd.

De forceercondities waren een watertemperatuur van 14°C bij een luchttemperatuur van 13°C gedurende 21 dagen.

2.3.3 Statistische verwerking

Om verschillen tussen de totale kropopbrengst, het nettorendement, het flandriapercentage en de relatieve pitlengte te bepalen, hebben we de gegevens statistisch verwerkt met het programma JMP. Met de ANOVA-test hebben we gekeken naar de koelcel (Belorta vs NPW), de locatie in de palloxen (bovenaan vs onderaan) en de palloxnummer (pallox nummer 1 bevindt zich het dichtst bij de verdamper en 5 het verst). Aansluitend hebben we tussen deze verschillende factoren ook gekeken naar alle mogelijke interacties.

Om verschillen tussen het wel of niet voorkomen van een pitafwijking, inwendige roodverkleuring, open kroppen, bacterierot en bladrand te bepalen, hebben we de gegevens ook statistisch verwerkt met het programma JMP. Met de zero inflated poisson-test hebben we gekeken naar de koelcel (Belorta vs NPW), de locatie in de palloxen (bovenaan vs onderaan) en de palloxnummer (pallox nummer 1 bevindt zich het dichtst bij de verdamper en 5 het verst). Aansluitend hebben we tussen deze verschillende factoren ook gekeken naar alle mogelijke interacties.

3 Resultaat en discussie

3.1 Ijsvorming

3.1.1 Belorta

Op de bovenste palloxen van Belorta was er een duidelijke ijslaag aanwezig (figuur 4). Helaas is er door een communicatiefout met Belorta geen opmeting van de ijslaag gebeurd.



Figuur 4: Ijsvorming op de bovenste palloxen bij Belorta

3.1.2 NPW

Op de bovenste palloxen van de NPW was er geen ijslaag aanwezig (figuur 5).

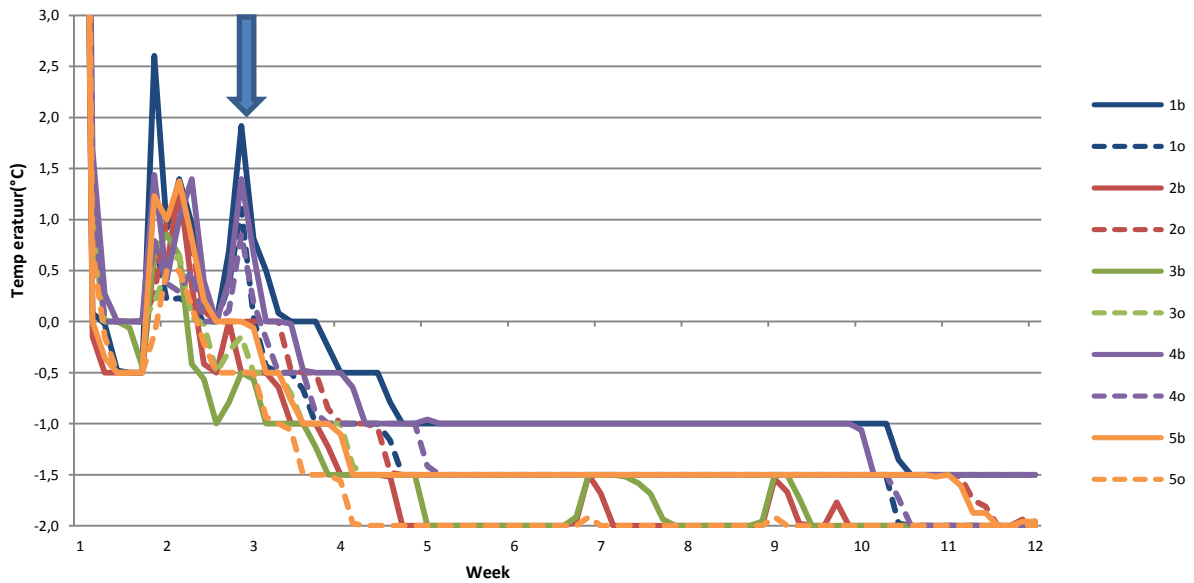


Figuur 5: Geen ijsvorming op de bovenste palloxen bij de NPW

3.2 Temperatuur

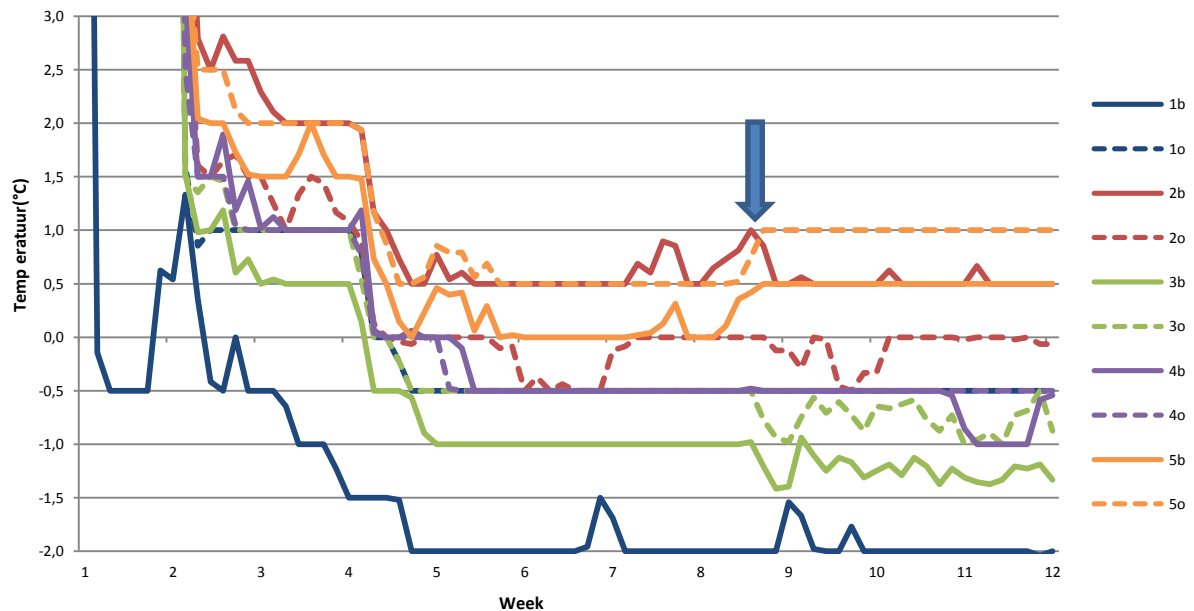
De temperatuurloggers hebben maar gelogd van 26/11/2015 tot en met 11/02/2016. We kunnen, door de onvolledigheid van deze gegevens, geen uitspraak doen over de invloed van ijsvorming op de luchtcirculatie in de koelcellen.

Het temperatuurverloop van de koelcel in Belorta staat weergegeven op figuur 6. We zien hier dat het inkoelproces pas volledig van start is gegaan rond 09/12/2015. Na 1 week bevonden alle 10 plaatsen zich onder het vriespunt. Bovenaan de palloxen 1 en 4, maar ook onderaan de palloxen 2 en 4 was het moeilijker om tot aan de gewenste temperatuur van -2°C te komen.



Figuur 6: Temperatuurverloop van de koelcel in Belorta. De palloxen zijn genummerd afhankelijk van de afstand van de verdamper (rekening houdend met de koudestroom). Pallox nummer 1 bevindt zich het dichtst bij de verdamper en 5 het verst. De b staat voor bovenaan de pallox en de o staat voor onderaan de pallox. De blauwe pijl duidt de start van de doormeting aan.

Het temperatuurverloop van de koelcel in de NPW staat weergegeven op figuur 7. Wegens omstandigheden werd de juiste opstelling van de palloxen pas uitgevoerd op 18/01/2016. Bovenaan de palloxen 2 en 5, maar ook onderaan bij pallox 5 werd het vriespunt na 3 weken niet gehaald.



Figuur 7: Temperatuurverloop van de koelcel in de NPW. De palloxen zijn genummerd afhankelijk van de afstand van de verdamper (rekening houdend met de koudestroom). Pallox nummer 1 bevindt zich het dichtst bij de verdamper en 5 het verst. De b staat voor bovenaan de pallox en de o staat voor onderaan de pallox. De blauwe pijl duidt de start van de doormeting aan.

Indien we het temperatuurverloop van beide koelcellen vergelijken, zien we een groot verschil in spreiding tussen de verschillende locaties. Het lijkt dat de koelcel van Belorta veel sneller en efficiënter heeft ingekoeld dan de NPW koelcel.

Dit zorgt ervoor dat de factor ijsvorming niet alleen verantwoordelijk kan gesteld worden voor mogelijke verschillen in productbeoordelingen, maar dat ook de eigenschappen van de koelcellen zelf kunnen meespelen.

3.3 Relatieve vochtigheid

Eén van de relatieve vochtigheidsloggers is kapot gegaan tijdens het koelproces. We kunnen hierdoor geen vergelijking maken tussen de relatieve vochtigheid in beide koelcellen.

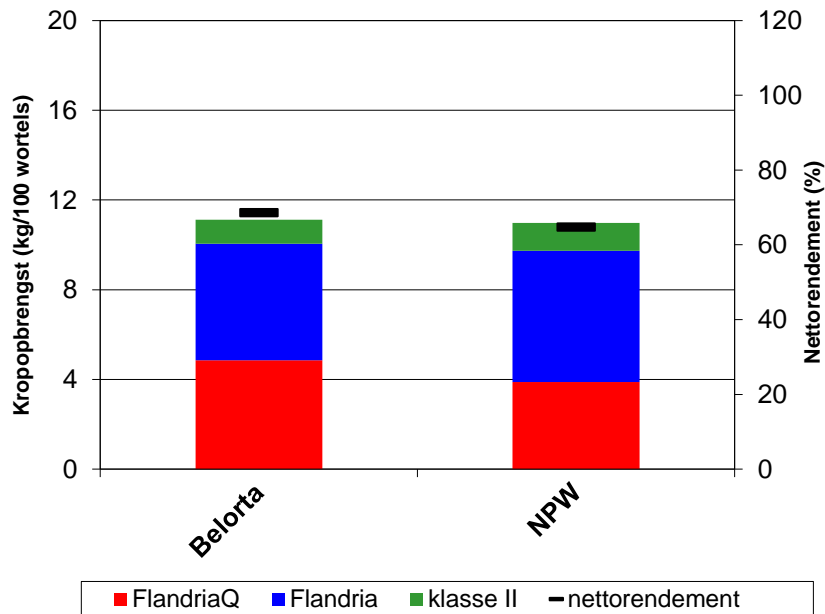
3.4 Energieverbruik

We hebben geprobeerd een schatting te maken van het energieverbruik op basis van de koeluren. Dit is gelukt voor Belorta met een gemiddelde van 27,7 kWh per week per m³ wortels, maar niet voor de NPW. We kunnen hierdoor geen vergelijking maken tussen het energieverbruik in beide koelcellen.

3.5 Productbeoordeling

3.5.1 Kwaliteit sortering

Op figuur 8 kan je, voor zowel Belorta als voor de NPW, de gemiddelde opbrengsten (kg/100 wortels) per kwaliteitsklasse terugvinden alsook het nettorendement (%). Het nettorendement is de verhouding van de kropopbrengst ten opzichte van het wortelgewicht.

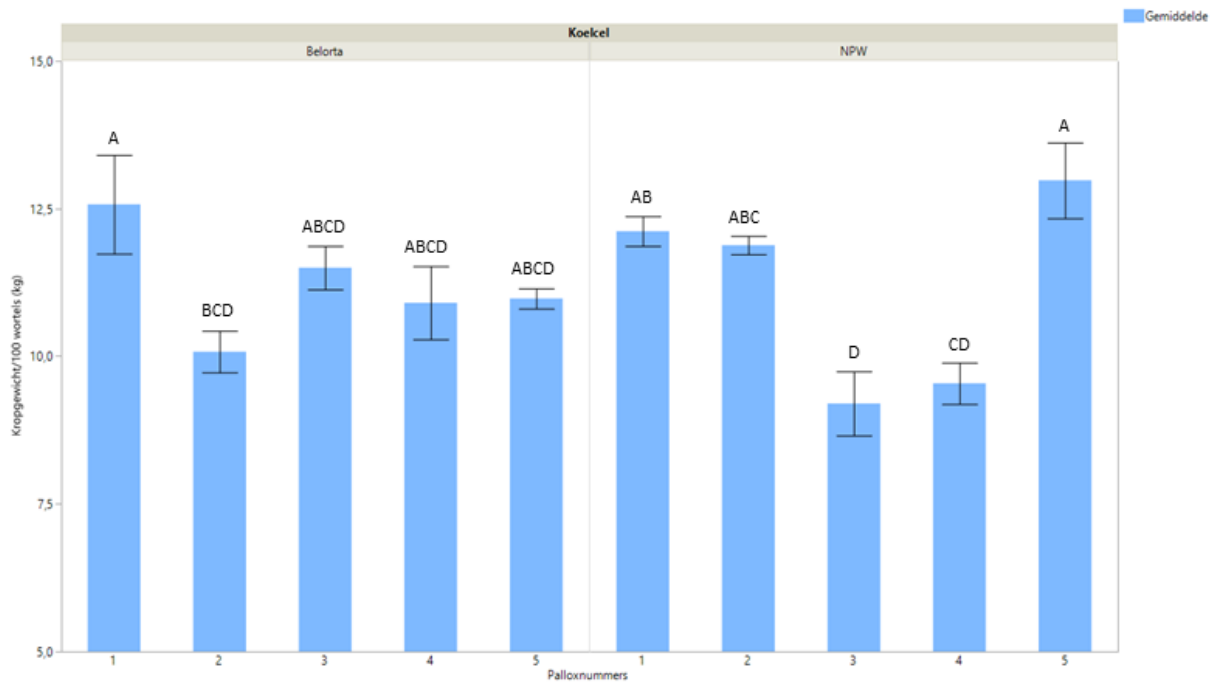


Figuur 8: De gemiddelde kropopbrengsten (kg/100 wortels) per kwaliteitsklasse (flandriaQ, flandria en klasse 2) en het nettorendement (%) tussen Belorta en de NPW. De kolomdiagrammen duiden de gemiddelde kropopbrengsten aan. De dikke zwarte strepen duiden het nettorendement aan.

Uit de statistische verwerking bekomen we voor:

- de totale kropopbrengst

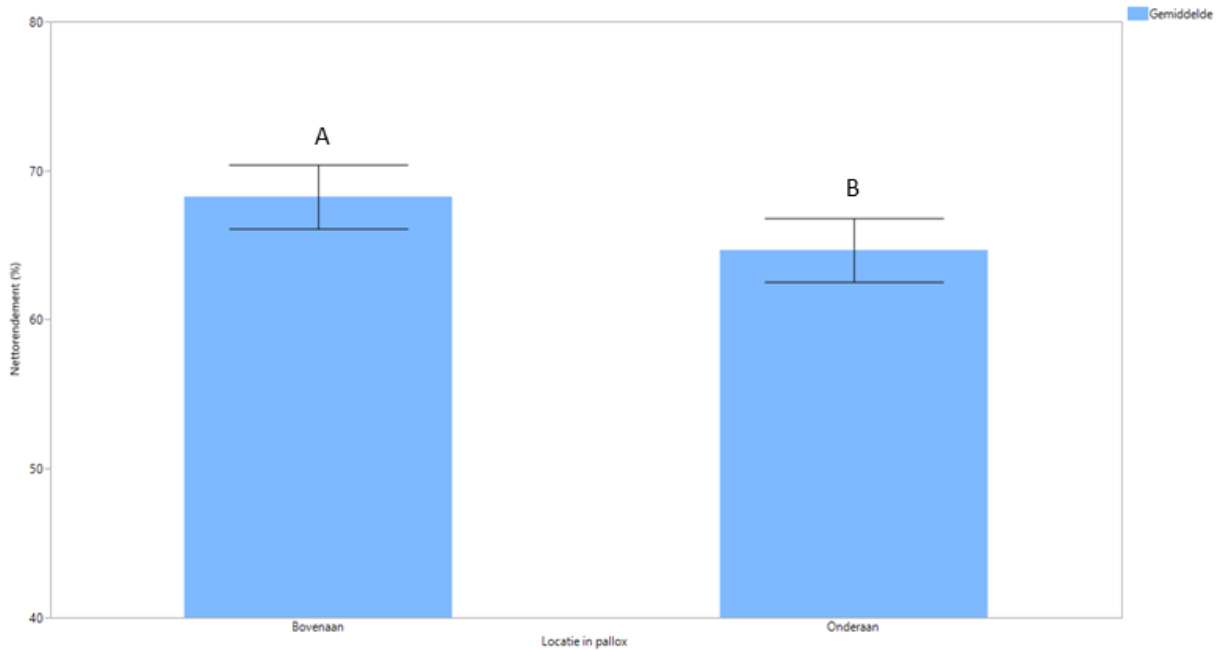
Een interactie-effect tussen koelcel en palloxnummer met een p-waarde van 0,001 (figuur 9). Dit toont aan dat de koelcel samen met de locatie van de pallox, een effect heeft op de totale kropopbrengst/100 wortels. Binnenin deze interacties zien we geen duidelijke verbanden.



Figuur 9: Gemiddelde kropopbrengsten per 100 wortels (in kg) + de standaarderror ten opzichte van de koelcel en de palloxonnummer. Er is een interactie-effect tussen koelcel en palloxonnummer met een p-waarde van 0,001. Gemiddelden met dezelfde letter zijn niet significant verschillend.

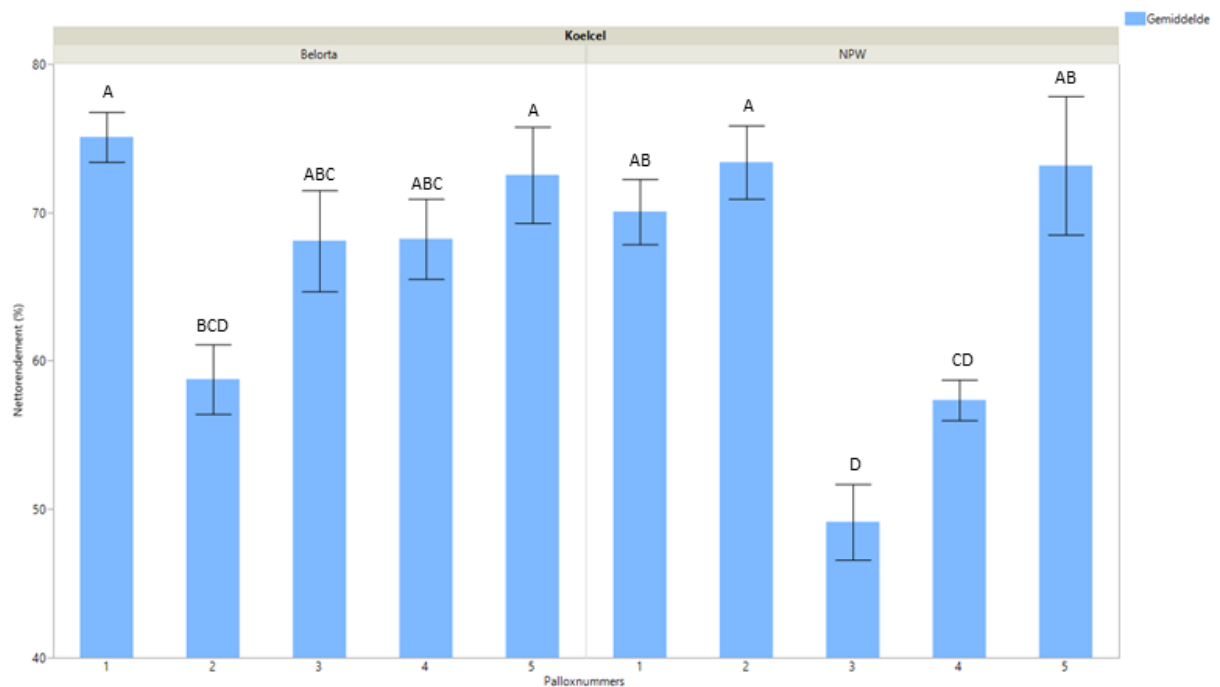
➤ het nettorendement

Een statistisch verschil tussen boven en onder in de palloxon met een p-waarde van 0,0355 (figuur 10). De wortels die bovenaan liggen, hebben een hoger nettorendement dan de wortels die onderaan liggen. Een mogelijk verklaring is dat de koudestroom deze wortels makkelijker konden bereiken doordat de palloxon bovenaan meer open waren. En ze gelijkmatiger en vlotter ingekoeld werden.



Figuur 10: Gemiddelde nettorendementen (%) + de standaarderror ten opzichte van de locatie in de pallox. Gemiddelden gevolgd door dezelfde letter zijn niet significant verschillend.

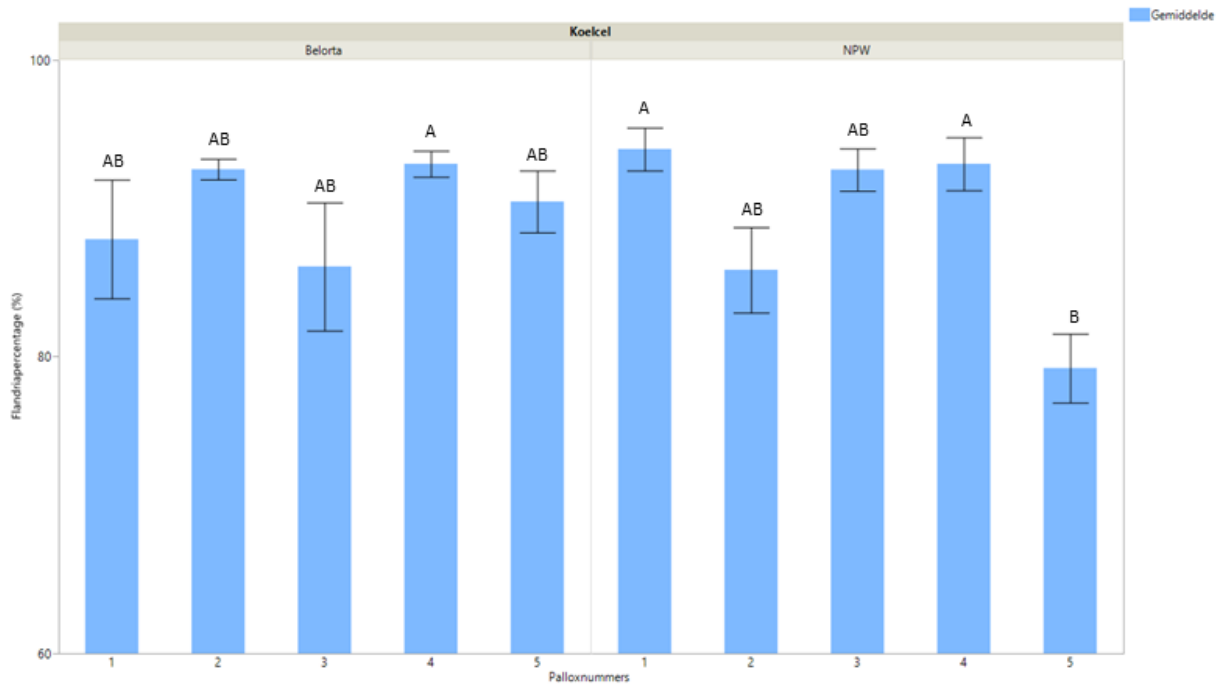
Ook een interactie-effect tussen koelcel en palloxnummer met een p-waarde van $<0,0001$ (figuur 11). Dit toont aan dat de koelcel samen met de locatie van de pallox, een effect heeft op het nettorendement. Binnenin deze interacties zien we geen duidelijke verbanden.



Figuur 11: Gemiddelde nettorendementen (%) + de standaarderror ten opzichte van de koelcel en palloxnummer. Er is een interactie-effect tussen koelcel en palloxnummer met een p-waarde van $<0,0001$. Gemiddelden met dezelfde letter zijn niet significant verschillend.

➤ Het flandriapercentage (flandriaQ+flandria)

Een interactie-effect tussen koelcel en palloxnummer met een p-waarde van 0,0092 (figuur 12). Dit toont aan dat de koelcel samen met de locatie van de pallox, een effect heeft op het flandriapercentage. Binnenin deze interacties zien we geen duidelijke verbanden.

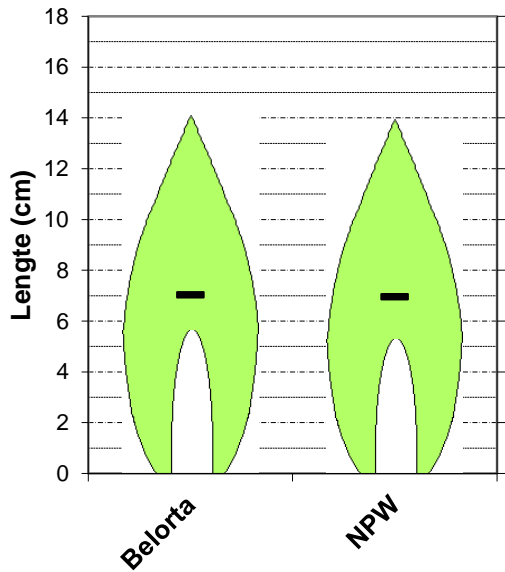


Figuur 12: Gemiddelde flandriapercentages (%) + de standaarderror ten opzichte van de koelcel en palloxnummer. Er is een interactie-effect tussen koelcel en palloxnummer met een p-waarde van 0,0092. Gemiddelden met dezelfde letter zijn niet significant verschillend.

3.5.2 Inwendige kwaliteit

3.5.2.1 Pit

Op figuur 13 kan je, voor zowel Belorta als voor de NPW, de gemiddelde pitlengtes (cm) vinden alsook de kroplengtes (cm).

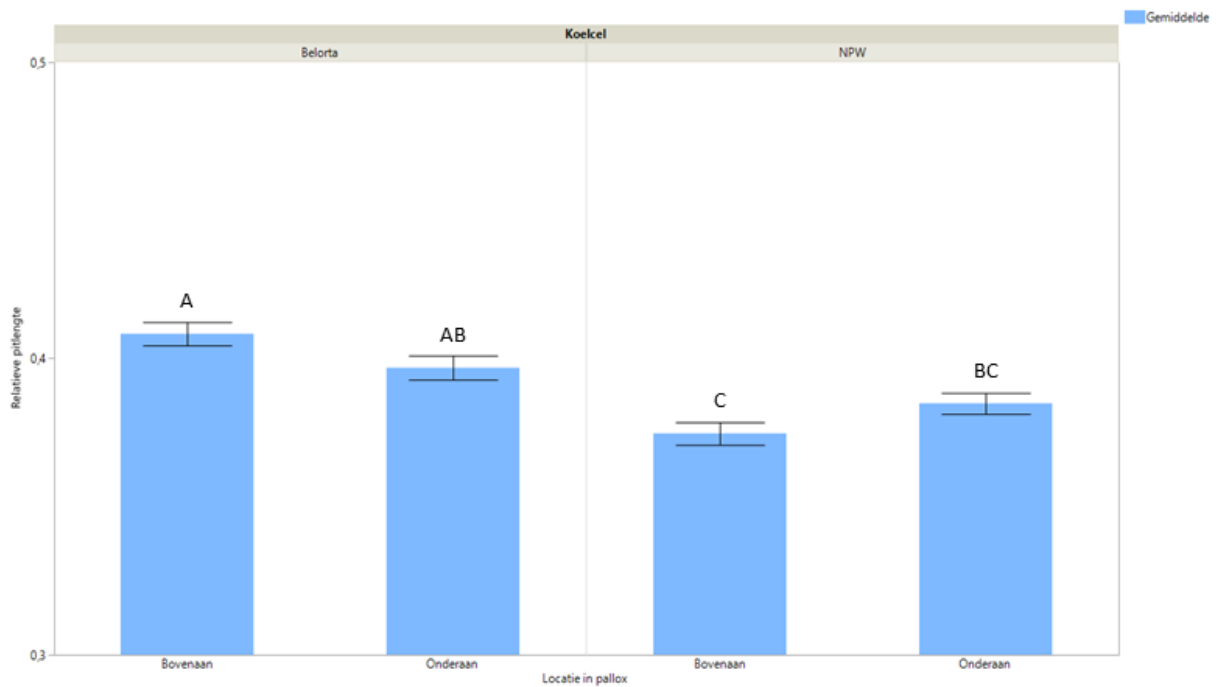


Figuur 13: Een vergelijking tussen de gemiddelde kroplengtes en pitlengtes van de kroppen van Belorta en van de NPW. De zwarte strepen duiden de helft van de kroplengtes aan.

Uit de statistische verwerking bekomen we voor de relatieve pitlengtes:

- Een interactie-effect tussen koelcel en de locatie in de palloxen, met een p-waarde van 0,0034 (figuur 14).

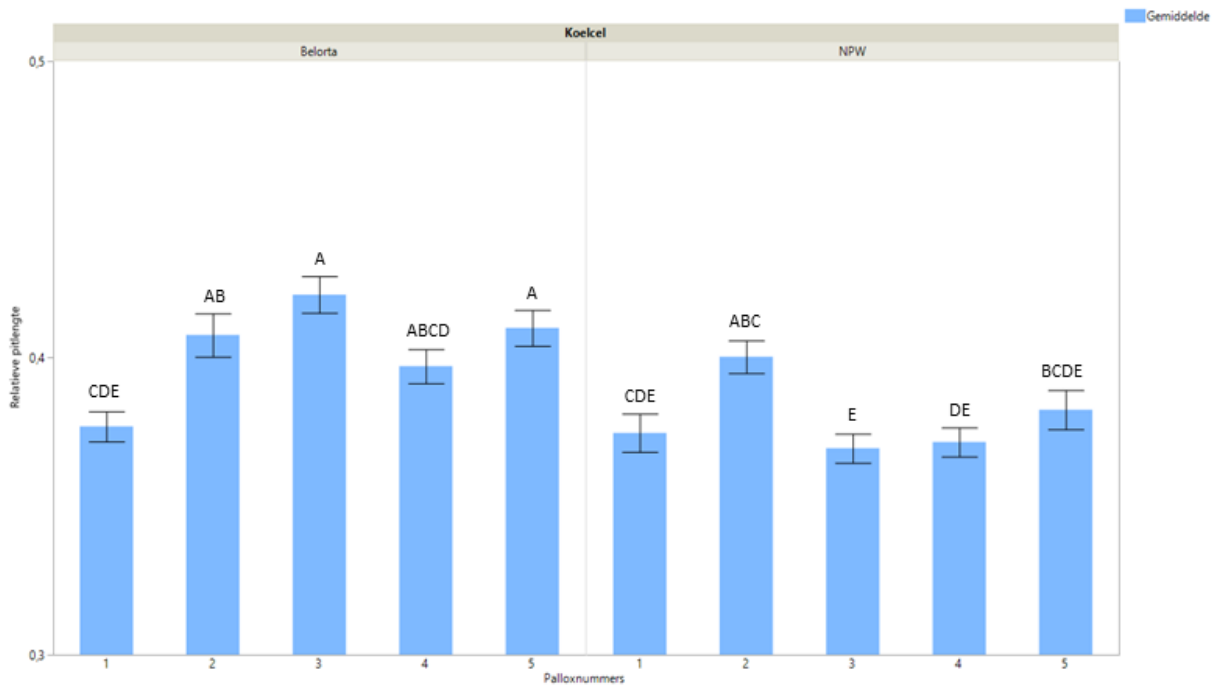
Dit toont aan dat de koelcel samen met de locatie in de pallox, een effect heeft op de relatieve pitlengte. De witloofkroppen, afkomstig van de bovenste wortels in de palloxen uit de koelcel in Belorta, hebben een hogere relatieve pitlengte dan alle wortels afkomstig uit de koelcel van de NPW. En de witloofkroppen, afkomstig van de bovenste wortels in de palloxen uit de koelcel in de NPW, hebben een lagere relatieve pitlengte dan alle wortels afkomstig uit de koelcel van Belorta. Dus de wortels bovenaan de palloxen vertonen een effect naar de relatieve pitlengte tussen beide koelcellen. Een mogelijk verklaring is dat de ijslaag bovenaan de palloxen bij Belorta hiervoor verantwoordelijk is.



Figuur 14: Gemiddelde relatieve pitlengtes + de standaarderror ten opzichte van de koelcel en de locatie in de palloxen. Er is een interactie-effect tussen koelcel en palloxnummer met een p-waarde van 0,0034. Gemiddelden met dezelfde letter zijn niet significant verschillend.

- Een interactie-effect tussen koelcel en de palloxnummer met een p-waarde van 0,0002 (figuur 15).

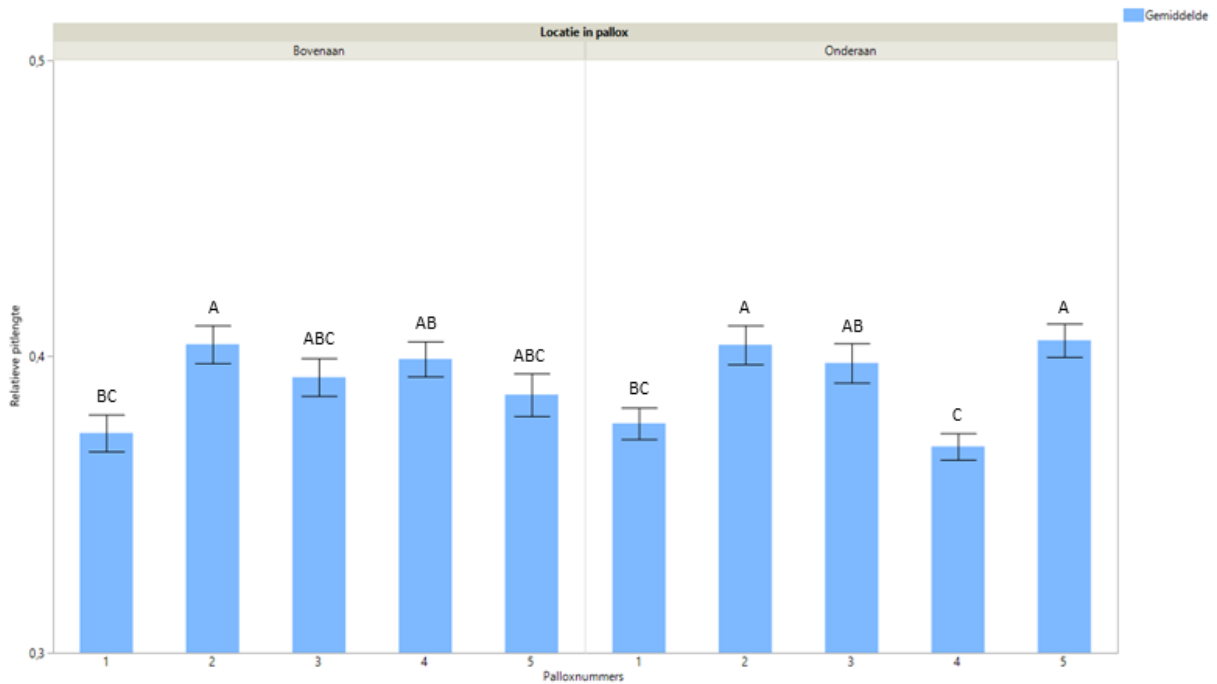
Dit toont aan dat de koelcel samen met de locatie van de pallox, een effect heeft op de relatieve pitlengte. Binnenin deze interacties zien we geen duidelijke verbanden.



Figuur 15: Gemiddelde relatieve pitlengtes + de standaarderror ten opzichte van de koelcel en de palloxnummer. Er is een interactie-effect tussen koelcel en palloxnummer met een p-waarde van 0,0002. Gemiddelden met dezelfde letter zijn niet significant verschillend.

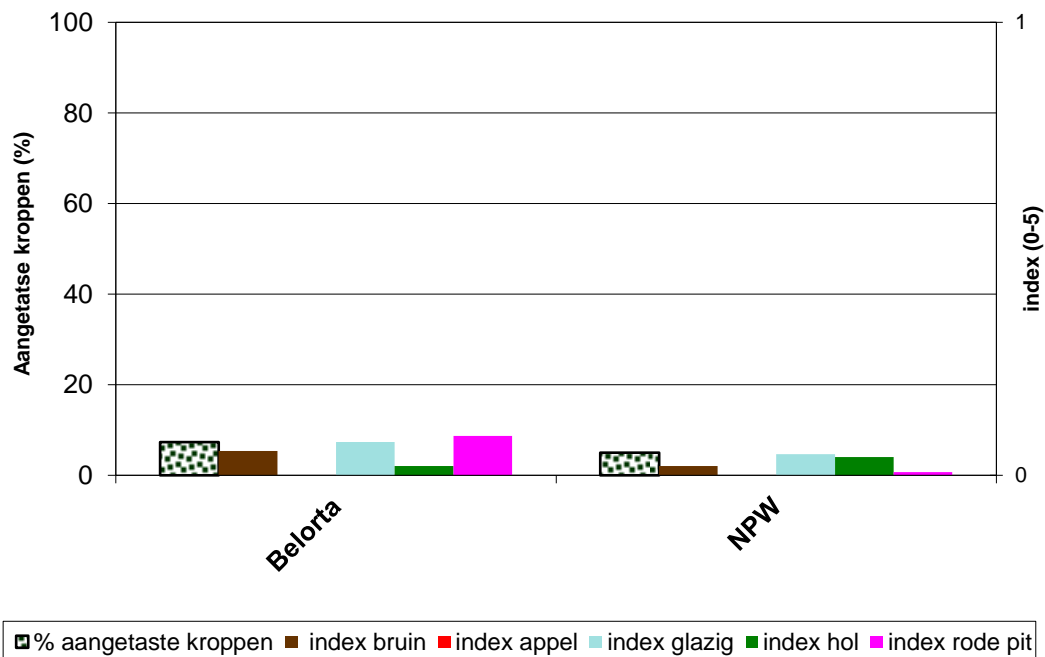
- Een interactie-effect tussen de locatie in de palloxen en palloxnummer met een p-waarde van 0,0012 (figuur 16).

Dit toont aan dat de locatie in de palloxen samen met de locatie van de pallox, een effect heeft op de relatieve pitlengte. Binnenin deze interacties zien we geen duidelijke verbanden.



Figuur 16: Gemiddelde relatieve pitlengtes + de standaarderror ten opzichte van de locatie in de palloxs en de palloxnummer. Er is een interactie-effect tussen de locatie in palloxs en palloxnummer met een p-waarde van 0,0012. Gemiddelden met dezelfde letter zijn niet significant verschillend.

Op figuur 17 kan je, voor zowel Belorta als voor de NPW, het percentage aangetaste kroppen vinden samen met de indexen van de verschillende pitafwijkingen namelijk; bruinepit, appelpit, glazigepit, hollepit en rodepit. Een index is een score van 0 tot en met 5 die de ernst van de afwijking aanduidt.

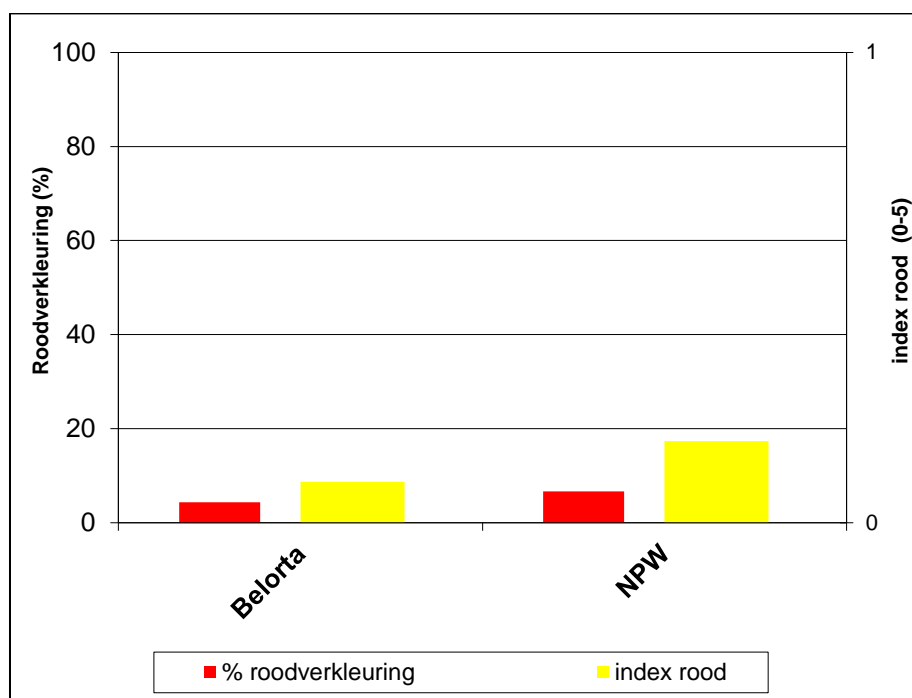


Figuur 17: Het percentage aangetaste kroppen (pitafwijkingen) tussen Belorta en de NPW samen met de gemiddelde indexen van de verschillende pitafwijkingen. De index is een score van 0 tot en met 5 die de ernst van de afwijking aanduidt.

Uit de statistische verwerking blijken er geen verschillen te zijn tussen de koelcellen, de locaties in de palloxe en de palloxnummers. En dus spelen deze verschillende factoren namelijk; de koelcel, de locatie in de pallox en de locatie van de pallox, geen rol op het vlak van pitafwijkingen.

3.5.2.2 Roodverkleuring

Op figuur 18 kan je, voor zowel Belorta als voor de NPW, het percentage kroppen vinden die een inwendige roodverkleuring vertonen samen met de gemiddelde indexen. De index is een score van 0 tot en met 5 die de ernst van de verkleuring aanduidt.



Figuur 18: Het percentage inwendige roodverkleuring van de kroppen tussen Belorta en de NPW samen met de gemiddelde indexen. De index is een score van 0 tot en met 5 die de ernst van de verkleuring aanduidt.

Uit de statistische verwerking blijken er geen verschillen te zijn tussen de koelcellen, de locaties in de palloxe en de palloxnummers. En dus spelen deze verschillende factoren namelijk; de koelcel, de locatie in de pallox en de locatie van de pallox, geen rol op het vlak van inwendige roodverkleuring.

3.5.2.3 Open kroppen, bacterierot en bladrand

Uit de statistische verwerking blijken er geen verschillen te zijn tussen de koelcellen, de locaties in de palloxe en de palloxnummers. En dus spelen deze verschillende factoren namelijk; de koelcel, de locatie in de pallox en de locatie van de pallox, geen rol naar open kroppen of bacterierot of bladrand.

4 Conclusie

Door het ontbreken van veel gegevens, kunnen we geen conclusies trekken over het effect van een ijslaag in koelcellen naar luchtcirculatie en energieverbruik. Op vlak van productbeoordeling van het witloof kunnen we wel enkele verschillen opmerken. Maar we kunnen ons nu de vraag stellen of deze verschillen werkelijk te wijten zijn aan ijsvorming of toch eerder aan verschillen tussen de koelinstallaties onderling. Daarom zou het interessant zijn om deze proef in de toekomst te herhalen tussen 2 identiek dezelfde koelcellen, maar met elk een ander bevochtigingsregime. Hierdoor zouden we tussen de 2 koelcellen maar 1 variabele overhouden namelijk het wel of niet aanwezig zijn van een ijslaag op de bovenste pallozen.